

**TECHNIQUES CULTURALES SIMPLIFIEES ET SEMIS DIRECT
EN ALGERIE (Tome 2)**

ZT Seeders 2013

The ICARDA/ACIAR project ordered 8 seeders using seed boxes & metering systems from Turkey in 2013.

New tine/presswheel contour-following seeding system developed.

Field tests provided good results & 14 more seeders were ordered in 2014.



Photo : semoirs pour semis direct fabriqués localement en Irak.

Recueil d'articles réalisé par Djamel BELAID
Ingénieur Agronome

SOMMAIRE

CHAPITRE

TEMOIGNAGES ET EXPERIENCES DIVERSES 2

CHAPITRE

TEMOIGNAGES ET EXPERIENCES DIVERSES

TEMOIGNAGE D'UN AGRICULTEUR Zine El Abidine Aziz (Maroc) - ABDELATTIF BENHAMADI, UN AGRI-MANAGER.

ABDELATTIF BENHAMADI, UN AGRI-MANAGER.

D.BELAID 25.07.14

Mr Abellatif Benhamadi est un agriculteur de Constantine. Du fait de ses initiatives, il fait honneur à la profession. Certes, A. Benhamadi n'est pas un petit paysan. Il déclare exploiter plusieurs centaines d'hectares. Il a le mérite de faire bouger techniquement un milieu réputé conservateur. Radiographie d'un agri-manager algérien.

Mr Benhamadi n'a pas hésité à se lancer dans le semis direct. Sur son exploitation, dès 2008, il abandonne la charrue et n'hésite pas à être présent dans un séminaire international sur le sujet pour témoigner de son expérience.

Il explique: « *J'ai tout d'abord commencé, en 2008/2009, avec un essai sur 84 ha, en utilisant le semoir de semis direct prêté par l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC). Les résultats de cette expérience furent assez encourageants, j'ai obtenu un rendement grain moyen de 34 q/ha. Ceci malgré un semis tardif, fait dans des conditions très sèches, suite à l'avènement très tardif des pluies automnales* ».

Obtenant de bons résultats, il a poursuivi l'expérience l'année suivante, allant jusqu'à acheter son propre semoir. « *Au vu de ces résultats encourageants, j'ai acheté mon propre semoir. Pour cette campagne 2009-2010, j'ai emblavé 240 ha de blé (...). Le reste de mes terres, soient 510 ha, ont été emblavées en utilisant les techniques culturales simplifiées. La végétation, à la fin de ce mois d'avril 2010, est assez satisfaisante* ».

Fort de ces résultats, il n'hésite pas à faire connaître cette nouvelle technique. « *J'ai été également contacté par la Direction des Services Agricoles (DSA) de la wilaya de Guelma pour mettre en place un essai démonstratif sur blé, comparant le non labour au travail conventionnel, sur les terres de la ferme pilote Mouissi. A la fin de ce mois d'avril 2010,*

*l'expérience me parait positive. Elle sera répétée 3 années, et si les résultats préliminaires se confirmeront, la ferme pilote Mouissi **pourra résorber totalement la jachère**, d'autant plus, que ces terres sont d'une grande valeur agronomique et sous une faible pluviométrie (300 mm) ».*

Et ses façons de faire donnent des fruits. Ses rendements en blé témoignent. Il explique: « *Je pense pour ma part que les sols qui retiennent le mieux l'humidité sont ceux du non labour. Si sécheresse il y a, le non labour aura plus de chances de donner de meilleurs résultats que le conventionnel* »

Certes, il ne cache pas les difficultés de mise en oeuvre de cette nouvelle technique: « *Bien entendu, il ya des difficultés qui apparaissent les premières années, notamment pour retrouver un sol vivant, après l'arrêt du labour et du sous-solage. La lutte chimique contre les mauvaises herbes devient prépondérante avec le risque de provoquer à long terme des résistances au seul produit qu'on utilise actuellement, le glyphosate* ».

Pour lui l'essentiel: « *Il faut être vigilant, tenir compte de tous ces problèmes pour leur trouver des solutions* ».

A. Benhamadi se lance également dans la résorption de la jachère n'hésitant pas à implanter des cultures là où il n'y avait auparavant que jachère: lentille, féverole et pois fourrager. Ses efforts portent. Il fait

même parti du très sélect club « 50 quintaux » du MADR, recevant ainsi des mains du ministre la

prestigieuse distinction.

TEMOIGNAGE D'UN AGRICULTEUR

Zine El Abidine Aziz 2011

1 -Ste. OUEST MAROCAIN, MEKNES. HTE N° 149/150 - Sept/Déc 2011 pp 40-41

Voici quelques informations sur notre système de production actuel: La superficie totale de l'exploitation est de 800 hectares. La superficie dédiée aux grandes cultures est de 550 hectares non-irriguée. Les cultures les plus utilisées sont les céréales (Blé tendre et dur, triticale, avoine, maïs et orge) et légumineuses (féverole, lentille, poichiche). **Les cultures oléagineuses (tournesol et colza) ont été abandonnées pour cause de manque de débouchés commerciaux.** Quand à l'assolement, nous suivons en général le système biennale (céréale-légumineuse, ou céréale-jachère pâturée) pour les cultures en commun. Par contre pour les productions en contrat de semences, nous utilisons le système quinquennal (céréale-légumineuse-céréale-jachère pâturée-céréale-légumineuse...). En effet, le cahier des charges pour la production de semences de légumineuses impose des parcelles sans légumineuses pendant au moins deux ans. Cela nous arrange car nous avons aussi besoin de pâturage pour le cheptel de 1000 têtes d'ovins.

Notre passage du système cultural «conventionnel» au système «de conservation» des grandes cultures (céréales et légumineuses) est assez récent. **La transition c'est faite en 2007 avec l'achat d'un semoir direct, le Kuhn SDE2217-19. Cette transition s'est faite sans problèmes majeur et les résultats agronomiques et financiers se sont fait sentir dès la première année: moins de frais, des rendements en général meilleurs, une diminution des mauvaises herbes, et moins d'érosion.**

La décision de changer de technique cultural des grandes cultures s'est faite à la suite d'essaies menées en 2006 sur une vingtaine d'hectares, année de sécheresse (220 mm de précipitations). Les rendements en système semis direct étaient de 10 qx/ha et en conventionnel de 1 ql/ha. Ensuite le choix d'investir dans le semi-direct a été assez rapide. Durant les années suivantes, avec des pluviométries normales, les rendements en semis direct étaient supérieurs ou égales au semis conventionnels en céréales et toujours supérieurs en légumineuses.

En effet, l'une des plus importantes observations que nous avons remarquée durant les cycles de

productions où la pluviométrie était irrégulière (absence de pluie pendant plusieurs semaine durant le printemps) est que en système d'agriculture de conservation, **l'effet du stress hydrique était retardé de plusieurs jours voir semaines par rapport au système conventionnel.** Ceci s'explique par le fait que le non travail du sol, couplé au paillage de la culture précédente (ou au couvert végétale) réduisent l'évaporation d'eau du sol. En effet, l'humidité préservée dans le sol grâce au système d'agriculture de conservation fournit les quelques millimètre d'eau nécessaires en l'absence de pluie; et cela réduit l'effet du stress hydrique pendant cette période cruciale au développement des grandes cultures.

Quand à la consommation de gasoil pour la préparation du sol et de semis, elle a diminuée d'un facteur de 4; la main d'œuvre de 3; le gain de temps... L'autre avantage de l'agriculture de conservation, couplée à la rotation culturale, est la diminution des mauvaises herbes (surtout du brome). Le fait de ne pas retourner la terre après avoir éliminé les plantes levées et l'effet paillage, fait que leur stock semencier diminue. Ceci a été particulièrement notée dans les fèves où les désherbages mé-caniques et manuels de post-levées ont été éliminés du système SD alors que dans le système conventionnel, un à deux binages mécaniques et un à deux désherbages manuels sont nécessaires.

Les gains écologiques du sol liés au changement de la technique cultural n'ont pas encore été identifiés; sauf la diminution notable de l'effet d'érosion des parcelles. Néanmoins plusieurs problèmes se posent par rapport au passage au semis direct et à l'agriculture de conservation en général:

-Le premier et sans doute le plus préoccupant est la quasi dépendance du système au Glyphosate pour le contrôle des mauvaises herbes de prélevées, avec toutes les inquiétudes qui s'en suivent.

-Le deuxième est lié au facteur élevage (et donc pâturage) ovin endémique à l'agriculture marocaine: En effet, la compaction du sol par les pattes d'ovins, surtout sur sol humide, affectent le sol à des degrés néfastes pour le bon lit de semis. Les disques semeurs n'arrivent pas à pénétrer la dalle de surface pour un

emplacement convenable des semences. Pour remédier à ce problème, nous sommes parfois poussés à décompacter les 5 cm superficiels à l'aide d'un outil à dents. Donc peut-être faudrait-il modifier le semoir actuel en y rajoutant un disc ouvreur par exemple?

En bref, ce que nous avons remarqué après notre passage du système cultural conventionnel au système d'agriculture de conservation (semis direct) est le suivant: Une réduction des coûts de production et surtout de consommation de gasoil, un gain de temps, un effet stress hydrique réduit, une réduction

des mauvaises herbes et une meilleure productivité. En contrepartie, la dépendance du système agriculture de conservation vis-à-vis du Glyphosate et la compaction du sol pâturé reste des problèmes à résoudre.

Quoi qu'il en soit, je suis persuadé qu'avec un changement climatique vers plus d'instabilité, le système le plus sûr reste, à court et long terme, le système d'agriculture de conservation.

Photo : Etat des cultures: campagne 2011-2012 (féveroles et céréales)

JOURNEE DE SENSIBILISATION SUR LES BIENFAITS DE LA ROTATION SOUS SEMIS DIRECT

http://www.aclimas.eu/Attachment/Field_Day_Souaka_2avril2014.pdf

Douar Souakka, Machraa Benaabbou, région de Settat

2 avril 2014 Edition: El Mostafa DARID

Dans le cadre de son programme, pour l'année 2014, de sensibilisation des agriculteurs de la région de Settat aux techniques agricoles adaptées aux changements climatiques, une cinquième journée consacrée aux bienfaits de la rotation sous semis direct fut organisée à Douar Souakka, à 40 km au sud de Settat par le projet « ACLIMAS » avec la collaboration de l'Association locale « Touffaha pour le développement agricole et le semis direct » et l'Association Agriculture, Développement, Environnement pour l'Avenir (AGENDA).

Ont pris part à cette journée, les agriculteurs adhérents au programme d'intégration des changements climatiques dans le Plan Maroc Vert (PICC-PMV). Lequel programme conduit par la DRA Chaouia Ouardigha, dans lequel le CRRA de Settat assure une supervision technique de 2000 ha réservée aux céréales sous semis direct dans la région de Settat. 89 agriculteurs adhérents aux Associations « Touffaha », et « Addoha » et bien d'autres associations agricoles régionales, une dizaine de chercheurs de l'INRA de Settat, des conseillers agricoles de l'ONCA, des représentants de l'ONSSA et des élus locaux ont contribué à l'animation de cette journée.

Ladite journée s'inscrit dans le cadre du projet d'adaptation des systèmes agricoles dans la méditerranée aux changements climatiques prénommé « ACLIMAS » conduit par le CRRA de Settat et initié par l'union européenne.

A l'ouverture de la journée, le président de l'association « Touffaha pour le semis direct » a souhaité la bienvenue aux participants à la journée. Lhaj Ahmed El Khiati n'a pas pu cacher sa joie provoquée par cet événement organisé chez lui à Douar Souakka. Il a même dit que cette journée est considérée par tous les habitants du Douar et les adhérents de l'association comme une fête. Il espère que ça sera un début d'une relation ininterrompue avec les chercheurs, les conseillers agricoles et les agriculteurs des autres associations

agricoles voisines. Lhaj Ahmed El Khiati, président de l'association « Touffaha » à côté de Tahar Bahraoui président de l'association « Addoha » ouvrent la journée par une allocution de bienvenue. Une partie des participants à la journée de sensibilisation, suit les exposés programmés sur le rôle de la rotation dans le semis direct. Mr El Khiati, l'un des agriculteurs averti dans la Commune se dit satisfait des conseils des chercheurs et des conseillers agricoles. Il a apprécié les résultats qu'il a pu vérifier lui-même de la rotation et du système de semis direct. Il souhaite persévérer dans ce sens et évoque le problème de disponibilité du semoir. Ce semoir devient de plus en plus recherché selon Mr El Khiati parce qu'il a déchargé l'agriculteur de plusieurs dépenses et a favorisé bien beaucoup d'économie d'énergie de semences et de temps. Grand Merci à nos experts. Oussama El Gharras, l'un des grands défenseurs du semis direct et de l'agriculteur de conservation se dit optimiste des acquis et des réalisations accumulées en matière de dissémination du semis direct dans la région dans peu d'années. Il espère que les efforts du gouvernement accompagnent ceux des chercheurs du CRRA de Settat et aborde le problème d'industrialisation du semoir pour le rendre disponible à prix abordable par les associations. Devant ces changements climatiques vulnérables, le temps est à l'adoption de l'agriculture de conservation et son fer de lance, le semis direct.

Les agriculteurs de la région de Settât ont constaté les vertus du semis direct dans les conditions de manque de pluie de cette année. Les champs de blé sous le système conventionnel sont sous stress hydrique accablant, contrairement aux cultures sous semis direct, elles font preuve d'une certaine résistance à la sécheresse avec un seuil garanti en rendement grain vu l'humidité captée dans le sol grâce au non labour.

Hamid Moufaouid, président de l'association « GDANA » pour le développement du semis direct, témoigne devant les agriculteurs des autres associations des bienfaits de la rotation sous semis direct. La rotation lui a permis d'introduire des cultures fourragères pour son bétail et épargner des charges considérables. Il a également souligné le rôle des légumineuses dans la rotation. Ces dernières enrichissent le sol et le nettoie et épargne à l'agriculteur le recours aux apports d'engrais azotés. Mr Hamid se dit déterminé à suivre les conseils des chercheurs jusqu'au bout car d'après lui, toutes les directives entre dans une stratégie d'adaptation des systèmes agricoles au climat peu pluvieux dans la région. El Brahli Azzedine, Ex chercheur du CRRA de Settât. Il est le président de l'association AGENDA, membre hyperactif dans le projet ACLIMAS. El Brahli est le pionnier de la rotation sous semis direct. Il a introduit pour la première fois dans la région de Settât et dans d'autres région des cultures oléagineuses et encourage les agriculteurs à les adopter vu leur considérable revenu. A Chaque fois qu'il a l'occasion de parler avec les agriculteurs, il les incite à s'intégrer dans les associations de semis direct et adopter les techniques d'adaptation au changement climatique.

Hamid Moufaouid, président de l'association « GDANA » pour le semis direct témoigne sur les vertus de la rotation qu'il adopte chez lui cette année dans le cadre du projet ACLIMAS Mr El Koudrim Mohamed, chercheur dans la production animale rappelle l'importance des restes des cultures dans l'agriculture de conservation. Vu la place de l'élevage dans l'économie de l'exploitation, les agriculteurs surexploient les restes des cultures durant 3 trois mois environ vu la cherté des fourrages. La solution adéquate est d'adopter la rotation qui contient des mélanges fourragers. L'agriculteur gagnera les tonnes de fourrages et améliorera la qualité de son sol pour recevoir d'autres cultures. El Brahli constate que les agriculteurs des zones pluviales sont depuis bien des années perturbés par

ces changements climatiques. Il affirme qu'il n'y a pas d'autres alternatifs que l'adaptation des systèmes à cette nouvelle donne qui affecte grandement notre agriculture. Cette adaptation doit se traduire par une adoption de techniques particulières et d'une façon durable. Parmi ces techniques il y a la rotation qui nécessite une planification des activités. L'agriculteur des zones pluviales n'est pas habitué à ces attitudes qui deviennent indispensables devant les contraintes du climat. El Koudrim met en valeur la culture du Triticale qui prouve une résistance aux maladies et qui est très favorable à l'alimentation animale dépassant même les valeurs nutritives de l'orge. Il a insisté aussi sur l'introduction des arbustes fourragers dans la région de Souakka de part sa nature géographique et climatique. Il ajoute aussi que l'orge en culture alternative avec les arbustes fourragers donne un bon rendement. les arbustes jouent le rôle de brise vent, gardent l'humidité et protègent l'orge qui vit en culture intercalaire. Aussi, parmi les avantages des cultures fourragères, c'est qu'elles offrent un terrain de pâturage de valeur après le fauchage. El Koudrim souligne aussi l'importance du cactus dans l'amélioration du revenu d'une part et dans l'alimentation animale. De l'autre coté de l'Oued et à quelques kilomètres de cette zone de Souakka, beaucoup d'agriculteurs ont abandonné les céréales pour se donner au cactus qui s'adaptent très bien. Il incite donc les agriculteurs locaux à faire de même et que toutes les mesures d'encadrement sont disponibles pour réussir le cactus dans la zone. Abdelouhid Chriyaa, chercheur en alimentation animale participe à l'animation de la journée. Il a expliqué aux agriculteurs que la vraie complémentarité est celle qui permet à l'agriculteur de réfléchir rationnellement et prendre des décisions adéquates. Dans l'agriculture pluviale, on ne peut attendre du grain que d'une culture qui promet un bon rendement grain. Dans le cas contraire, l'agriculteur pourrait transformer des cultures qui à faible rendement grain en cultures fourragères. Comme ça on pourrait gagner en viande et en lait. Chriyaa n'hésite pas d'éveiller l'agriculteur à devenir un vrai entrepreneur dans son exploitation, qui calcule le bénéfice et la perte à tout moment. Ce sont ces outils de gestion qui aideront à améliorer notre agriculture qui ne tolère guère demeurer traditionnelle et vivrière. Najib El Hantatoui, directeur du Centre du conseil agricole de Settât, dans son intervention félicite les agriculteurs des efforts qu'ils ont déployés pour s'organiser dans des associations agricoles pour développer l'agriculture de conservation. Ce qui a

été réalisé dans deux années est un exploit selon lui dans la région grâce aux efforts de l'INRA, l'ONCA, AGENDA et de la DRA. Le président de la Commune rurale Machraa Ben Abbou, Hamid Moubssit, n'a pas hésité à assister à cette journée pour féliciter les organisateurs de cet événement

notamment l'association Touffaha, l'INRA, AGENDA et la DRA. Il incite les agriculteurs à s'accrocher derrière les savants du domaine agricole qui ne cessent d'apporter des conseils aux agriculteurs pour le bien de notre agriculture.

L'EXPERIENCE DE GESTION DU SEMIS DIRECT PAR L'UNION DES FEDERATIONS DES ASSOCIATIONS D'USAGERS D'EAU AGRICOLE DU MOYEN SEBOU

Abdelaziz Anbari Union des Fédérations des Associations d'Usagers d'Eau Agricole du Moyen Sébou

Contact: anbconsult12@gmail.com Propos recueillis par Nicolas Fayse. Alternatives Rurales www.alternatives-rurales.org – Octobre 2015

Qu'est-ce que l'union des fédérations des associations d'usagers d'eau agricole du Moyen Sébou?

Dans le Moyen Sébou, la gestion participative de l'irrigation a commencé il y a un peu plus de 15 ans. Le Moyen Sébou, dans sa 1ère tranche (secteurs 1 et 2, presque 6000 Ha équipés pour l'irrigation et le bour représente au moins le double de l'irrigué) se compose de 2 fédérations (Fédérations Sébou pour le secteur 2, et Al Wahda pour le secteur 3). Les fédérations regroupent un certain nombre d'associations d'irrigants, (4 pour la fédération Sébou et 8 pour la fédération Al Wahda). Ces fédérations sont chargées de la gestion de l'eau d'irrigation (organisation du tour d'eau, facturation, recouvrements règlement des litiges maintenance des équipements communs... etc.).

11

Voir Kadiri et al., 2014. Périmètres irrigués gérés par les agriculteurs: quelle intégration des dynamiques territoriales. Le cas du Moyen Sébou.

Au démarrage une convention de partenariat entre les fédérations et le Ministère de l'Agriculture, a été établie pour une période de 5 ans. Durant cette période, l'Administration s'engageait à transférer «le savoir faire

» aux équipes techniques des fédérations. Mais avec le départ volontaire en 2005, L'Administration manquait de cadres, et les objectifs fixés par ces conventions n'ont jamais été atteints. Cela, bien sûr a créé de nombreux problèmes, tant au niveau de la gestion de l'irrigation qu'au niveau de la maintenance des équipements. Ajouté aux inondations de 2009/2010 qui ont fortement endommagé certaines parties du réseau, l'irrigation dans une grande partie du secteur3 est à l'arrêt depuis plus de 6 ans. D'autre part, l'objectif fixé au départ, et qui consistait à améliorer les revenus

des agriculteurs afin d'assurer la pérennité des aménagements, n'a jamais été réfléchi, et puisque rien n'a été proposé aux agriculteurs, ils ont continué à pratiquer les cultures qu'ils savaient faire (céréales et maraichages, avec introduction de la vache laitière pour le secteur 2 notamment). De ce fait, les faibles revenus de l'agriculteur constituent un frein à la bonne gestion du périmètre: l'eau n'est pas payée à son prix réel, la maintenance des installations n'est pas faite convenablement, les charges de fonctionnement ne sont payées que difficilement (salaires, électricité...etc.). C'est dans ce contexte qu'est venue l'idée de la création de l'Union des Fédérations pour s'occuper de la composante de mise en valeur agricole dans la zone du projet d'irrigation, avec des objectifs bien arrêtés:

-Apporter l'appui à chaque agriculteur s en l'initiant, sur sa parcelle, aux pratiques techniques nouvelles;

-Proposer l'introduction de cultures nouvelles plus rémunératrices;

-Encourager le groupement des agriculteurs en coopératives et associations, afin d'organiser l'approvisionnement et l'écoulement des productions agricoles;

-Rechercher des partenaires tant au Maroc qu'à l'étranger;

-Apporter l'appui nécessaire aux AUEA et à leurs fédérations dans la gestion quotidienne de l'eau (études de tarification, recherche d'opérateurs pour la maintenance des installations, etc.).

Ainsi, les associations d'usagers d'eau agricole s'occupent de tout ce qui se passe à l'intérieur de leur territoire, les fédérations s'occupent de l'ensemble du réseau d'irrigation, et l'union s'occupe de la mise en valeur et de l'appui à toute cette structure.

D'où est venue l'idée du semis direct?

L'idée est venue de l'Agence Française de

Développement, que je remercie pour l'appui considérable qu'ils ont apporté à l'Union, et qu'elle continue d'apporter au Projet Moyen Sebou Inaouen Aval (PMSIA). Parmi les différents projets de développement, il nous été proposé la technique de semis direct, qu'on ignorait totalement. L'idée a été acceptée par tous nos partenaires, et c'est comme cela qu'on a lancé la 1ère opération en 2011. La première expérience a été faite sur 2 ha, en blé. L'année suivante, l'expérience a été faite sur une dizaine d'hectares avec l'obligation faite aux agriculteurs, de réserver une parcelle témoin en conventionnel, pour qu'on puisse comparer les deux techniques en terme de coût et de rendements. La 3ème année, on a constaté une différence de 5 à 6 quintaux par ha, en plus de l'économie de coût, ce qui constitue un résultat très intéressant pour l'agriculteur (dans la région, cette année, on a une moyenne de 25 qx/ha en culture conventionnelle). En 2014/2015, nous avons semé 150 ha en semis direct, de blé et de féverole. Si on avait eu une semaine de plus sans pluies fin novembre, on aurait pu atteindre les 200 ha.

Pourquoi l'Union des fédérations, qui a priori s'occupe d'une zone irriguée, s'est impliquée dans le semis direct, une technique plutôt pour les zones pluviales ?

Dans le souci d'améliorer les revenus des agriculteurs, au départ les essais du semis direct étaient prévus en bour principalement, et en zones irriguées surtout pour les cultures fourragères. Si pour le bour le fait de trouver des parcelles n'a pas posé de problème, pour l'irrigué personne ne voulait se sacrifier pour tenter l'expérience.

En effet, en irrigué, l'agriculteur préfère des cultures plus sûres et plus lucratives. Pour cette raison, les essais se sont limités au bour jusqu'à maintenant. Par ailleurs, en introduisant le semis direct dans le Moyen Sebou, l'Union visait plusieurs objectifs, parmi les plus intéressants bien sûr améliorer le rendement, lutter contre l'érosion des sols en pentes, protéger le périmètre contre les dépôts de sédiments occasionnés par les pluies d'automne ce qui bouchent les collecteurs de drainage sur la partie irriguée. Chaque année, on est obligé de curer ces collecteurs ce qui occasionne des charges supplémentaires pour les Fédérations.

Un dernier objectif était d'améliorer la structure du sol.

N.B. A signaler, qu'en 2015/2016, nous sommes en négociation avec des agriculteurs pour faire des essais de semis irrigué en irrigué, nous avons déjà

l'accord de principe d'un agriculteur pour 3 ha pour du blé en multiplication de semences.

Comment l'union gère l'utilisation du semoir?

Au début de la campagne, vers le mois de septembre, on enregistre toutes les demandes des agriculteurs intéressés par le semis direct. En 2014/2015, on a eu pour 500 ha de demande. Mais nous savons bien qu'avec un seul semoir, nous ne pouvons dépasser les 200 ha dans le meilleur des cas. Une fois qu'on dispose des demandes des agriculteurs, on établit un programme de semis. On alterne de façon à ce que l'utilisation du semoir se fasse de façon équitable: une année, on commence à semer par la partie Est du Moyen Sebou, et l'année suivante on commence par le côté Ouest. Puis, on sème en allant d'un agriculteur à l'autre, pour limiter les déplacements du matériel sur les routes tant que la pluie le permet. Après les pluies, on peut reprendre quand le sol est praticable et si les agriculteurs n'ont pas déjà labouré leurs parcelles. Mais il arrive souvent que les agriculteurs chez qui nous ne sommes pas encore passés perdent patience, passent en conventionnel.

Pour rallonger la période d'utilisation du semoir, une possibilité est de semer en sec. En 2014/2014, on a commencé aussi le semis à sec, avec 50 ha. Cependant, en 2014/2015, les premières pluies ont tardé et les sols se sont beaucoup fissurés. Les agriculteurs n'ont pas voulu semer, car ils pensaient qu'il y aurait des pertes de semences.

Combien facturez-vous le semoir?

Au début, on a facturé à 250 DH/ha. On a tenu compte du prix de la location du semoir conventionnel (entre 180 et 200 DH/ha) et du coût du labour: on a proposé un prix très attractif, pour encourager nos agriculteurs à découvrir cette technique de semis. Nous savions que ce prix ne couvre même pas les charges de fonctionnement du semoir et du tracteur (chauffeur, gasoil, entretien...etc.). C'est pour cela qu'en 2014/2015, nous avons exposé le coût réel du semis que supporte l'Union, lors d'une réunion d'évaluation avec les agriculteurs ayant adopté le semis direct. Nous avons expliqué que cette situation ne peut pas durer indéfiniment, surtout que la différence entre le coût réel et le coût facturé est très importante (un petit calcul fait lors de cette réunion avec les agriculteurs montre un coût total de 550,00 DH/ha). Suite à cette réunion, une décision unanime a été prise de passer à 300 DH/ha, et progressivement, d'atteindre le coût réel maintenance comprise, avec une provision engrangée chaque année pour le renouvellement de matériel. Pour cette saison, on

va proposer 350DH/ha.

Il y aurait donc l'opportunité pour un deuxième semoir?

Dans la situation actuelle, et vu le coût d'investissement du matériel (semoir à 285 000 DH et pour un tracteur de 90 CV en deux roues motrices entre 270000 et 300 000 DH), l'union des fédérations ne peut financer un nouveau matériel, vu l'importance de la subvention accordée par l'Etat (60000 DH pour le semoir et 90000 DH pour le tracteur). Par rapport à un privé qui viendrait proposer un semoir en semis direct, comme c'est le cas **pour le conventionnel**,

Quel est l'intérêt que cela soit organisé par l'Union?

Il faut que le semis direct soit plus généralisé, pour qu'il soit intéressant pour le privé, vu l'importance de l'investissement. D'après mes estimations, il faut au moins 500ha de semis direct pour la zone irriguée de la tranche 1 du Moyen Sebou, et le double en bour, pour que cela soit rentable pour les privés.

Offrez - vous d'autres services pour accompagner la production de céréales ?

On organise régulièrement des journées de formation sur la parcelle. De plus, en 2014/2015, nous avons introduit une nouveauté : les agriculteurs qui souhaitent avoir une assistance technique de l'ingénieur de l'Union paient 100 DH en plus par ha, pour un conseil sur les herbicides et fongicides, les techniques, la pratique du semis direct, etc.

C'est un des objectifs de l'union de généraliser le conseil en faisant participer l'agriculteur, pour que cela ne soit plus gratuit. Il faut que l'agriculteur se rende compte de l'importance du conseil, en comparant les rendements avec et sans le conseil. Nous avons aussi signé en 2013 une convention avec une société pour la vente de produits phytosanitaires.

Dans cette convention, **la société vend à l'Union des produits phytosanitaires et l'Union les revend aux agriculteurs avec une petite marge** . Même avec cette marge, les prix proposés sont moins chers que ceux des revendeurs de la région, en plus de la qualité des produits proposés, qui est garantie par la société. Celle-ci nous accorde des facilités de paiement de 90 jours, et s'engage à reprendre la marchandise restante en fin de campagne. Pour sa part, l'Union n'accorde pas de crédits et toutes les ventes sont payées au comptant. Par ailleurs, on est

en discussion avec l'ONCA pour nous déléguer quelqu'un pour diriger cette activité de gestion des intrants. A notre connaissance l'ONCA n'a pas encore de programme arrêté pour le Moyen Sebou. Nous sommes en contact avec tous nos partenaires, pour préparer un programme concerté pour 2015/2016 (avec l'ONCA et les DPA de Fès, Taounate et Sidi Kacem).

On pense instituer un service de conseil, avec une évolution progressive du prix à payer par nos agriculteurs, de sorte qu'à terme le prix du service soit à la charge de l'agriculteur à 100%.

Pour cette année, on va essayer la multiplication de semences. On est en discussion avec une société qui va nous encadrer et nous fournir les semences pour la multiplication de blé tendre. La rentabilité est évidente puisque les prix à la vente dépassent les 350,00 DH par quintal, contre 220 DH par quintal cette année pour le blé. On pense aussi lancer un magasin pour la vente de semences sélectionnées. Nous sommes à la recherche de personnes qui pourront s'en occuper. Nous comptons beaucoup sur nos partenaires pour nous aider sur ce dossier.

Quels sont les objectifs de rendement pour les céréales?

Personnellement, en 2013/2014, j'ai eu une production record, j'ai atteint en blé tendre sur 2 ha plus 60 quintaux à l'hectare. Une moyenne de rendement de 50 quintaux à l'hectare peut être facilement atteinte. Je me souviens que la 1ère année, les gens riaient de nous, maintenant ils viennent nous demander d'utiliser le semoir. Les gens sont convaincus que le semis direct est plus rentable que le semis conventionnel, c'est un acquis. Pour le suivi de la structure du sol, **on n va essayer, sur une petite parcelle, de laisser la totalité de la paille sur le champ, interdire le pâturage (on choisira une parcelle facile à surveiller en permanence), et on va suivre l'évolution de la structure du sol sur 4 ou 5 ans.**

Quels sont les horizons en termes de développement du semis direct ?

Pour l'instant, on est limité par le matériel. Mais, à terme, je vois le Moyen Sebou avec 4 ou 5 semoirs de semis direct. Le potentiel en céréales, légumineuses et cultures fourragères est très important. On est en discussion avec la DRA de Fez, depuis l'année dernière, pour trouver des pistes de financement pour l'achat d'autres semoirs. Je suis très optimiste.

INNOVATION ET ACTION COLLECTIVE: LE SEMIS DIRECT DES CULTURES PLUVIALES AU MOYEN SEBOU (MAROC)

doi:10.1684/agr.2015.0742

Pour citer cet article : Labbaci T, Dugué P, Kemoun H, Rollin D, 2015. Innovation et action collective : le semis direct des cultures pluviales au Moyen Sébou (Maroc). Cah Agric 24 : 76-83.

doi :10.1684/agr.2015.0742

Tirés à part : P. Dugué

Résumé : Les exploitations familiales des pays du Sud, au foncier cultivable souvent limité, doivent pouvoir entretenir la fertilité de leurs terres si elles veulent améliorer leur productivité. L'agriculture de conservation et le semis direct sans travail du sol constituent des pratiques pouvant répondre à cet enjeu. Mais on constate qu'elles sont très peu adoptées par ce type d'exploitations. Cet article vise à décrire comment et pourquoi des agriculteurs de la région du Moyen Sébou au Maroc ont pu adopter le semis direct des cultures pluviales. Des entretiens avec les agriculteurs et quelques mesures au champ ont été réalisés. **L'analyse du chantier de semis direct montre que l'agriculteur réalise une économie de temps et d'argent pour l'implantation du blé, comparativement au semis après préparation du sol.** L'évolution du système de culture en semis direct vers un système d'agriculture de conservation avec couverture du sol est complexe et peu envisageable, du fait des enjeux économiques et sociaux autour de l'usage des résidus de cultures dans les exploitations de polyculture-élevage. Le renforcement de l'action collective apparaît important pour assurer la durabilité de cette expérience (meilleure organisation des chantiers, mise en place d'un suivi-évaluation, collaboration recherche-développement, etc.).

Taha Labbaci¹ Patrick Dugué^{2,3} Hassane Kemoun⁴ Dominique Rollin⁵ Union des fédérations Annahda

Sebt Loudaya Province Moulay Yaâcoub Fès Maroc <labbaci123@yahoo.fr>

² CIRAD UMR Innovation 73, rue Jean-François Breton 34398 Montpellier Cedex 5 France <patrick.dugue@cirad.fr>

³ Département d'ingénierie de développement École nationale d'agriculture B.P. S/40 50001 Meknès Maroc

⁴ Cap Rural 7, rue Pasteur 50000 Meknès Maroc <haskemmoun@gmail.com>

⁵ Irstea UMR G-eau361, rue Jean-François Breton BP 5095 34196 Montpellier Cedex 5 France <dominique.rollin@irstea.fr>

Étude originale

Au Maroc, les cultures pluviales (65 % de la surface totale cultivée) sont semées après un travail de préparation du sol réalisé en culture motorisée (charrue à disque, cover-crop) sauf dans les zones de montagne où la traction animale et l'araire persistent (MAPM, 2012). L'adoption du travail du sol motorisé a été favorisée par l'opération-Labour, subventionnée par l'État marocain juste après l'indépendance (Clerc, 1961), puis par la mise en place de CUMA (Coopératives d'utilisation de matériel agricole), qui ont ensuite laissé la place à des prestataires de service privés. Après plusieurs années de sécheresse et suite à l'accroissement de l'érosion hydrique, la recherche marocaine a proposé, à partir des années 2000, le semis direct des cultures pluviales comme alternative au semis après travail du sol. Il s'agissait de favoriser les semis précoces et de limiter les processus d'érosion (Mrabet, 2001; Mrabet et al., 2012). En 2011, la surface emblavée en semis direct (SD) ne dépassait cependant pas, pour l'ensemble du Maroc, 5 000 ha (ICARDA, 2012) et concernait presque exclusivement des grandes exploitations ayant acheté un semoir spécial SD importé. Mais pour de nombreux agriculteurs au Maroc et dans les autres pays du

Maghreb, le travail du sol est considéré comme une technique incontournable de « régénération » du sol après la longue période sans pluie (« le labour redonne de la vie au sol »), mais aussi de contrôle des mauvaises herbes au moment du semis. L'abandon du labour et la pratique du SD ne sont donc pas anodins pour ces agriculteurs. Sur la base d'une expérience de vulgarisation du SD menée par un projet de développement en appui à un collectif d'agriculteurs de la zone du Moyen Sébou (figure 1), cet article vise d'une part à décrire le processus d'innovation en cours et d'autre part à discuter des améliorations possibles tant au niveau agro-technique que de l'action collective.

L'adoption du semis direct et de l'agriculture de conservation par les exploitations familiales

Le semis direct est l'élément constitutif de base de l'agriculture de conservation (AC), qui comprend aussi la couverture permanente du sol et la rotation ou l'association des cultures (FAO, 2014). En 2013, l'AC couvrait 154 millions d'ha dans le monde dont 75 % en Amérique du Sud et du Nord, et concernait presque exclusivement des exploitations bien dotées en capital (matériel motorisé, terre, savoirs, etc.) (FAO, 2014). L'AC a été très rarement adoptée par les exploitations

familiales de petite taille des pays du Sud, malgré l'importance des investissements des projets de développement dans ce domaine et pour ce type d'exploitation.

Diverses contraintes d'adoption ont été identifiées (Knowler et Bradshaw, 2007; Giller et al., 2009; Corbeels M et al., 2014) comme :

– l'accès aux intrants (herbicides, semences de plantes de couverture, etc.) et au matériel spécifique pour le semis est souvent limité;

– l'investissement en travail peut être plus important qu'en culture conventionnelle (avec labour) si l'agriculteur n'a pas réussi à bien contrôler les adventices suite au non-labour. Il doit, alors utiliser plus d'herbicides ou desherber manuellement ses cultures ;

– la polyculture-élevage est le système de production habituel pour l'agriculture familiale de ces régions où, en saison sèche, l'alimentation du bétail repose en grande partie sur l'utilisation des résidus de culture qui sont censés constituer aussi le mulch de couverture ;

– enfin, la mise en œuvre de l'AC nécessite que les agriculteurs acquièrent de nouveaux savoirs et savoir-faire. Ceci implique un accompagnement dans la durée par des conseillers agricoles, qui est rarement possible du fait de la durée limitée des projets de développement.

Ces différentes contraintes d'adoption de l'AC s'appliquent aussi au contexte de l'agriculture pluviale au Maghreb (Lahmar, 2010; Kassam et al., 2012).

Au Maroc, les structures de développement se sont focalisées sur la vulgarisation du SD en utilisant des semoirs en culture motorisée. L'AC avec couverture du sol par des résidus n'a été étudiée par la recherche qu'en station expérimentale. Les expériences de vulgarisation du SD ont montré que son adoption en agriculture familiale est contrainte par les difficultés à construire localement un semoir adapté, peu cher et fiable, par le prix élevé du semoir importé, et enfin, par le manque de coordination des agriculteurs des petites et moyennes structures (de 5 à 50 ha) pour gérer un équipement en commun (El Gharas et Idrissi, 2006; Mrabet et al., 2012). Dans ce contexte, il apparaît que, pour la pratique de l'AC, l'organisation collective est cruciale pour gérer les équipements, les chantiers de semis ou la conservation d'une partie des résidus de culture sur le sol.

Contexte et méthodologie

La zone d'étude correspond à la première tranche du Projet Moyen Sebou, Inaouen Aval (6 500 ha irrigables) et aux coteaux surplombant la vallée. Ce projet est financé depuis les années 1990 par l'État marocain avec l'appui de l'Agence française de

développement (AFD). Il met aujourd'hui l'accent (dans sa phase 2) sur la mise en valeur des terres agricoles tout en poursuivant l'extension des surfaces irriguées. La zone se caractérise par des exploitations agricoles familiales combinant des cultures irriguées (maraîchage, agrumes, etc.), des cultures pluviales (céréales, féverole, etc.) et de l'élevage ovin et bovin. 72 % des exploitations cultivent moins de 10 ha, dont les trois-quarts en agriculture pluviale. Au total, 10 % des exploitations cultivent plus de 20 ha, et certaines possèdent un tracteur. La pluviométrie moyenne est de 530 mm/an avec de grandes variations interannuelles (Kadiri et al., 2009). Dans cette région, les actions de développement se sont focalisées sur les cultures irriguées et sur certaines filières (lait, agrume). Celles en faveur des cultures pluviales ont été limitées à des essais de banquettes anti-érosives et à la vulgarisation des intrants (engrais minéraux, variétés sélectionnées, fongicides et herbicides). Les pentes cultivées sont caractérisées par des sols argilo-calcaires qui gonflent en hiver et présentent d'importantes fissures en été. Ces sols bien structurés et relativement fertiles sont toutefois sensibles à l'érosion lorsque la pente dépasse 10 % et en cas de pluie importante sur sol nu en début d'automne (Heusch, 1969). Les très fortes pluies de la campagne 2009-2010 (970 mm entre octobre et mai) ont mis en exergue ces processus de ruissellement et d'érosion qui ont endommagé une partie du périmètre irrigué en aval et augmenté le nombre et la taille des rigoles et ravines sur les coteaux.

Cette situation de crise a amené l'AFD à proposer le SD des cultures pluviales aux agriculteurs de cette région et au

Projet, dans le but de réduire l'érosion hydrique du fait de la suppression du labour. À cela s'ajoute la demande des agriculteurs de pouvoir réduire le coût d'installation des céréales et de semer de façon plus précoce. Pour cela, l'Union des fédérations des associations d'usagers d'eau agricole a été dotée par le Projet d'un équipement complet pour expérimenter le SD : un tracteur avec quatre roues motrices, un semoir SD de 2,20 m de largeur, un épandeur d'engrais et un pulvérisateur.

Cette chaîne complète a été subventionnée à 100 % par le Projet qui considère qu'il s'agit d'une opération expérimentale. Cela permet à l'Union de réaliser des prestations de services, de bonne qualité et en temps opportun : puissance du tracteur adaptée aux pentes et au poids du semoir, pulvérisateur de grande largeur bien réglé.

Pour la période 2010–2013, l'Union a fixé le prix de la réalisation du SD à 250 Dh/ha (1 s = 11,1 Dh en 2012), au même prix que le semis conventionnel réalisé par les prestataires privés, afin d'encourager

l'adoption du nouveau système de culture. En 2014, ce prix est passé à 300 Dh/ha. Cette expérimentation sociotechnique a débuté à l'automne 2010 en combinant l'introduction d'un nouvel itinéraire technique pour le blé et la féverole avec l'organisation des prestations de service par l'Union (tableau 1).

Dans le cadre du suivi-évaluation de l'opération SD réalisée par l'Union, des interviews ont été faites en 2013, individuellement et en groupe, auprès de 50 agriculteurs afin d'aborder les avantages et contraintes du SD. En tout, 42 % d'entre eux avaient pris part aux activités du Projet : réunion d'information, visite de grandes exploitations pratiquant le SD, expérimentation du SD dans une de leurs parcelles, etc. Seuls les temps de travaux et les coûts des opérations d'implantation du blé

Tableau 1. Évolution des surfaces en semis direct et du nombre d'agriculteurs expérimentateurs.

Table 1. Evolution of direct seeding surfaces and the number of experimenting farmers.

	2010-11	2011-12	2012-13	2013-14	2014-15
Nombre d'agriculteurs expérimentateurs	1	3			
	12	22	24		
Surface totale en semis direct (ha)	3,5	15			
	55	143	156		
En sol humide (ha)	3,5	15	55		
	90	153			
En sol sec (ha)	0	0	0		
	53	3			

Figure 1. Carte de localisation du projet Moyen Sébou dans la partie nord du Maroc.

Figure 1. Localization of Moyen Sebou project in northern Morocco.

de l'action collective apparaît important pour assurer la durabilité de cette expérience (meilleure organisation des chantiers, mise en place d'un suivi évaluation, collaboration recherche développement, etc.). Cette expérience sera utile pour d'autres initiatives au Maghreb visant l'amélioration des performances et de la durabilité des systèmes de culture en réduisant le travail du sol par l'adoption du SD, voire de l'AC. Pour cela, il convient de poursuivre la mise au point des techniques, mais aussi de l'action collective concernant l'utilisation des équipements en commun, notamment par l'extension de la période d'utilisation des outils (semis en sec des cultures pluviales, mise en place de cultures irriguées). De plus, l'élaboration de politiques d'accompagnement (dispositifs de conseil, recherche-développement, subventions) des agriculteurs

adoptant ces systèmes de culture plus durables apparaît indispensable pour passer d'expériences « projet » concernant peu d'agriculteurs à une diffusion large de ces systèmes.

Références

- AufRAY P, Sissoko F, Falconnier G, Ba A, Dugué P, 2012. Usages des résidus de récolte et gestion intégrée de la fertilité des sols dans les systèmes de polyculture élevage : étude de cas au Mali-Sud. *Cahiers Agricultures* 21(4):225-34. doi: 10.1684/agr.2012.0568
- Clerc F, 1961. L'opération labour au Maroc. Bilan de trois campagnes. *Économie Rurale* 48(1):27-43.
- Corbeels M, De Graaff J, Ndah HT, Penot E, Baudron F, Naudin K, et al., 2014. Understanding the impact and adoption of conservation agriculture in Africa: a multi-scale analysis. *Agriculture Ecosystems and Environment* 187:155-70. doi:10.1016/j.agee.2013.10.011
- Djamen Nana P, Dugué P, Mkomwa S, Benoît daSansan J, Essecofy G, Bougoum H, et al., 2013. Conservation agriculture in West and Central Africa. In : Jat RA, Sahrawat KL, Kassam AH. *Conservation agriculture global prospects and challenges*. United Kingdom: CABI.
- El Gharras O, Idrissi M, 2006. Contraintes technologiques au développement du semis direct au Maroc. Troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct (Zaragoza) : CIHEAM. *Options méditerranéennes : série A. Séminaires Méditerranéens* 69:121-4.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), 2014. CA adoption worldwide. <http://www.fao.org/ag/ca/6c.html> [Consulté le 15/12/2014].
- Giller KE, Witter E, Corbeels M, Tittonell P, 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view. *Field Crops Research* 114(1):23-34.
- Heusch M, 1969. L'érosion dans le bassin du Sebou: une approche quantitative. *Revue Géographique du Maroc* 15:109-28.
- ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Area), 2012. Conservation agriculture: opportunities for intensified farming and environmental conservation in dry areas. Farmer experiences and potential for uptake in Iraq, Syria, Morocco and Tunisia. *Research to Action 2*.
- Jouve P, Daouadi A, 1984. Effet de la date de semis sur l'élaboration du rendement du blé tendre et de l'orge en zones semi-arides et arides. *L'Agronomie Tropicale* 39(3):216-27.
- Kadiri Z, Kuper M, Faysse N, Errahj M, 2009. Local transformation of a state-initiated institutional innovation: the example of water users' associations in an irrigation scheme in Morocco. *Irrigation and drainage* 58(3 suppl):S346-57. <http://dx.doi.org/10.1002/ird.529>
- Kassam AH, Friedrich T, Derpsch R, Lahmar R, Mrabet R, Basch G, et al., 2012. Conservation agriculture in the dry mediterranean climate. *Field Crops Research* 132:7-17. doi: 10.1016/j.fcr.2012.02.023
- Knowler D, Bradshaw B, 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. *Food Policy* 32(1):25-48.
- Labreuche J, Lellahi A, Malaval C, Germon JC, 2011. Impact des techniques culturales sans labour (TCSL) sur le bilan énergétique et le bilan des gaz à effet de serre des systèmes de culture. *Cahiers Agricultures* 20:204-15. doi: 10.1684/agr.2011.0492
- Lahmar R, 2010. Adoption of conservation agriculture in Europe: lessons of the KASSA project. *Land Use Policy* 27(1):4-10.
- MAPM (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche maritime), 2012. L'agriculture marocaine en chiffres. <http://www.agriculture.gov.ma/sites/default/files/agriculture-en->

chiffres-2012.pdf.

Mrabet R, 2001. Le semis direct : une technologie avancée pour une agriculture durable au Maroc. Transfert de Technologie en Agriculture 76. <http://www.agrimaroc.net/bul76.htm>

Mrabet R, Moussadek R, Fadlaoui A, Van Ranst E, 2012. Conservation agriculture in dry areas of Morocco. Field Crops Research 132:84-94.

Moussadek R, Mrabet R, Zante PM, Lamachère J, Pépin Y, Le Bissonnais Y, et al., 2011. Effets du travail du sol et de la gestion des résidus sur les propriétés du sol et sur l'érosion hydrique d'un vertisol Méditerranéen. Canadian Journal of Soil Science

91(4):627-35.

Vadon B, Marionneau A, 2012. Le semis direct à l'essai (Maroc, Mali). Afrique Agriculture 2012:34-5. www.calameo.com/books/0005163313ab6d35b076c

Villemaine R, Sabourin É, Goulet F, 2012. Limites à l'adoption du semis direct sous couverture végétale par les agriculteurs familiaux en Amazonie brésilienne. Cahiers Agricultures; (21):242-7. doi:10.1684/agr.2012.0576

83

Sources : Cah Agric, vol. 24, n82, mars-avril 2015

INNOVATION ET ACTION COLLECTIVE: LE SEMIS DIRECT DES CULTURES PLUVIALES AU MOYEN SEBOU (MAROC)

Volume 24, numéro 2, Mars-Avril 2015 Cahiers Agricultures

Taha Labbaci 1 Patrick Dugué 2 3 *Hassane Kemoun 4 Dominique Rollin 5

1 Union des fédérations Annaïda Sebt Loudaya Province Moulay Yaâcoub Fès Maroc

2 CIRAD UMR Innovation 73, rue Jean-François Breton 34398 Montpellier Cedex 5 France

3 Département d'ingénierie de développement École nationale d'agriculture B.P. S/40 50001 Meknès Maroc

4 Cap Rural 7, rue Pasteur 50000 Meknès Maroc

5 Irstea UMR G-eau 361, rue Jean-François Breton BP 5095 34196 Montpellier Cedex 5 France

* Tirés à part

Mots-clés : action collective, agriculture de conservation, exploitation familiale, innovation, Maroc, semis direct

Thèmes : économie et développement rural, productions végétales

DOI : 10.1684/agr.2015.0742

Page(s) : 76-83

Résumé : Les exploitations familiales des pays du Sud, au foncier cultivable souvent limité, doivent pouvoir entretenir la fertilité de leurs terres si elles veulent améliorer leur productivité. L'agriculture de conservation et le semis direct sans travail du sol constituent des pratiques pouvant répondre à cet enjeu. Mais on constate qu'elles sont très peu adoptées par ce type d'exploitations. Cet article vise à décrire comment et pourquoi des agriculteurs de la région du Moyen Sébou au Maroc ont pu adopter le semis direct des cultures pluviales. Des entretiens avec les agriculteurs et quelques mesures au champ ont été réalisés. L'analyse du chantier de semis direct montre que l'agriculteur réalise une économie de temps et d'argent pour l'implantation du blé, comparativement au semis après préparation du sol. L'évolution du système de culture en semis direct vers un système d'agriculture de conservation avec couverture du sol est complexe et peu envisageable, du fait des enjeux économiques et sociaux autour de l'usage des résidus de cultures dans les exploitations de polyculture-élevage. Le renforcement de l'action collective apparaît important pour assurer la durabilité de cette expérience (meilleure organisation des chantiers, mise en place d'un suivi-évaluation, collaboration recherche-développement, etc.).

Au Maroc, les cultures pluviales (65 % de la surface totale cultivée) sont semées après un travail de préparation du sol réalisé en culture motorisée (charrue à disque, cover-crop) sauf dans les zones de montagne où la traction animale et l'araire persistent (MAPM, 2012). L'adoption du travail du sol motorisé a été favorisée par l'Opération-Labour, subventionnée par l'État marocain juste après l'Indépendance (Clerc, 1961), puis par la mise en place de CUMA (Coopératives d'utilisation de matériel agricole), qui ont ensuite laissé la place à des prestataires de service privés. Après plusieurs années de sécheresse et suite à l'accroissement de l'érosion hydrique, la recherche marocaine a proposé, au début des années 2000, le semis direct des cultures pluviales comme alternative

au semis après travail du sol. Il s'agissait de favoriser les semis précoces et de limiter les processus d'érosion (Mrabet, 2001 ; Mrabet et al., 2012). En 2011, la surface emblavée en semis direct (SD) ne dépassait cependant pas, pour l'ensemble du Maroc, 5 000 ha (ICARDA, 2012) et concernait presque exclusivement des grandes exploitations ayant acheté un semoir spécial SD importé. Mais pour de nombreux agriculteurs au Maroc et dans les autres pays du Maghreb, le travail du sol est considéré comme une technique incontournable de « régénération » du sol après la longue période sans pluie (« le labour redonne de la vie au sol »), mais aussi de contrôle des mauvaises herbes au moment du semis. L'abandon du labour et la pratique du SD ne

sont donc pas anodins pour ces agriculteurs. Sur la base d'une expérience de vulgarisation du SD menée par un projet de développement en appui à un collectif d'agriculteurs de la zone du Moyen Sébou (figure 1), cet article vise d'une part à décrire le processus d'innovation en cours et d'autre part à discuter des améliorations possibles tant au niveau agro-technique que de l'action collective.

L'adoption du semis direct et de l'agriculture de conservation par les exploitations familiales

Le semis direct est l'élément constitutif de base de l'agriculture de conservation (AC), qui comprend aussi la couverture permanente du sol et la rotation ou l'association des cultures (FAO, 2014). En 2013, l'AC couvrait 154 millions d'ha dans le monde dont 75 % en Amérique du Sud et du Nord, et concernait presque exclusivement des exploitations bien dotées en capital (matériel motorisé, terre, savoirs, etc.) (FAO, 2014). L'AC a été très rarement adoptée par les exploitations familiales de petite taille des pays du Sud, malgré l'importance des investissements des projets de développement dans ce domaine et pour ce type d'exploitation. Diverses contraintes d'adoption ont été identifiées (Knowler et Bradshaw, 2007 ; Giller et al., 2009 ; Corbeels M et al., 2014) comme :

-l'accès aux intrants (herbicides, semences de plantes de couverture, etc.) et au matériel spécifique pour le semis est souvent limité ;

-l'investissement en travail peut être plus important qu'en culture conventionnelle (avec labour) si l'agriculteur n'a pas réussi à bien contrôler les adventices suite au non-labour. Il doit alors utiliser plus d'herbicides ou désherber manuellement ses cultures ;

-la polyculture-élevage est le système de production habituel pour l'agriculture familiale de ces régions où, en saison sèche, l'alimentation du bétail repose en grande partie sur l'utilisation des résidus de culture qui sont censés constituer aussi le mulch de couverture ;

-enfin, la mise en œuvre de l'AC nécessite que les agriculteurs acquièrent de nouveaux savoirs et savoir-faire. Ceci implique un accompagnement dans la durée par des conseillers agricoles, qui est rarement possible du fait de la durée limitée des projets de développement.

Ces différentes contraintes d'adoption de l'AC s'appliquent aussi au contexte de l'agriculture pluviale au Maghreb (Lahmar, 2010 ; Kassam et al., 2012). Au Maroc, les structures de développement se sont focalisées sur la vulgarisation du SD en utilisant des semoirs en culture motorisée. L'AC avec couverture

du sol par des résidus n'a été étudiée par la recherche qu'en station expérimentale. Les expériences de vulgarisation du SD ont montré que son adoption en agriculture familiale est contrainte par les difficultés à construire localement un semoir adapté, peu cher et fiable, par le prix élevé du semoir importé, et enfin, par le manque de coordination des agriculteurs des petites et moyennes structures (de 5 à 50 ha) pour gérer un équipement en commun (El Gharas et Idrissi, 2006 ; Mrabet et al., 2012). Dans ce contexte, il apparaît que, pour la pratique de l'AC, l'organisation collective est cruciale pour gérer les équipements, les chantiers de semis ou la conservation d'une partie des résidus de culture sur le sol.

Contexte et méthodologie

La zone d'étude correspond à la première tranche du Projet Moyen Sébou, Inaouen Aval (6 500 ha irrigables) et aux coteaux surplombant la vallée. Ce projet est financé depuis les années 1990 par l'État marocain avec l'appui de l'Agence française de développement (AFD). Il met aujourd'hui l'accent (dans sa phase 2) sur la mise en valeur des terres agricoles tout en poursuivant l'extension des surfaces irriguées. La zone se caractérise par des exploitations agricoles familiales combinant des cultures irriguées (maraîchage, agrumes, etc.), des cultures pluviales (céréales, féverole, etc.) et de l'élevage ovin et bovin. 72 % des exploitations cultivent moins de 10 ha, dont les trois-quarts en agriculture pluviale. Au total, 10 % des exploitations cultivent plus de 20 ha, et certaines possèdent un tracteur. La pluviométrie moyenne est de 530 mm/an avec de grandes variations interannuelles (Kadiri et al., 2009). Dans cette région, les actions de développement se sont focalisées sur les cultures irriguées et sur certaines filières (lait, agrume). Celles en faveur des cultures pluviales ont été limitées à des essais de banquettes anti-érosives et à la vulgarisation des intrants (engrais minéraux, variétés sélectionnées, fongicides et herbicides). Les pentes cultivées sont caractérisées par des sols argilo-calcaires qui gonflent en hiver et présentent d'importantes fissures en été. Ces sols bien structurés et relativement fertiles sont toutefois sensibles à l'érosion lorsque la pente dépasse 10 % et en cas de pluie importante sur sol nu en début d'automne (Heusch, 1969). Les très fortes pluies de la campagne 2009-2010 (970 mm entre octobre et mai) ont mis en exergue ces processus de ruissellement et d'érosion qui ont endommagé une partie du périmètre irrigué en aval et augmenté le nombre et la taille des rigoles et ravines sur les coteaux.

Cette situation de crise a amené l'AFD à proposer le SD des cultures pluviales aux agriculteurs de cette région et au Projet, dans le but de réduire l'érosion

hydrique du fait de la suppression du labour. À cela s'ajoute la demande des agriculteurs de pouvoir réduire le coût d'installation des céréales et de semer de façon plus précoce. Pour cela, l'Union des fédérations des associations d'usagers d'eau agricole a été dotée par le Projet d'un équipement complet pour expérimenter le SD : un tracteur avec quatre roues motrices, un semoir SD de 2,20 m de largeur, un épandeur d'engrais et un pulvérisateur. Cette chaîne complète a été subventionnée à 100 % par le Projet qui considère qu'il s'agit d'une opération expérimentale. Cela permet à l'Union de réaliser des prestations de services de bonne qualité et en temps opportun : puissance du tracteur adaptée aux pentes et au poids du semoir, pulvérisateur de grande largeur bien réglé. Pour la période 2010–2013, l'Union a fixé le prix de la réalisation du SD à 250 Dh/ha (1 € = 11,1 Dh en 2012), au même prix que le semis conventionnel réalisé par les prestataires privés, afin d'encourager l'adoption du nouveau système de culture. En 2014, ce prix est passé à 300 Dh/ha. Cette expérimentation sociotechnique a débuté à l'automne 2010 en combinant l'introduction d'un nouvel itinéraire technique pour le blé et la féverole avec l'organisation des prestations de service par l'Union (tableau 1).

Dans le cadre du suivi-évaluation de l'opération SD réalisée par l'Union, des interviews ont été faites en 2013, individuellement et en groupe, auprès de 50 agriculteurs afin d'aborder les avantages et contraintes du SD. En tout, 42 % d'entre eux avaient pris part aux activités du Projet : réunion d'information, visite de grandes exploitations pratiquant le SD, expérimentation du SD dans une de leurs parcelles, etc. Seuls les temps de travaux et les coûts des opérations d'implantation du blé ont été mesurés pour trois parcelles en SD chez des agriculteurs expérimentateurs en 2012-2013. Ils ont été comparés aux références régionales pour le blé en culture conventionnelle (Mrabet et al., 2012). Ces mesures ponctuelles ont été faites avant tout pour appuyer des échanges entre les salariés de l'Union et les agriculteurs, pour améliorer les interventions de l'Union et les itinéraires techniques testés.

Résultats

Un itinéraire technique modifiant peu les pratiques des agriculteurs

Le SD mécanisé n'a pas posé de problème majeur aux agriculteurs expérimentateurs. Premièrement, les intrants nécessaires au système de culture SD sont présents chez les agro-fournisseurs de la région, car ils ne sont pas différents de ceux utilisés en culture conventionnelle. Même l'herbicide total est facilement

disponible car utilisé en arboriculture. Deuxièmement, les agriculteurs ont depuis longtemps recours à la prestation de service pour le semis mécanique carpeu d'exploitations familiales possèdent un tracteur et un semoir. Comme en culture conventionnelle, la qualité des prestations et plus particulièrement du SD, dépend des connaissances et du savoir-faire du tractoriste et du gestionnaire des équipements, mais aussi de l'implication de l'agriculteur dans le suivi des chantiers. Dans le cas du Projet Moyen Sébou, le tractoriste a été formé à l'utilisation du semoir SD et du pulvérisateur. Il reçoit l'appui de l'ingénieur de l'Union qui coordonne ses interventions et aide les agriculteurs à prendre leurs décisions en fonction des conditions d'humidité du sol, d'enherbement et de parasitisme des cultures. De même, le passage au système SD ne modifie pas les rotations qui restent basées sur la succession céréale//céréale//légumineuse. Les cultures principales demeurent le blé et la féverole.

Une organisation logistique complexe

L'Union doit composer avec les demandes d'adhérents cultivant en pluvial des superficies très différentes : un grand nombre de petites exploitations qui emblavent des parcelles souvent inférieures à 4 ha, dispersées dans son territoire d'action et quelques moyennes et grandes exploitations qui peuvent demander la prestation de SD sur 20 à 30 ha par an. De plus le semoir SD n'est utilisé que quelques semaines par an en novembre et décembre. Après plusieurs campagnes, un modèle organisationnel a été stabilisé, visant à semer le plus de surface possible avant le 1er décembre. Pour l'Union, il s'agit d'assurer suffisamment de recettes pour pouvoir entretenir les équipements et rémunérer le tractoriste une partie de l'année, le semis SD étant la principale source de revenu de la brigade motorisée. Les exploitations étant situées le long de la vallée du Sébou, les chantiers de semis commencent une année par l'amont de la vallée et l'année suivante par la partie aval, afin que tous puissent bénéficier des semis précoces une année sur deux. Pour limiter le temps de déplacement du matériel, les parcelles sont regroupées en lots d'intervention selon leur proximité. Par ailleurs, les agriculteurs s'engagent à être présents sur les parcelles pour faciliter le travail du tractoriste en manipulant les sacs d'engrais et de semences.

Coûts de production et intérêt économique

En optant pour le SD, l'agriculteur réalise en moyenne une économie de 800 Dh/ha pour l'implantation du blé par rapport au système conventionnel, ce qui équivaut à la valeur de 0,37 t de blé (soit environ 10 % du rendement moyen observé dans la région en

2013). Le gain de carburant est aussi conséquent (de 22 à 33 l/ha selon la pente et le type de sol) du fait de la réduction par deux du nombre de passages (tableau 2). Ce résultat est comparable à ceux obtenus dans d'autres situations au Maroc (Mrabet et al., 2012) et en France (Labreuche et al., 2011). Dans l'hypothèse d'un rendement équivalent à celui obtenu en culture conventionnelle, et sans considérer la valeur économique de la réduction de la dégradation du sol (moins d'érosion), le SD est économiquement rentable. Mais le contrôle des mauvaises herbes en début de cycle cultural est plus délicat après un SD. Il va dépendre de l'efficacité de l'épandage de l'herbicide total avant SD et du bon usage des herbicides sélectifs ensuite. Pour 80 % des agriculteurs interviewés, le labour demeure la technique qui permet le mieux de limiter l'enherbement à cette période du cycle des céréales, surtout quand le semis est réalisé après le 25 novembre.

La probabilité de pouvoir semer plus tôt en SD qu'en semis conventionnel est importante si l'utilisation collective du semoir SD est bien organisée. Dans ce cas, l'agriculteur peut alors espérer un gain de rendement (Jouve et Daouadi, 1984). Le SD précoce peut être obtenu par une intervention après les toutes premières pluies utiles, entre fin octobre et début novembre, voire en sol sec à cette période si les pluies sont tardives. Par ailleurs des problèmes de portance du tracteur et du semoir conventionnel se posent si des pluies importantes surviennent après le labour, surtout en sol argileux et en pente. Dans ce cas l'agriculteur doit attendre plusieurs jours que le sol soit ressuyé, ce qui peut l'amener à étaler les semis jusqu'en mi-décembre.

Les limites d'un itinéraire technique unique

De 2010 à 2012, l'Union avait opté pour un itinéraire technique SD unique, basé sur une date de semis après le 10 novembre. En année normale, les pluies précoces ou parasites (du 1er octobre au 10 novembre) favorisent la levée des adventices qui sont ensuite détruites par un herbicide total. Le SD est alors réalisé sur sol humide, juste après cet épandage (figure 2). Cet enchaînement des opérations culturales permet aux cultures de lever sans concurrence des mauvaises herbes. Mais en 2013, l'arrivée tardive des pluies durant la 3e décennie de novembre a remis en question la fonctionnalité de cet itinéraire technique. La majorité des agriculteurs ont demandé que le SD soit réalisé sur sol humide, après les premières grosses pluies, durant la 3e décennie de novembre et début décembre. Outre leur semis tardif, les cultures ont levé en même temps que les mauvaises herbes. Les

agriculteurs ont dû ensuite utiliser plusieurs fois différents herbicides sélectifs pour limiter l'enherbement, et certains ont même procédé à des arrachages manuels d'adventices. Un seul agriculteur a accepté le SD sur sol sec, sur 53 ha, mais il n'a pas voulu renouveler l'expérience en 2014, car le sol de la parcelle devant être en SD présentait un grand nombre de fissures pouvant causer la perte de semences. En 2014, la première pluie utile est tombée le 10 novembre et le SD sur sol sec aurait pu se pratiquer durant la 1re décennie de novembre. Mais un seul agriculteur a accepté de le faire sur 2 ha de blé et 1 ha de féverole (tableau 1). En utilisant le semoir uniquement en sol humide, les responsables de l'Union considèrent que la surface en SD pour les cultures pluviales d'automne ne peut pas dépasser 160 ha en année moyenne (jusqu'à 200 ha les années à pluviométrie précoce).

Les usages des résidus de culture

L'Union a avancé comme effet attendu du SD une amélioration progressive de la fertilité du sol par la réduction de l'érosion et l'amélioration de son taux de matière organique. Mais pour atteindre ce dernier objectif, il faut combiner les effets obtenus par une moindre perturbation du sol (non-labour) avec la couverture du sol, surtout en début de saison des pluies, et avec la transformation d'une partie des résidus laissés au sol en humus (Moussadek et al., 2011). L'observation des horizons de surface au moment du SD montre que la couverture du sol est assurée uniquement par les restes des chaumes de céréales. Leurs pailles et les fanes de légumineuses sont généralement récoltées et stockées à la ferme pour l'élevage bovin et ovin (fourrage grossier, litière), même si les agriculteurs cultivent souvent des fourrages irrigués en complément. Si l'agriculteur ne possède pas de bétail, la vente des pailles de céréales constitue un revenu substantiel : en 2013, pour un rendement moyen en grain de 3,5 t/ha, la valeur de la paille correspond à environ 40 % de la valeur du grain. Pour les familles modestes cultivant peu de terres ou s'adonnant uniquement à l'élevage, le troupeau ovin et quelques vaches constituent la principale source de revenu. Leur alimentation repose principalement sur la pâture : chaumes de céréales et restes de fanes de légumineuses laissés au champ, parcours et bordures des routes en période pluviale. À ces effectifs d'élevage permanent s'ajoute la présence temporaire des troupeaux ovins d'éleveurs nomades venant du Sud pour pâturer les chaumes de céréales en début d'été.

La pression de l'élevage sur les résidus de culture, vus comme des ressources fourragères, est très

importante et le maintien d'un mulch de paille sur le sol est quasiment impossible à réaliser durant l'intersaison (juin à novembre), à moins de clôturer les parcelles SD, ce qui serait trop coûteux. De plus, les agriculteurs expérimentateurs du SD considèrent qu'il n'est pas socialement acceptable d'interdire l'accès aux résidus laissés au champ (vaine pâture et/ou récolte des chaumes), surtout aux plus pauvres de la communauté. De ce fait, les agriculteurs et l'Union ont pour le moment renoncé à expérimenter l'AC avec couverture du sol par l'ensemble ou une partie des résidus de culture. Le partage de la biomasse de ces résidus entre l'alimentation des troupeaux et l'entretien de la fertilité des sols (couverture du sol mais aussi litière pour un fumier de qualité) est questionné dans toutes les situations de vulgarisation de l'AC en Afrique subsaharienne, au Maghreb et en Asie, en agriculture familiale où la polyculture-élevage est souvent la règle (Giller et al., 2009 ; Autfray et al., 2012 ; Djamen et al., 2013).

Discussion

Un modèle technique perfectible

Le système de culture SD mécanisé proposé pour la région du Moyen Sébou répond à deux des trois principes de l'AC : l'absence de travail du sol et la rotation des cultures avec le développement de la féverole, qui peut être semée avec le même semoir SD. Par contre, la couverture du sol est difficilement envisageable à court terme, du fait d'un prélèvement presque total des pailles et des chaumes pour l'élevage.

Selon les interviews, la motivation première des agriculteurs qui adoptent le SD est la réduction du coût d'installation des cultures ; vient ensuite la précocité du semis, qui a un effet sur le rendement. Mais pour atteindre cet objectif, les agriculteurs doivent d'une part acheter semences et intrants avant l'installation de la saison des pluies, ce qui n'est pas dans leurs habitudes (« nous attendons de voir si les pluies sont bien installées pour investir dans les champs ») et, d'autre part, il faut diversifier les modalités de SD. En effet, pour les cultures pluviales, le SD en sol sec est la seule modalité possible pour accroître la durée d'utilisation du semoir, la surface emblavée en SD et donc la rentabilité de la chaîne motorisée. Cependant, les agriculteurs ne sont pas encore convaincus de la fiabilité de cette pratique même si elle est courante dans les grandes exploitations de la plaine du Saïs (proche du Moyen Sébou). Par ailleurs, les agriculteurs n'envisagent pas, sauf cas de force majeure, de semer en décembre. Si l'équipement de SD n'arrive pas suffisamment tôt dans leur village (par exemple avant le 25 novembre),

ils peuvent renoncer au SD et faire appel en urgence à l'un des nombreux prestataires privés pour la préparation du sol et le semis conventionnel, ou semer manuellement à la volée. Enfin, pour accroître la rentabilité de l'équipement, le SD de certaines cultures irriguées en goutte à goutte est envisagé par l'Union (maïs, sorgho, légumineuses) car ce système d'irrigation (mobile) peut être installé après le SD et n'implique pas un planage précis des parcelles.

En termes de choix du semoir SD, les alternatives n'existent pas à ce jour mais la poursuite de la mise au point d'une gamme de semoirs plus légers, selon le prototype CEMAGREF (Vadon et Marionneau, 2012), demandant une puissance de traction de l'ordre de 65 CV, est à encourager, afin de réduire le coût d'investissement et de semer plus facilement en pente et sur de petites parcelles. Pour les zones de montagne où la motorisation n'est pas envisageable, un prototype de semoir SD à traction animale de faible largeur a été proposé par les mêmes concepteurs. Plus globalement, la mise au point de semoirs SD adaptés aux conditions de l'agriculture familiale est attendue dans plusieurs pays d'Afrique et d'Asie, afin de lever le verrou du SD manuel (très coûteux en temps de travail), ou du coût d'investissement dans un semoir de grande largeur en culture motorisée (Knowler et Bradshaw, 2007). Cela impliquera cependant un investissement de la recherche publique pour venir en appui aux équipementiers du secteur privé.

Accompagner le processus en cours

Le processus d'innovation s'enrichit de l'expérience acquise depuis quatre ans. Les échanges avec les responsables de l'Union et les groupes d'agriculteurs ayant pratiqué le SD permettent d'identifier les besoins d'accompagnement de ces producteurs.

Premièrement, des expérimentations de SD des cultures pluviales en sol sec et des cultures irriguées réalisées par les agriculteurs sur différents types de sol permettraient de préciser les conditions d'application de ces pratiques. L'adoption de ces modalités de semis augmenterait la rentabilité des équipements.

Deuxièmement, l'Union n'a pas élaboré un modèle économique précis permettant d'assurer elle-même le renouvellement des équipements actuellement utilisés. La conception de ce modèle constitue une perspective de recherche-développement intéressante à double titre :

-pour l'Union, afin de lui permettre de poursuivre l'expérience, voire de l'amplifier : à quel prix et pour quelle surface semée annuellement le service de

prestation de SD est-il rentable et durable ? À quelles conditions peut-elle acquérir une deuxième chaîne de travail si la demande en SD des agriculteurs augmente ?

-pour la conception des politiques publiques d'appui à l'équipement : comment faut-il orienter les aides de l'État en termes de mécanisation agricole ? Vers tous les agriculteurs, vers des collectifs de type CUMA ou vers des prestataires privés ? L'affectation et le montant des subventions aux matériels agricoles doivent-ils considérer la nature des opérations culturales, par exemple des pratiques plus respectueuses des ressources naturelles et de l'environnement ?

Troisièmement, un suivi plus précis des chantiers agricoles (semis, épandage d'herbicides, etc.) en termes de temps de travail effectif et de déplacements entre parcelles serait utile pour en améliorer l'organisation. Les premiers expérimentateurs et les responsables de l'Union sont convaincus de l'intérêt technico-économique du SD des cultures pluviales. Ils évaluent le gain de rendement en blé dû au SD entre 0,5 et 1 t/ha lorsque le contrôle de l'enherbement a été satisfaisant. Au-delà de ces appréciations, il convient de mesurer les effets des différents itinéraires techniques (AC, SD sans couverture du sol, conventionnel) pour un échantillon de parcelles, en particulier les rendements (grain et paille), les marges et l'évolution de la fertilité du sol et de l'érosion hydrique. Ces données seraient utiles aux organisations d'agriculteurs et aux techniciens du développement pour développer un argumentaire permettant la mise en place de politiques publiques en faveur de ce type d'innovation (Villemaine et al., 2012) et du renforcement de leurs capacités.

Actions collectives nécessaires à l'innovation

Au Moyen Sébou, l'adoption du SD par les petites et moyennes exploitations passe nécessairement par la gestion collective des équipements ou le développement de prestataires privés. Ceux-ci existent pour les travaux motorisés conventionnels (labour, semis, récolte, etc.). Le prix élevé du semoir SD (280 000 Dh pour une largeur de 2,20 m) et le bas niveau du plafond de subvention (35 000 Dh) pour tous les types de semoir n'incitent pas des prestataires privés à investir dans ce type d'équipement. Les organisations professionnelles agricoles du Maroc ont acquis une expérience dans la fourniture d'intrants, la vente groupée et la gestion de l'eau, mais l'utilisation de matériels en commun et les CUMA fonctionnelles sont rares. Dans le cas des chantiers de SD, l'organisation professionnelle doit composer avec le niveau variable de préparation d'un nombre important

d'agriculteurs (nettoyage des parcelles, achat à temps des intrants, présence effective au champ, etc.), les aléas pluviométriques ainsi que la dispersion et la faible taille des parcelles. Pour l'Union, cela implique de faire émerger des zones d'intervention en suscitant des demandes coordonnées d'un grand nombre d'agriculteurs afin de réaliser des économies de temps et de carburant pour le transport des équipements. L'action collective est aussi à développer pour que l'Union puisse organiser et contribuer aux trois domaines de recherche-développement identifiés, dans la mesure où elle ne bénéficie plus d'un ingénieur rémunéré via la Projet. Comment les agriculteurs peuvent-ils mobiliser une partie de leur temps pour prendre en charge des expérimentations, des suivis et des mesures au champ ? Comment peuvent-ils « enrôler » des compétences techniques et scientifiques locales pour les aider ?

Conclusion

Le Projet Moyen Sébou et l'Union des fédérations des associations d'usagers d'eau agricole ont privilégié une approche participative mobilisant des agriculteurs expérimentateurs et permettant une première évaluation de la faisabilité du SD et des gains de temps et d'argent obtenus avec cette innovation. Le modèle technico-économique et logistique du service de prestation SD proposé par cette organisation professionnelle peut être progressivement amélioré en fonction des succès et des échecs obtenus, de l'expérience acquise avec des conditions pluviométriques diverses en début de campagne agricole et de la progression des demandes des agriculteurs. Par contre, l'évolution du système de culture en SD en un système d'AC avec couverture du sol est complexe et peu envisageable du fait des enjeux économiques et sociaux autour de l'usage des résidus de cultures dans les exploitations de polyculture-élevage. Le renforcement de l'action collective apparaît important pour assurer la durabilité de cette expérience (meilleure organisation des chantiers, mise en place d'un suivi-évaluation, collaboration recherche-développement, etc.). Cette expérience sera utile pour d'autres initiatives au Maghreb visant l'amélioration des performances et de la durabilité des systèmes de culture en réduisant le travail du sol par l'adoption du SD, voire de l'AC. Pour cela, il convient de poursuivre la mise au point des techniques, mais aussi de l'action collective concernant l'utilisation des équipements en commun, notamment par l'extension de la période d'utilisation des outils (semis en sec des cultures pluviales, mise en place de cultures irriguées). De plus, l'élaboration de politiques d'accompagnement (dispositifs de conseil, recherche-développement, subventions) des

agriculteurs adoptant ces systèmes de culture plus durables apparaît indispensable pour passer d'expériences « projet » concernant peu d'agriculteurs à une diffusion large de ces systèmes.

Références bibliographiques.

[Autfray et al., 2012] Autfray P., Sissoko F., Falconnier G., Ba A., Dugué P. Usages des résidus de récolte et gestion intégrée de la fertilité des sols dans les systèmes de polyculture élevage : étude de cas au Mali-Sud. *Cahiers Agricultures*. 2012;21:225-234. 10.1684/agr.2012.0568 4

[Clerc, 1961] Clerc F. L'opération labour au Maroc. Bilan de trois campagnes. *Économie Rurale*. 1961;48:27-43. 1

[Corbeels et al., 2014] Corbeels M., De Graaff J., Ndah H.T., Penot E., Baudron F., Naudin K. Understanding the impact and adoption of conservation agriculture in Africa: a multi-scale analysis. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 2014;187:155-170. 10.1016/j.agee.2013.10.011

[Djamen Nana et al., 2013] Djamen Nana P, Dugué P, Mkomwa S, Benoît da Sansan J, Essecofy G, Bougoum H, et al., 2013. Conservation agriculture in West and Central Africa. In : Jat RA, Sahrawat KL, Kassam AH. Conservation agriculture global prospects and challenges. United Kingdom: CABI.

[El Gharras et Idrissi, 2006] El Gharras O., Idrissi M. Contraintes technologiques au développement du semis direct au Maroc. Troisièmes rencontres méditerranéennes du semis direct (Zaragoza) : CIHEAM. Options méditerranéennes : série A. Séminaires Méditerranéens. 2006;69:121-124.

[FAO, 2014] FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), 2014. CA adoption worldwide. <http://www.fao.org/ag/ca/6c.html> [Consulté le 15/12/2014].

[Giller et al., 2009] Giller K.E., Witter E., Corbeels M., Tittonell P. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view. *Field Crops Research*. 2009;114:23-34. 1

[Heusch, 1969] Heusch M. L'érosion dans le bassin du Sebou : une approche quantitative. *Revue Géographique du Maroc*. 1969;15:109-128.

[ICARDA, 2012] ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Area), 2012. Conservation agriculture: opportunities for intensified farming and environmental conservation in dry areas. Farmer experiences and potential for uptake in Iraq, Syria, Morocco and Tunisia. Research to Action 2.

[Jouve et Daouadi, 1984] Jouve P., Daouadi A. Effet de la date

de semis sur l'élaboration du rendement du blé tendre et de l'orge en zones semi-arides et arides. *L'Agronomie Tropicale*. 1984;39:216-227. 3

[Kadiri et al., 2009] Kadiri Z., Kuper M., Faysse N., Errahj M. Local transformation of a state-initiated institutional innovation: the example of water users' associations in an irrigation scheme in Morocco. *Irrigation and drainage*. 2009;58:S346-S357. 3 suppl <http://dx.doi.org/10.1002/ird.529>

[Kassam et al., 2012] Kassam A.H., Friedrich T., Derpsch R., Lahmar R., Mrabet R., Basch G. Conservation agriculture in the dry mediterranean climate. *Field Crops Research*. 2012;132:7-17. 10.1016/j.fcr.2012.02.023

[Knowler et Bradshaw, 2007] Knowler D., Bradshaw B. Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. *Food Policy*. 2007;32:25-48. 1

[Labreuche et al., 2011] Labreuche J., Lellahi A., Malaval C., Germon J.C. Impact des techniques culturales sans labour (TCSL) sur le bilan énergétique et le bilan des gaz à effet de serre des systèmes de culture. *Cahiers Agricultures*. 2011;20:204-215. 10.1684/agr.2011.0492

[Lahmar, 2010] Lahmar R. Adoption of conservation agriculture in Europe: lessons of the KASSA project. *Land Use Policy*. 2010;27:4-10. 1

[MAPM, 2012] MAPM (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche maritime), 2012. L'agriculture marocaine en chiffres. <http://www.agriculture.gov.ma/sites/default/files/agriculture-en-chiffres-2012.pdf>.

[Mrabet, 2001] Mrabet R. Le semis direct : une technologie avancée pour une agriculture durable au Maroc. *Transfert de Technologie en Agriculture*. 2001;76. <http://www.agrimaroc.net/bul76.htm>

[Mrabet et al., 2012] Mrabet R., Moussadek R., Fadlaoui A., Van Ranst E. Conservation agriculture in dry areas of Morocco. *Field Crops Research*. 2012;132:84-94.

[Moussadek et al., 2011] Moussadek R., Mrabet R., Zante P.M., Lamachère J., Pépin Y., Le Bissonnais Y. Effets du travail du sol et de la gestion des résidus sur les propriétés du sol et sur l'érosion hydrique d'un vertisol Méditerranéen. *Canadian Journal of Soil Science*. 2011;91:627-635. 4

[Vadon et Marionneau, 2012] Vadon B., Marionneau A. Le semis direct à l'essai (Maroc, Mali). *Afrique Agriculture*. 2012;2012:34-35.

www.calameo.com/books/0005163313ab6d35b076c

[Villemaine et al., 2012] Villemaine R., Sabourin É., Goulet F. Limites à l'adoption du semis direct sous couverture végétale par les agriculteurs familiaux en Amazonie brésilienne. *Cahiers Agricultures*. 2012;242-247. 10.1684/agr.2012.0576 21

CHAPITRE

L'EXPERIENCE DU NON LABOUR EN FRANCE (2001)

Du labour au semis direct : Enjeux agronomiques

Dossier réalisé à l'occasion d'une conférence-débat organisée par l'INRA en collaboration avec l'ITCF. Salon International du Machinisme Agricole. Mercredi 21 février 2001

La simplification des opérations de travail du sol, et notamment la suppression du labour, est un sujet d'actualité. Il est susceptible d'apporter des réponses aux exigences économiques (diminution des charges de mécanisation) et environnementales (lutte contre l'érosion, stockage du carbone, biodiversité) de l'agriculture actuelle. Mais sa réussite repose sur la maîtrise de différents facteurs agronomiques. Plusieurs équipes de l'INRA et de l'ITCF travaillent, souvent en commun, sur des thèmes qui s'y rattachent.

Le point réalisé à l'occasion du SIMA vise à exposer aux professionnels concernés : agriculteurs, conseillers, techniciens de firmes d'équipement ou de produits phytosanitaires... des recherches menées en France dans ce domaine et leur utilisation pour aider au raisonnement du travail du sol. Le sujet est très vaste et n'a évidemment pas pu être traité de manière exhaustive dans la demi-journée prévue. Les données présentées sont à rapprocher d'autres sources, et des interventions sur des thèmes non abordés ici pourront être organisées dans l'avenir. Ce point est également l'occasion d'un débat dans le but de comparer les travaux, les hypothèses et les expériences de chacun. Les textes rassemblés dans ce dossier sont ceux rédigés par les groupes de travail cités en signature, les intervenants sont indiqués en premier et seuls cités dans le sommaire. Ce ne sont pas des reproductions in extenso de leurs exposés mais un résumé ou un complément pour nourrir le débat. Ce ne sont pas non plus des publications scientifiques. La bibliographie est volontairement succincte, les autres références des recherches sont disponibles auprès des auteurs.

Nous souhaitons que cette conférence-débat en faisant mieux connaître les possibilités, mais aussi les risques, de la simplification du travail du sol contribue à la recherche de solutions pour faire face aux enjeux auxquels l'agriculture est actuellement confrontée.

L'équipe organisatrice

Guy Richard (INRA Laon)
Jean Roger-Estrade (INAPG/INRA Grignon)
Jean-Paul Bordes (ITCF Boigneville)
Coordonnateurs scientifiques
Céline Gottel (INRA Communication)
Patrick Tallon (INRA Communication)

Sommaire

Introduction "Cultiver sans labourer ?" Gilles Thevenet (ITCF) p. 3
Matières organiques et travail du sol Sylvie Recous (INRA) p. 5
Fonctionnement physique des sols cultivés : labour, non labour, structure et érosion Guy Richard p. 8
Rôle des lombriciens sur le fonctionnement des sols Daniel Cluzeau (CNRS) p. 10
Travail du sol et activités microbiologiques Rémi Chaussod (INRA) p. 14
Maîtrise du peuplement Jérôme Labreuche (ITCF) p. 16
Gestion de l'interculture, désherbage et protection des cultures Lionel Jouy (ITCF) p. 18
Enjeux économiques de la simplification du travail du sol Catherine Rieu (ITCF) p. 21
Peut-on et faut-il cultiver sans labourer ? Conclusion et introduction au débat Pierre Stengel (INRA) p. 23

Cultiver sans labourer ?

Gilles Thevenet, Directeur Scientifique de l'ITCF

Les raisons qui peuvent inciter à adopter les techniques culturales sans labour sont diverses : aspects économiques, organisation du travail, raisons agronomiques, environnementales... Des progrès significatifs ont été faits pour apprécier leur intérêt, qui dépend fortement des situations rencontrées et des problèmes à résoudre dans l'exploitation.

Le dernier colloque sur la simplification du travail du sol, co-organisé par INRA, le Cemagref et l'ITCF date de 1991. C'est donc dix ans après que nous vous proposons de faire un état des lieux des avancées techniques sur ce sujet.

Depuis cette époque, le contexte a évolué sur plusieurs plans et tout d'abord celui des motivations qui poussent certains agriculteurs à changer leurs techniques de travail du sol.

Des raisons diverses

Aspect économique et organisation du travail

L'intérêt des agriculteurs pour les techniques simplifiées s'est amplifié avec la pression des contraintes économiques. La recherche de techniques de production moins coûteuses et souvent plus rapides est sans doute l'un des arguments les plus forts dans l'adoption des techniques sans labour (TSL). Il ne faut cependant pas s'y tromper ; si l'aptitude des TSL à baisser les coûts de production est unanimement reconnue, le résultat final dépend de la façon dont elles sont mises en œuvre sur l'exploitation. Pour valoriser pleinement les TSL il est souvent nécessaire de repenser le système d'exploitation dans son ensemble : l'organisation du travail, les techniques culturales, les chantiers, l'équipement... On comprend alors aisément le besoin d'information que génère l'adoption des TSL au niveau d'une exploitation.

Raisons agronomiques

Il ne faut pas oublier que d'autres motivations peuvent être à l'origine de cette évolution des techniques et en particulier des raisons agronomiques comme :

- la difficulté de maintenir le labour dans certains milieux (sols usants, terres caillouteuses...);
- le souhait de maintenir un niveau de matières organiques élevé à la surface du sol dans les terres à structure fragile ou sensibles à la battance.

Raisons environnementales

Plus récemment sont apparues en France des motivations plus environnementales comme le souci de limiter les phénomènes d'érosion hydrique. Notons que

dans certains pays, la lutte contre les risques d'érosion hydrique ou éolienne est une des principales raisons de l'application du semis direct. À ce sujet, les récents événements qui ont ponctué l'actualité dans le domaine des catastrophes naturelles (inondations en Bretagne, coulées de boue en Normandie...) posent de façon récurrente la question de l'impact des techniques culturales - et plus largement de l'agriculture - sur la circulation de l'eau.

L'impact sur le stockage de carbone dans le sol peut aussi être signalé. À titre d'information, sur l'essai de travail du sol longue durée, en place depuis 30 ans sur la station ITCF de Boigneville, l'augmentation de carbone stocké après 28 ans sans labour est de 5 t/ha. Cette augmentation est obtenue durant les 20 premières années, le stock étant ensuite stable (45 à 46 t/ha dans notre cas), et correspond donc en moyenne à + 250 kg/ha/an de carbone stocké (soit environ 1 t de CO₂/ha/an).

L'interaction entre les modalités de travail du sol et le comportement des produits phytosanitaires (efficacité, devenir des résidus liés, lessivage...) reste encore un domaine à approfondir, avant de conclure sur l'intérêt des TSL face à cette question.

Autres raisons

Enfin, à tout cela, il faut ajouter les effets de mode ou d'entraînement qui sont loin d'être négligeables...

Une technique en (de ?) progrès

Il n'existe pas de statistiques récentes permettant d'évaluer le niveau de pénétration des TSL dans les exploitations agricoles en France. Divers éléments nous amènent à penser que le semis sans labour représente environ 30% des blés et près de 40% des colzas, mais la répartition sur le territoire est très variable : plus de 50% des blés en Midi-Pyrénées et moins de 5% en Bretagne (ces statistiques regroupent les pratiques occasionnelles et les pratiques continues du non-labour). Cela signifie que les agriculteurs ne partagent pas le même niveau d'expertise sur le sujet. Certains les pratiquent déjà depuis plusieurs années alors que d'autres les découvrent. Les plus expérimentés ont certainement un parcours riche d'expériences qui mérite d'être partagé à l'occasion d'un colloque comme celui-ci : qu'ils n'hésitent pas à

s'exprimer et à faire part de leur vécu.

Depuis le début des années 1990, l'offre de matériels adaptés aux TSL a beaucoup évolué. D'abord en nombre puisque l'on compte aujourd'hui plus d'une vingtaine de semoirs adaptés au semis direct (le SIMA est l'occasion de les découvrir !) alors que le choix était limité à quelques exemplaires au début de cette période. Ensuite, la diversité des technologies utilisées est aujourd'hui un facteur de développement de ces techniques (semis direct à disques, à socs, semis dans le flux de terre, semis sous mulch...). Cette évolution technologique offre de nouvelles perspectives mais pose également de nouvelles questions : quel est le type de matériel le plus approprié à ma situation ?

Les connaissances agronomiques sur les modalités de mise en œuvre des TSL ont aussi, et fort heureusement, évolué. On est encore loin de tout savoir, mais il est vrai que l'on sait mieux gérer aujourd'hui certaines spécificités liées aux TSL. On a appris, souvent à nos dépens, que la suppression du labour avait des répercussions sur la flore, le comportement des herbicides, la faune, les pathogènes... On sait mieux appréhender aujourd'hui la gestion des résidus de cultures et le désherbage d'interculture. Tous ces progrès dans le domaine agronomique nous permettent d'anticiper les évolutions du système de culture et d'éviter les erreurs (parfois fatales) que nous pouvions faire dans le passé. Aujourd'hui la question n'est plus "pour ou contre les TSL ?" car nous en connaissons les avantages et les inconvénients, mais "comment placer les TSL dans les meilleures conditions de réussite ?"

Il ne faut pas confondre "techniques simplifiées" et "techniques simples"

Tous ceux qui ont franchi le cap du non-labour sont assez d'accord pour dire que la mise en œuvre des techniques sans labour est d'abord une épreuve personnelle. Il faut en effet perdre ses habitudes, se

remettre en cause, réapprendre à cultiver avec d'autres points de repère, se forger une nouvelle expérience sous le regard parfois amusé de quelque voisin irréductible laboureur. Par-delà les difficultés liées à un profond changement de raisonnement agronomique, c'est aussi une formidable occasion de progresser sur le plan technique.

L'INRA et l'ITCF présentent en collaboration les dernières avancées en matière de simplification du travail du sol. Ces avancées s'appuient sur des expérimentations et des travaux rigoureux, mis en place et suivis depuis plus de 30 ans pour certains d'entre eux.

La présentation objective de ces résultats – mission première des Instituts - devrait contribuer à éclairer un débat, - parfois passionnel - visant à toujours mieux raisonner le travail du sol.

Et pour conclure : ne pas confondre moyens et objectifs

Malgré tout, ce serait une erreur de considérer la suppression du labour comme un objectif en soi. Bien des situations justifient encore l'usage de cette pratique. C'est plutôt sous l'angle d'un nouveau moyen capable d'apporter des solutions à un problème donné qu'il faut considérer les TSL. Employées à bon escient, elles peuvent ouvrir de nouvelles perspectives pertinentes pour l'agriculture du troisième millénaire, dont chacun s'accorde à dire qu'elle sera durable ou ne sera pas.

À l'instar des stars, le sol, cet épiderme de notre vieille planète Terre, mérite bien lui aussi quelques soins de beauté !

À nous de bien les choisir !

Matières organiques et travail du sol

Sylvie Recous (INRA Laon)

François Laurent (ITCF Boigneville)

Le travail du sol conditionne fortement la dynamique des matières organiques. La minéralisation, les stocks et la distribution verticale du carbone sont en effet en relation directe avec la nature et la répartition des résidus de récolte dans les profils.

Les effets du travail du sol sur la dynamique de la matière organique du sol ont été étudiés depuis longtemps pour leurs conséquences en matière de propriétés physiques, érosion, fertilité, pertes de nutriments. Plus récemment, les préoccupations en

matière d'émissions de gaz à effet de serre ont conduit les scientifiques à examiner le potentiel des sols à stocker du carbone organique, en particulier sous l'influence des pratiques culturales.

Il existe une forte interaction entre les pratiques de travail du sol et la dynamique des matières organiques du sol. Le travail du sol (ou le non travail) détermine les modalités d'incorporation et de décomposition des matières organiques fraîches retournant au sol (par sénescence ou à la récolte). Ces matières organiques en décomposition modifient en retour les propriétés physiques du sol et en particulier sa structure. On ne peut donc dissocier aisément les effets du travail du sol sur la décomposition des matières organiques fraîches et les effets affectant la structure du sol et ses propriétés.

Répartition et contact des résidus végétaux avec le sol

Le travail du sol détermine plusieurs facteurs : la localisation initiale des résidus de récolte et il influence par conséquent la quantité de résidus laissés à la surface du sol (et la proportion restant dressée ou couchée), la quantité de matière organique fraîche incorporée, la profondeur d'incorporation et la distribution spatiale des résidus. Indirectement, la localisation initiale détermine donc les conditions physiques (température, humidité) auxquelles les résidus sont soumis lors de leur décomposition et donc la vitesse de décomposition. La distribution spatiale des résidus de culture incorporés par le travail du sol est généralement mal connue bien que le sol environnant les racines, les micro-organismes et les flux d'eau puissent être considérablement affectés. La présence ou l'absence de résidus en mulch à la surface ou l'accumulation de paquets de résidus modifient en effet de nombreux facteurs physiques tels que la vitesse du vent (à la surface du sol), la teneur en eau du sol, la température du sol et la teneur en azote dans la couche de sol dans laquelle les résidus sont incorporés. La croissance microbienne et sa décroissance au cours de la décomposition des résidus affectent aussi les propriétés physiques du sol, en particulier l'agrégation.

De nombreux facteurs biologiques et abiotiques contrôlent la décomposition des matières organiques. Un des facteurs modifié par le travail du sol est le "contact" entre les résidus végétaux et le sol. Le contact résidus-sol dépend des caractéristiques intrinsèques des résidus (quantité, morphologie, composition biochimique), des fragmentations consécutives aux opérations de récolte et de travail du sol, et enfin de la localisation initiale des résidus. Plus le contact est intime, plus la décomposition est rapide, probablement en raison d'une colonisation par les décomposeurs qui serait facilitée et d'une humidité souvent plus favorable (travaux de Recous, Chenu et collaborateurs). L'autre facteur important est la disponibilité en azote, élément indispensable à la

croissance des micro-organismes décomposeurs. Dans le cas de résidus contenant peu d'azote (ex. les pailles de céréales), l'essentiel des besoins en azote est couvert par l'azote minéral du sol fourni par la couche dans laquelle les résidus sont incorporés. Un contact limité résultant d'une localisation en surface ou d'une distribution hétérogène conduit généralement à un ralentissement de la décomposition dû à une limitation de la disponibilité de l'azote des micro-organismes. Ces facteurs (contact, disponibilité en azote) dépendent des caractéristiques initiales des résidus : les résidus riches en azote ou facilement fermentescibles sont beaucoup moins dépendants de la qualité du contact avec la matrice du sol et de la disponibilité en azote. Le broyage modifie la taille des résidus, augmente leur surface de contact avec le sol, et améliore la distribution de ces résidus dans ou à la surface du sol. Il altère aussi l'intégrité des parois végétales, améliorant la dégradabilité des tissus végétaux par les organismes vivants.

Les essais portant sur la décomposition de pailles de blé laissées à la surface du sol jusqu'au labour au printemps ou incorporées dès la récolte montrent que les pailles non incorporées (soit en mulch à la surface, soit non déchaumées) sont très peu décomposées en période automnale pour les raisons évoquées ci-dessus. Seule la fraction soluble de leurs composés peut être lessivée par les pluies et entraînée dans le sol pour y être décomposée. Ceci n'est pas vrai pour des résidus très fermentescibles comme les feuilles sénescentes de colza par exemple qui subissent une décomposition intense malgré l'absence d'incorporation. Les effets de l'incorporation et la fragmentation liés au travail du sol ne peuvent donc être analysés indépendamment de la nature biochimique et physique des résidus végétaux.

Les stocks de matière organique des sols augmentent globalement en non-labour

Les essais menés sur le site de Boigneville par l'ITCF et l'INRA (cf. Travaux de Balesdent et collaborateurs) ont permis d'étudier comparativement les effets du passage d'un système de travail du sol (labour) à un système simplifié (travail superficiel ou semis direct) sur la répartition des matières organiques et leur évolution. Après 28 années d'expérimentation, un léger accroissement du stock de matière organique (+ 7%) comparé au stock initial dans le traitement avec labour et restitution des résidus de récolte est constaté. Le travail superficiel et le semis direct conduisent à une plus forte accumulation de matière organique dans le sol qu'avec le labour : elle est respectivement de +14% et +13% du stock initial. Le passage à des techniques simplifiées s'accompagne d'un changement radical du

mode de restitutions des résidus, comme nous l'avons vu, ce qui modifie la dynamique d'évolution des matières organiques. Le rapport Carbone/Azote (C/N) de la couche de surface s'accroît en raison de l'augmentation de matière organique particulaire. L'utilisation du traçage isotopique montre que ce changement de rapport C/N résulte de l'accumulation accrue de carbone récent en non-travail du sol. Des synthèses d'essais comparant les stocks de matière organique sous différents régimes de travail du sol, principalement aux Etats-Unis, montrent également que les stocks de matière organique sont en moyenne plus élevés sans travail du sol mais cette augmentation est relativement limitée.

La localisation de la matière organique est très modifiée par les techniques de travail du sol

L'effet majeur du changement de pratiques de travail du sol est principalement une modification dans la localisation du carbone organique, avec un gradient très prononcé dans les situations sans travail du sol. Sur l'étude de Boigneville (travaux de Balesdent et collaborateurs) ce gradient très fort est observée dans les 8 premiers centimètres, alors qu'il n'y a pas de différences observées en dessous de 15 cm. En effet, dans le traitement "semis direct", plus de 50% du carbone récent se trouve dans les 4 premiers centimètres et seulement 20% se trouvent en dessous de 25 cm, alors que le carbone est réparti de manière homogène dans la couche travaillée pour le traitement "labour". En raison des fortes différences constatées dans la localisation du carbone récemment incorporé, on peut attendre de profondes différences dans la distribution des activités biologiques, la dynamique de biodégradation des matières organiques fraîches, la respiration du sol, l'immobilisation d'azote (cf. synthèse de R. Chaussod, ce document). En semis direct, les propriétés physiques du sol sont en surface localement plus affectées par la dégradation des matières organiques qui sont concentrées. Pour les situations sans labour, les biotransformations des matières organiques localisées dans les tous premiers centimètres du sol, sont donc davantage sous la dépendance des fluctuations des facteurs climatiques (teneur en eau et température des couches de surface). La matière organique étant localisée en surface, le risque de perte de matière organique du sol en cas d'érosion est accru.

Les modalités de travail du sol affectent la minéralisation des matières organiques

Le travail du sol influence aussi la dynamique des matières organiques du sol à travers les modifications

des conditions climatiques (température, teneur en eau, etc.) et l'action mécanique régulière exercée sur la structure du sol. Le travail du sol "casse" la structure du sol et expose ainsi la matière organique, auparavant protégée, à la minéralisation. La plupart des études portant sur la mise en culture d'écosystèmes naturels (forêts, prairies naturelles) ont montré une décroissance très rapide de la teneur en carbone organique des sols dans les premières années consécutives à la déforestation ou à la mise en culture de prairies. Les études cinétiques basées sur l'utilisation de l'abondance naturelle de carbone ¹³ ont conduit à définir des compartiments de matière organique qui sont "déprotégés" par le travail du sol (travaux de Balesdent et collaborateurs). Ceci repose sur le concept de "protection physique" de la matière organique par la matrice minérale du sol. Différentes études ont permis de montrer que certaines fractions de matière organique (fraction particulaire notamment) étaient plus sensibles aux pratiques culturales de travail du sol que le carbone ou l'azote total du sol.

Une augmentation de la vitesse de décomposition de la matière organique par le travail du sol a été en effet constatée : à l'aide du traçage C¹³, sur l'essai de Boigneville, on a montré que la vitesse de décomposition de la matière organique native du sol calculée sur 17 ans était deux fois plus rapide en présence de travail du sol comparé au semis direct. En appliquant un modèle de simulation des stocks de carbone aux données observées sur l'essai de Boigneville, il a été possible de conclure que la vitesse de minéralisation de la matière organique du sol varie selon les traitements et est plus importante dans le cas du labour (travaux de Wylleman et collaborateurs). Cela confirme que le passage aux techniques simplifiées de travail du sol s'accompagne d'une diminution de la vitesse de minéralisation. Le taux d'humification varie également : il semble plus faible dans le traitement "semis direct" que dans les autres traitements. L'absence de travail du sol se traduirait donc par une forte diminution du coefficient d'humification. L'humification des résidus laissés en surface pourrait être différente de celle des résidus enfouis parce que la concentration en azote minéral au voisinage des résidus est plus faible dans le traitement "semis direct" ou parce que la dégradation par les champignons serait favorisée.

Pour en savoir plus :

Balesdent J. (1997) Un point sur les matières organiques des sols. Numéro spécial "Le sol, un patrimoine à préserver". Chambres d'Agriculture, supplément au n° 856, juin 1997, 17-22

Laurent F., Eschenbrenner G. (1995) Dynamique

de l'azote : L'effet des résidus de culture et du travail du sol. Perspectives agricoles, numéro spécial "Azote et Interculture" 206, 20-29.

Recous S., Darwis D., Robin D., Machet J.M. (1993) Décomposition des résidus de récolte. Interactions avec la dynamique de l'azote. in "Matières organiques et agricultures" Decroux J. et Ignazi J.C. éditeurs, COMIFER-GEMAS, 3-15.

Wylleman R., Mary B., Machet J.M., Guerif J. (1999) Caractérisation et modélisation de l'évolution des stocks de matière organique des sols de grande culture en Picardie. Rapport d'étude, Union Régionale des experts agricoles, fonciers et immobiliers de la France et de la Chambre régionale d'agriculture de Picardie, INRA Laon-Péronne, 99 pages + annexes

Fonctionnement physique des sols cultivés : labour, non-labour, structure et érosion

Guy Richard (INRA, Agronomie Laon),
Jean Roger-Estrade (INA PG/INRA, Agronomie Grignon)
Isabelle Cousin (INRA, Science du Sol Orléans),
Jérôme Labreuche (ITCF, Agro-équipement Boigneville)

Peut-on maintenir un état physique favorable à la production végétale en limitant les opérations de travail du sol, voire en les supprimant ? Quels sont les effets sur l'érosion hydrique ? Les réponses ne sont pas les mêmes partout.

Sur le plan de la productivité de l'agriculture, les objectifs du travail du sol sont d'assurer la mise en place des cultures et le fonctionnement du système racinaire, de favoriser la circulation de l'eau et de l'air dans le sol et de limiter les infestations de mauvaises herbes. Le labour joue un rôle important pour l'atteinte de ces objectifs, en particulier par son action sur la structure du sol, même si sa pratique comporte certains risques (par exemple la création d'une semelle lorsqu'il est pratiqué en conditions humides). La simplification du travail du sol, qui peut se traduire par la suppression systématique du labour, amène donc à se poser une première question : peut-on maintenir un état physique favorable à la production végétale tout en limitant les opérations de travail du sol, voire en les supprimant ? D'un autre côté, le fait de ne pas retourner le sol est souvent présenté comme un moyen de se prémunir contre l'érosion hydrique : une seconde question est alors de savoir dans quelles conditions cette action est vraiment efficace.

Suppression du labour et évolution de la structure du sol

Les essais de longue durée sur la simplification du travail du sol, menés par l'ITCF en France depuis les années 1970, montrent que les situations non labourées présentent, après quelques années, un sol dont l'état structural se caractérise par une porosité structurale plus faible qu'en situation régulièrement labourée. Cette porosité est essentiellement d'origine climatique et biologique. Ce nouvel état structural du sol, caractérisé par un niveau moyen de la porosité, diffère d'un site à l'autre alors que les systèmes de culture pratiqués sont quasiment identiques (à base de maïs et de blé).

Ceci étant, l'examen des courbes d'évolution de la

porosité structurale révèle des fluctuations entre années autour de ce niveau moyen de porosité : certaines années, la diminution de porosité est plus forte que son augmentation, du fait de compactages sévères lors des passages d'engins agricoles et/ou lorsque l'intensité de la fissuration est faible. Le phénomène inverse peut également être observé, lorsque le climat permet une régénération importante de la porosité et/ou que les compactages sont peu intenses. On peut penser que cet état d'équilibre apparent de la structure cache également des fluctuations intra-annuelles : un compactage lors d'une récolte par exemple entraîne une baisse brutale de la porosité alors que l'action de régénération du climat ou de la faune est plus progressive.

Ces fluctuations de la porosité sont faibles (de l'ordre de quelques %), mais elles peuvent avoir des répercussions importantes en terme d'infiltration, entraînant l'apparition d'excès d'eau ou du ruissellement après tassement. Ainsi, malgré une meilleure portance en situation régulièrement non labourée, les conséquences d'un roulage en conditions humides peuvent avoir des effets négatifs importants, équivalents à ceux observés dans les parcelles labourées.

La prévision de l'état structural moyen en situation non labourée n'est donc pas suffisante pour évaluer les risques liés à une suppression définitive du labour. Il faut également prévoir la dynamique d'évolution de la structure au cours du temps, entre années (en fonction des cultures de la succession) et pour une année donnée (au cours de l'interculture ou pendant les différentes phases du développement du peuplement végétal).

Cela suppose, dans un milieu donné, de :

- prévoir les effets du compactage sur la porosité fissurale et biologique ; limiter le tassement des sols devient un objectif majeur en système simplifié, où les actions de fragmentation par les outils de travail du sol sont, par définition, limitées ;
- prévoir la vitesse à laquelle le climat, la faune ou les racines régénèrent les états dégradés ;
- évaluer l'impact des états structuraux particuliers créés en non-labour sur le fonctionnement des peuplements (enracinement) et l'environnement (infiltration de l'eau).

Suppression du labour et maîtrise de l'érosion hydrique

Les effets de la simplification du travail du sol sur l'érosion hydrique sont multiples, et parfois contradictoires. La couverture du sol par les résidus de culture, l'accumulation de carbone lié dans les premiers centimètres du sol et l'augmentation de la cohésion du sol sont favorables à la lutte contre l'érosion hydrique. Mais la diminution de la rugosité de surface peut entraîner des risques accrus de ruissellement. Si l'on considère une situation pour laquelle on a atteint un état d'équilibre : non travail pratiqué depuis plusieurs années en conditions favorables (tassements limités) et avec une protection significative du sol par les résidus de culture, les effets de la simplification sur les risques d'érosion sont généralement positifs.

Mais on ne peut aborder cette question sans tenir compte de l'existence des fluctuations inter et intra-annuelles qui sont liées au fait que des cultures différentes se succèdent sur les parcelles cultivées et que les variations des conditions climatiques au moment des périodes d'interventions culturales entraînent des effets variables de celles-ci sur le sol. Certaines cultures produisent peu de résidus (pois, betterave, pomme de terre, maïs ensilage) et l'effet bénéfique du mulch vis-à-vis de l'impact des gouttes de pluie ou de frein au ruissellement est alors perdu. De mauvaises conditions climatiques, en particulier lors des récoltes pendant lesquelles les compactages sont les plus intenses, peuvent entraîner des tassements

importants réduisant fortement l'infiltration de l'eau. Le ruissellement est alors favorisé, accroissant ainsi les risques de formation de ravines dans les parcelles situées en aval. Un décompactage s'avère nécessaire. Réalisé en labourant, le bénéfice de l'accumulation du carbone en surface des années précédentes est perdu. D'autres outils qui permettent de fragmenter les horizons travaillés en profondeur sans retourner le sol existent, mais leur efficacité est limitée lorsque l'humidité du sol est élevée.

Conclusion

À la suppression du labour est souvent associé un état physique du sol qui ne pénalise pas les cultures et qui est efficace pour limiter l'érosion hydrique. En fait, il y a des fluctuations intra et inter-annuelles de l'état structural des trente premiers centimètres du sol qui peuvent limiter l'infiltration de l'eau, voire l'enracinement des cultures. Leur amplitude est à évaluer en fonction du type de sol, du climat et des systèmes de culture (rotation, équipement, dates de semis et de récolte). Prévoir les conséquences de la suppression du labour sur le fonctionnement physique du sol revient donc à prévoir la dynamique d'évolution de la structure du sol en tenant compte des interventions culturales successives. Par rapport à l'érosion hydrique, cette dynamique doit être analysée en tenant compte de la position de chacune des parcelles constitutives d'un bassin versant. Si d'un point de vue physique, l'agriculteur dispose d'un large choix de modalités de travail du sol dans certaines conditions pédologiques, climatiques et culturales, il doit aussi tenir compte des autres fonctions du travail du sol : réussite du semis, lutte contre les adventices, parasites et ravageurs, et diminution de l'emploi de pesticides.

Pour en savoir plus :

Les rotations céréalières intensives. Dix années d'études concertées (1986). INRA-ONIC-ITCF 1973-1983. INRA éditions, Paris.

Perspectives Agricoles (1991) Dossier "Simplification du travail du sol", n° 161-162.

La structure du sol et son évolution : conséquences agronomiques, maîtrise par l'agriculteur (1990) Boiffin J., Marin-Laflèche A., éditeurs, Les colloques de l'INRA n° 53. INRA éditions, Paris.

Simplification du travail du sol (1994) Monnier G., Thevenet G., Lesaffre B., éditeurs. Les colloques de l'INRA n°65. INRA éditions, Paris.

Le rôle des lombriciens sur le fonctionnement des sols.

Daniel Cluzeau¹, Vincent Hallaire² & Jean-Marie Bodet³,

(1) Université de Rennes 1, Station Biologique daniel.cluzeau@univ-rennes1.fr.

(2) INRA Unité Sol et Agronomie Rennes-Quimper, hallaire@roazhon.inra.fr.

(3) ITCF, Service Techniques de Production, Station Expérimentale de la Jaillièrre, jmbodet@itcf.fr.

Impacts des pratiques agricoles

Les populations de lombriciens sont influencées par les pratiques culturales (labour ou non labour, utilisation de produits phytosanitaires...). Elles ont aussi une relation avec la microfaune du sol et la dégradation de la matière organique, et agissent sur la structure du sol.

Aperçu sur le fonctionnement macrobiologique des sols

Dans les agro-écosystèmes de l'Europe de l'Ouest, l'intensification des itinéraires culturaux en terme de travail mécanique du sol, protection phytosanitaire des cultures, rotations culturales simplifiées, des retours de matières organiques très variables selon les systèmes de production, a parfois conduit à des constats de la dégradation de ces écosystèmes. Parmi les altérations de ces agro-écosystèmes, la diminution des activités lombriciennes dans ces sols pourrait entraîner une perturbation de l'état structural du sol et du recyclage de la matière organique (Cluzeau & al, 1987 ; Cluzeau & al, 1990,...). La question actuelle est de savoir dans quelles mesures les fonctions essentielles à la conservation des sols, à savoir les fonctions liées à la décomposition de la matière organique, à la structuration du sol et à l'humification, sont liées à la diversité biologique et en particulier, à la diversité spécifique ou fonctionnelle de la communauté lombricienne ?

Le rôle de la diversité sur le fonctionnement des sols des agrosystèmes peut être abordé au travers des communautés lombriciennes. En effet, les peuplements de vers de terre ont la particularité de présenter une diversité fonctionnelle importante et relativement bien caractérisée sur le plan écologique et biologique. Actuellement, les quelques 100 espèces et sous-espèces inventoriées sur le territoire métropolitain par Bouche (1972) occupent des fonctions différentes avec des préférences alimentaires ainsi que des impacts sur la structure du sol et le cycle de divers nutriments. Trois à six groupes fonctionnels ont été définis par différents auteurs, chacun de ces groupes comprenant plusieurs espèces (catégories écologiques, épigées, anéciques et endogées, de Bouche en 1977 et de Lavelle en 1987).

Les lombriciens développent des relations mutualistes avec la microflore lors du passage dans leur transit intestinal et seraient par la même occasion des régulateurs importants de l'activité microbienne (Lee, 1985).

Ces organismes ingèrent et brassent de la matière organique et de la matière minérale du sol. Les boulettes fécales ainsi créées sont des composants importants de la structure des macroagrégats qui permettent la formation de structures stables. Ces

organismes sont à l'origine de grandes structures, comme les réseaux de galeries ou de chambres qui ont un impact sur la porosité, l'agrégation et la densité du sol.

Les déjections lombriciennes présentent des caractéristiques biologiques, physiques et chimiques différentes du sol environnant. Cependant, ces caractéristiques dépendent fortement des espèces lombriciennes étudiées (Blanchart & Julka, 1997) ainsi que des conditions environnementales (e.g. texture du sol, disponibilité et qualité de la matière organique).

D'autre part, les lombriciens modifient le transfert des nutriments dans le sol. Les structures formées par les vers de terre (périphérie et lumière des galeries, turricules) sont plus enrichies en azote (Binet, 1993) et en carbone (Jégou, 1998). Les macropores du sol, principalement créés par le réseau de galerie des lombriciens, contribuent fortement en milieu tempéré à l'aération et au drainage du sol. (Aina, 1984; Kretzschmar, 1989, Jégou & al, 1998 a & b).

Certains de ces rôles ont déjà été décrits et validés par nos travaux précédents sur le vignoble de Champagne principalement mais aussi sur des vignes de Bourgogne (Cluzeau & al, 1990 & 1994 ; Peres & al, 1998).

Conséquences des pratiques culturales sur les états macrobiologiques des sols agricoles

Globalement, certaines pratiques sont reconnues comme dégradant les communautés lombriciennes, autant en abondance d'individus qu'en nombre d'espèces (intensité de compactage, profondeur de labour, brûlage des pailles, protection phytosanitaire...) ; à l'inverse, certaines sont considérées comme améliorant ou restaurant ces communautés (travail du sol minimum, couvert végétal d'interculture, apport d'amendements organiques...) . Toutefois, pour pouvoir préciser mieux les conséquences des activités agricoles sur les communautés lombriciennes, il faut prendre en compte la complexité naturelle des sols associée à un pouvoir-tampon plus ou moins important ainsi que la diversité des combinaisons de pratiques culturales.

Dans le cadre de la mise en œuvre d'une agriculture respectueuse de son capital-sol, la mise au point d'itinéraires techniques efficaces pour ces communautés nécessite des travaux à moyen terme sur

des parcelles expérimentales où sont évalués, soit des pratiques culturales (comparaison des programmes de protection fongique...), soit des itinéraires techniques (comparaison lutttes classiques / lutttes intégrées...), soit des systèmes de production (comparaison systèmes classiques / intégrés / agrobiologiques). Un des exemples les plus pertinents actuellement en France est le programme Viti 2000 mis en place par le Comité Interprofessionnel des Vins de Champagne (CIVC d'Épernay) dans lequel les différents compartiments biologique et structuraux du sol sont étudiés au même titre que les données classiques agro-viticoles et œnologiques (Descotes & al, 1998).

L'étude des modes d'entretien de sols viticoles montre une diminution du nombre de lombriciens en passant du désherbage mécanique au désherbage chimique total (sol nu). Toutefois, la limitation du désherbage au rang de vigne associé à l'installation d'un enherbement maîtrisé sur l'inter-rang entraîne une augmentation très importante de l'abondance lombricienne ; ainsi, certaines espèces apparaissent favorisées par l'abandon du travail mécanique du sol, en particulier *Lumbricus terrestris* dont les galeries permanentes sont régulièrement détruites par le travail superficiel du sol.

Il convient donc de s'interroger sur les conséquences fonctionnelles de cette modification des abondances totale et spécifique lombricienne, en terme de recyclage des matières organiques (redistribution du carbone et de l'azote) et de structuration du sol (porosité et circulation des fluides).

En grandes cultures, peu de travaux scientifiques ont été réalisés en France sur l'évolution des communautés lombriciennes soumises à une diminution des travaux mécaniques du sol avant semis. Par contre, l'Université de Giessen en Allemagne a réalisé un travail conséquent permettant d'associer l'évolution des abondances numérique et pondérale à celle des traits morphologiques liés aux activités lombriciennes (galeries...). Le passage d'un régime de semis sur labour à un régime de semis sur travail superficiel ou de semis direct a notablement augmenté le volume des galeries de vers de terre ainsi que celui des rejets de vers de terre en surface (turricules) dans des successions de cultures annuelles (colza, betteraves à sucre, maïs, céréales d'hiver) pratiquées sous climat continental sur des sols de limons profonds. C'est ainsi que le volume des galeries de vers de terre est multiplié respectivement par un facteur 2.5 (travail superficiel) ou 11 (semis direct) et la masse des rejets de vers de terre par un facteur 2.5 (travail superficiel) ou 8 (semis direct).

Pour ce qui est de la structure, la réduction du travail du sol se traduit en quelques années par une amélioration de la stabilité de la structure (Haynes & al., 1991 ; Carter, 1992 ; Haynes, 1999 ; Beare & al., 1994 ; Haynes, 2000). Les changements de stabilité de la structure peuvent être détectés dès 2 à 3 ans après le changement de pratique culturale.

Des travaux suisses confirment ce rôle des différentes pratiques culturales sur les populations de lombriciens : une expérimentation comparant des itinéraires labour et semis direct montre que cette dernière pratique favorise d'autant plus l'activité souterraine des lombriciens que le niveau d'intervention sur la parcelle est faible. Dans ces conditions, l'effet sur la structure et la porosité se traduit en terme de capacité d'infiltration du sol pour l'eau : le sol soumis à un semis direct pendant 5 années consécutives présente une infiltration d'eau 25 fois plus importante que le sol labouré régulièrement.

Conclusion

Actuellement, l'essentiel est d'apporter des éléments de réponses aux questions des praticiens sur les modalités de gestion cohérente qui permettront d'assurer la conservation d'un sol biologiquement actif.

À cet égard, les quelques expérimentations effectuées sur les relations entre le travail du sol et les lombriciens montre que pour une même situation culturale, la suppression du labour entraîne souvent un accroissement des populations lombriciennes (masse et activité), ce qui se traduit par une augmentation de la macroporosité et du mélange des matières organiques avec le sol, notamment dans les tous premiers centimètres.

Pour les années à venir, il faudra concentrer nos efforts de recherches sur le fonctionnement biologique des sols et surtout, sur le référentiel des impacts des activités agricoles sur la diversité biologique des sols et ses conséquences fonctionnelles.

L'incidence des régimes de travail du sol (labour, travail superficiel, semis direct) sur les populations lombriciennes (importance, activité...) et leurs effets sur différents comportements du sol : décomposition des matières organiques figurées (pailles, racines, amendements...), vitesse de ressuyage, consistance et stabilité de la surface... devra donc être précisée en tenant compte à la fois du milieu physique (sol, climat) et des successions des cultures (présence ou non de prairies, volume de résidus restitués...).

Pour en savoir plus :

Descotes A., Moncomble D., Chaussod R., Cluzeau D., Peres G., Grimbaun M. & Cuchet F. (1998) - Viti 2000 : la production intégrée en Champagne - la moisson des résultats a commencé - Le vigneron Champenois (1998) n°6.

Haynes, R. J., Swift R. S. & Stephen R. C. (1991). Influence of mixed cropping rotations (pasture-arable) on organic matter

content, stable aggregation and clod porosity in a group of soils. Soil and Tillage Research, 19, 77-87.

Peres G., Cluzeau D., Curmi P. & Hallaire V. (1998) The influence of the relationships between organic matter and functional structure of earthworm's community, on soil structure in vineyard soils. Soil Biology & Fertility, 27:417-424.

Travail du sol et activités microbiologiques

Rémi Chaussod (INRA - Dijon)

Jean-Marie Bodet, Michel Caron et Irène Félix (ITCF)

Si le non-labour augmente l'activité biologique en surface, il la réduit en profondeur. Le bilan global en termes quantitatifs, sur l'ensemble de la couche cultivée, est sensiblement identique en situation labourée et en situation non labourée.

La quasi-totalité des micro-organismes du sol se développe aux dépens de la matière organique. L'activité biologique est donc étroitement dépendante de la localisation des matières organiques assimilables, comme les résidus de récolte. L'activité biologique sera ainsi distribuée de façon plus ou moins homogène dans l'horizon labouré ou bien davantage concentrée en surface, selon le type de travail du sol pratiqué. Mais les mesures effectuées dans deux dispositifs montrent que la quantité totale de micro-organismes et les activités biologiques globales dans le sol sont sensiblement les mêmes, quel que soit le cas.

L'activité biologique est conditionnée par la présence de matière organique "assimilable"

Les microbes du sol sont, dans leur immense majorité, des organismes saprophytes : ils se développent aux dépens de matières organiques mortes. L'humus du sol étant une matière organique très stable, la ressource organique principale pour les microbes est en fait formée par les débris végétaux et les exsudats racinaires. Les résidus de récolte, lorsqu'ils retournent au sol, représentent donc un apport nutritif essentiel pour les micro-organismes, comme c'est d'ailleurs aussi le cas pour les autres êtres vivants (vers de terre, insectes, etc.).

Les micro-organismes se développant au contact des résidus de récolte, la localisation de ces derniers influence directement la localisation des activités microbiennes. Le travail du sol classique (labour) assure une distribution des résidus de récolte dans l'horizon labouré et homogénéise d'une certaine façon les activités biologiques. Dans le cas du travail superficiel, la même quantité de résidus de récolte est enfouie dans un volume beaucoup plus restreint de terre. La concentration en substrat énergétique pour les microbes étant plus importante, cela entraîne localement une plus forte concentration en micro-organismes. Enfin, dans le cas du non-travail du sol,

l'activité biologique reste concentrée en surface.

Ce dernier cas de figure n'est pas le plus intéressant (sauf si un effet mulch est recherché), car le contact des résidus de récolte avec la terre n'est pas optimal pour une bonne décomposition et surtout une bonne humification des matières organiques apportées. Ceci entraîne également le développement de certains organismes vivants, comme les limaces, qui ne sont franchement pas d'un grand intérêt biologique. Il est alors nécessaire d'avoir recours à des pesticides anti-limaces (dont certains ne sont pas très bons pour l'environnement) et d'augmenter la densité des semis pour compenser les pertes.

Il est clair que "l'augmentation de l'activité biologique de surface" souvent observée et parfois avancée comme un argument en faveur de l'abandon du labour, mérite une étude plus approfondie.

Les mesures biologiques précises ont été effectuées sur des essais agronomiques de moyenne durée

Les simples observations "naturalistes" ne sont pas suffisantes pour fonder un diagnostic. Il importe de quantifier de façon aussi fiable et aussi précise que possible les effets de différents modes de travail du sol sur les activités biologiques. Des méthodes simples mais pertinentes ont été développées pour ce genre d'étude : on sait mesurer la taille de la biomasse microbienne (représentant les populations microbiennes totales) et les activités globales de minéralisation du carbone et de l'azote.

Ces mesures ont été effectuées récemment en France par l'INRA-Dijon dans deux dispositifs agronomiques de moyenne durée, correspondant à deux situations différentes au plan pédo-climatique.

Un premier essai a été mis en place par l'ACTA (C. Beaufreton) à Courseulles (Calvados) en 1990. Des

analyses biologiques ont été effectuées entre 1996 et 2000 dans différentes parcelles portant deux traitements différenciés : labour et travail superficiel. En 1999, les mesures ont porté sur les différentes couches de sol (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) pour les deux traitements. Les résultats des mesures de biomasse microbienne mettent en évidence un gradient très net dans le traitement "travail superficiel" : la quantité de microbes vivants est presque deux fois plus élevée dans la couche 0-10 cm que dans la couche 20-30 cm. Dans le traitement "labour" en revanche, les micro-organismes sont répartis de façon beaucoup plus homogène dans le profil étudié. Lorsque, en tenant compte des densités apparentes, on calcule le "stock" total de microbes vivants, on s'aperçoit qu'il n'y a pas de différences statistiquement significatives entre les deux traitements. Le stock de carbone "vivant" dans les 30 premiers centimètres du sol est de 2223 kg/ha pour le traitement labour contre 2079 kg/ha pour le traitement "travail superficiel".

Un second essai a été mis en place à la même époque que l'essai précédent par la Chambre d'Agriculture de Côte d'Or (M. Grévilot). Cet essai compare trois niveaux de travail du sol (labour, travail minimum, non-travail) sur une rotation blé-orge-colza. Après neuf années de traitements différenciés, on observe assez logiquement les mêmes répartitions qu'à Courseulles : gradient plus ou moins marqué lorsqu'il n'y a pas de labour, et relative homogénéité dans les parcelles labourées. Mais, ici encore, lorsque l'on s'intéresse à l'ensemble de la couche 0-30 cm, les différences entre traitements ne sont pas significatives. Les différences de biomasse microbienne dues à l'hétérogénéité naturelle de la parcelle sont en effet plus grandes que les éventuels effets des traitements.

D'autres observations "biologiques", liées à la maîtrise des adventices ou à la pression des ravageurs et des maladies, ont été effectuées dans ces essais, mais sans donner lieu à des études approfondies. De telles mesures mériteraient d'être intégrées de façon plus systématique à ce type d'essai. Ces aspects ont été étudiés dans d'autres essais menés par l'INRA ou l'ITCF (quelques résultats étant présentés dans des communications de cette conférence-débat).

Les résultats agronomiques et économiques obtenus sur les essais évoqués ci-dessus apportent des éléments de réponse intéressants et qui peuvent orienter les choix des agriculteurs. Mais les résultats des déterminations biologiques n'apparaissent pas déterminants. En tout état de cause, une "activité biologique" en tant que telle n'est pas forcément un élément suffisant pour fonder un choix d'itinéraire technique. Il convient au contraire

d'apprécier de façon plus globale le fonctionnement du sol en termes de gestion des matières organiques et des conséquences sur les éléments fertilisants (azote, phosphore), les résidus de produits phytosanitaires, etc.

Un point important concerne les relations entre le devenir des résidus de récolte (ou autres matières organiques apportées), les activités biologiques et la structure du sol. Il est connu que la matière organique, notamment à travers ses transformations biologiques (travaux de Monnier) améliore la résistance des agrégats aux agressions par l'eau. Dans les cas où une amélioration de la stabilité structurale est recherchée, pour lutter contre l'érosion par exemple, on aura sans doute intérêt à exacerber le phénomène en concentrant la matière organique dans les premiers centimètres du sol. Mais il faut avoir conscience que ce faisant, on favorise l'accumulation des éléments nutritifs dans l'horizon le plus superficiel, qui est aussi le plus exposé aux stress hydriques et thermiques et n'est pas forcément bien prospecté par les racines des cultures.

Peut-on raisonnablement baser des choix agronomiques sur "l'activité biologique" ?

Pour des raisons très souvent économiques (augmentation de la taille des exploitations, diminution du temps de travail par hectare), le labour classique tend à être abandonné au profit de pratiques telles que le travail superficiel ou le non-travail du sol. Un des arguments avancés en faveur de ces pratiques alternatives est qu'elles "stimulent l'activité biologique". En réalité, l'observation "naturaliste" d'une plus grande activité biologique en surface vient uniquement d'une plus grande concentration en surface des résidus de récolte. Mais, corrélativement, les mesures effectuées montrent une diminution des populations microbiennes et des activités biologiques en profondeur. L'abandon du labour au profit du travail superficiel ou du non-travail du sol ne semble pas augmenter les activités biologiques, mais modifie simplement leur distribution dans le profil. Or, si dans quelques cas particuliers ceci peut être bénéfique, dans de nombreuses situations ceci présente des inconvénients. Il ne semble donc pas raisonnable de s'appuyer sur un argumentaire "biologique" pour orienter les choix vers tel ou tel mode de travail du sol. Les effets biologiques (positifs ou négatifs) ne doivent être qu'un élément parmi d'autres et seule l'intégration agronomique de l'ensemble des paramètres peut fonder une décision véritablement "raisonnée".

Pour en savoir plus :

Boiffin J. et Marin-Lafleche A. (1990) La structure du sol et son évolution : conséquences agronomiques, maîtrise par l'agriculteur. Les colloques de l'INRA n° 53, 216 p.

Chaussod R. (1996) La qualité biologique des sols : évaluation et

Techniques simplifiées de travail du sol

Jérôme Labreuche (ITCF Boigneville) Carolyne Dürr (INRA Laon)
Pierre Lajoux (ITCF Boigneville) François Laurent (ITCF Boigneville)

Maîtrise du peuplement

Obtenir le peuplement choisi est essentiel pour atteindre ses objectifs de production. En culture sans labour, la mise en place de ce peuplement demande encore plus d'attention qu'en sol labouré.

La maîtrise du peuplement est un volet fondamental de la conduite des cultures. Les exemples d'implantations difficiles de parcelles sont hélas nombreux, en particulier cette année, et peuvent aboutir à une chute quelquefois forte de leur potentiel de rendement.

Les objectifs de plantes au mètre carré à atteindre sont connus de façon précise en particulier dans le cas des céréales. Cet aspect a été travaillé dans des essais mettant en situation des densités de semis différentes, en interaction avec des dates de semis. Cette approche s'est mise en place pour différentes espèces dans différents milieux (sols, climats). Nous sommes donc capables aujourd'hui de définir un objectif de plantes au mètre carré à atteindre.

Pour réussir à l'obtenir, il convient de placer les graines correctement dans un lit de semence adéquat. Selon l'état de ce dernier, on estime un taux de pertes probable afin d'obtenir le peuplement visé.

Les caractéristiques du lit de semence adéquat dépendent de plusieurs facteurs :

- la culture à installer. Chacune est en effet plus ou moins exigeante selon sa physiologie, sa période d'implantation ;
- l'état structural initial. Il n'est pas possible d'obtenir n'importe quel lit de semence selon son état initial, la texture du sol... ;
- les objectifs de l'agriculteur (matériel à disposition, niveau de sécurité recherché).

Le lit de semence

Les exigences des semences pour germer et lever varient selon les cultures. Les tendances restent cependant les mêmes. La phase de germination nécessite de l'eau pour imbiber la graine, de l'oxygène pour permettre son activité physiologique et il existe une température seuil, variable selon les cultures, en dessous de laquelle les processus sont très ralentis. La qualité d'implantation est souvent à mettre en relation

avec le contrôle du placement des semences et le contact sol-graine. Ces aspects sont liés à la granulométrie du sol et à la présence de résidus végétaux aux alentours immédiats de la semence. La phase de levée des cultures a les mêmes exigences que la germination, auxquelles il faut rajouter la présence d'obstacles mécaniques (mottes, croûte de battance, résidus végétaux). Les espèces se différencient par leur capacité à percer ou contourner ces obstacles.

L'absence de labour peut avoir de multiples conséquences sur la qualité du lit de semence :

- sol en général un peu plus humide et qui se réchauffe un peu moins vite,
- moindre contrôle de la quantité de terre fine et de la profondeur de placement des semences,
- résidus végétaux non enfouis.

Ce sont ces deux derniers critères qui constituent la principale difficulté à maîtriser les implantations en l'absence de labour. Cela est surtout vrai derrière des précédents laissant au sol beaucoup de biomasse (céréales à paille, maïs grain).

Le placement des semences

Les outils de préparation ou de semis ont un effet sur la granulométrie du sol mais aussi sur sa répartition dans l'espace. Certains outils "trient" les mottes pour les positionner en surface. Les éléments semeurs peuvent aussi écarter des éléments grossiers. Un diagnostic du lit de semence doit donc s'attacher à observer l'état structural aux alentours immédiats de la semence.

Cette notion est surtout très importante lorsqu'on évoque le semis direct. Le sol n'y est en effet travaillé que sur la ligne de semis. Un disque ouvreur peut par exemple affiner la structure et perforer dans une certaine mesure le mulch végétal. Les disques semeurs positionnent ensuite la graine dans le sillon. Ce dernier peut dans certains cas être refermé par des roues. Le lit de semence correspond donc en semis direct, ou plus

généralement avec les semoirs dits à semis direct, à un volume très réduit de terre.

La gestion des résidus

Le non-enfouissement des résidus de récolte est incontestablement la plus grosse contrainte induite par l'absence de labour. Ce critère est bien sûr lié au précédent. Les céréales à paille et le maïs grain laissent de grosses quantités de résidus végétaux, riches en cellulose et aux propriétés mécaniques contraignantes.

Les résidus de culture en surface constituent une contrainte forte dans certains cas :

- difficulté pour les outils de semis à fonctionner correctement : bourrage, profondeur de semis insuffisante ;
- contact sol-graine insuffisant (semis trop superficiel dans le mulch, paille enfoncée au fond du sillon) ;
- efficacité altérée de certains herbicides, abri pour les ravageurs...

Le travail superficiel est actuellement mis à l'honneur pour ses vertus. Il permet en effet d'enfouir en partie les résidus végétaux. Le déchaumage réalisé par deux passages de cover crop permet de diviser par trois environ la quantité de paille en surface. Le passage d'un outil à dents (chisel) s'avère moins efficace à ce niveau. Un rebroyage préalable affine la taille des résidus. Le déchaumage superficiel permet donc en affinant le sol, en répartissant et en enfouissant partiellement les résidus, de faciliter le travail de semoir et d'améliorer la qualité du lit de semence.

La complémentarité préparation du sol / semoir

Une notion très importante à intégrer dans la maîtrise des techniques culturales est la complémentarité qui existe entre le système de préparation utilisé et le semoir disponible sur l'exploitation. Nous avons vu précédemment la nécessité de placer la graine dans un environnement favorable (sol affiné sans excès, profondeur de semis, contact sol-graine). Chaque semoir n'est pas adapté à n'importe quelle préparation. Selon leur principe de fonctionnement (outils animés ou non, travail préalable de disques ou non, éléments semeurs à disques ou à dents...), ils ont une capacité variable à faire de la terre fine ou à s'affranchir de grosses quantités de paille.

Un outil semant sous un flux de terre (ex : Horsch Sème Exact) va positionner la graine sur un sol ferme

qui sera ensuite recouvert de terre fine et de résidus végétaux. Ce type de semoir permet de faire un semis direct sur un chaume. Les semoirs à disques dits à semis direct ont l'avantage d'exercer une forte pression au niveau de chaque élément semeur. Elle n'est cependant pas suffisante pour positionner la graine à la bonne profondeur en présence de grosses quantités de paille. Ce sera plus flagrant pour un semoir monodisque (Sulky Unidril) comparé à un semoir triple disque (Huard SD). D'autres outils sont polyvalents entre labour et non-labour. D'autres enfin ne sont pas adaptés à la présence importante de résidus végétaux en surface. Ils sont adaptés au labour ou à des préparations très soignées en non-labour.

Ce qu'il faut retenir

L'itinéraire doit être réfléchi en partant de l'état structural souhaité. En fonction de l'outil de semis présent sur l'exploitation, on déterminera ainsi la préparation à mettre en œuvre. Non-labour ne veut pas toujours dire non-travail préalable au semis. Une préparation préalable permet d'affiner le sol et de gérer correctement les résidus de culture, notamment les pailles. Le déchaumage superficiel permet de contrôler les populations d'adventices et de limaces. Cette opération a également l'avantage de bien s'intégrer dans les calendriers de temps de travaux. En tendance, cette technique est actuellement la plus généralement adoptée.

Les choix d'itinéraires sont en effet à réfléchir dans un contexte qui dépasse le seul cadre de la maîtrise du peuplement. S'y ajoutent, tout particulièrement dans le cas du non-labour, les problèmes de contrôle des mauvaises herbes : c'est ce qui explique que le semis direct même avec les rares semoirs adaptés n'a jamais vraiment réussi à s'imposer durablement dans le contexte français.

Pour en savoir plus :

Colloque au champ "Simplification du travail du sol et gestion des pailles" CETIOM-ITCF, Neuvy Pailloux, sept 1999

"Simplification du travail du sol: les derniers acquis", Perspectives agricoles n° 194, sept 1994

"Choisir les outils de semis", livre ITCF, 1989

"Travail du sol : des clés pour bien choisir son matériel", Perspectives agricoles, sept 2000

Gestion de l'interculture, désherbage et protection des cultures

Lionel Jouy (ITCF Boigneville) ljouy@itcf.fr Nicolas Munier-Jolain (Malherbologie - INRA Dijon)

L'absence de labour n'est pas sans conséquence sur les maladies, la faune nuisible et les adventices des cultures.

Elle demande souvent des mesures de lutte spécifiques.

Le développement de techniques culturales "simplifiées" - avec des modalités diverses - a considérablement élargi la gamme des modes de gestion des intercultures. Les motivations principales de la "simplification" du travail du sol sont d'ordre socio-économique, éventuellement confortées par des considérations agronomiques. Les observations de terrain et les enquêtes chez les agriculteurs démontrent les fortes interactions existant entre les modalités de travail du sol à l'interculture, la lutte contre les mauvaises herbes et la protection contre les maladies et ravageurs. La maîtrise des mauvaises herbes a une place particulière dans les débats agronomiques sur le thème "travail du sol". Les enjeux vis-à-vis de la lutte contre les adventices seront donc particulièrement abordés ici.

Avant d'aborder les aspects malherbologiques, des éléments de réflexion relatifs aux volets "maladies" et "ravageurs" sont présentés.

Effet du non-labour sur les maladies du blé tendre d'hiver

Effet sur les maladies du pied (Nathalie Colbach, 1996)

Les effets du travail du sol sans retournement (non-labour) sur les risques d'infection et les niveaux d'infection du blé par les maladies cryptogamiques - piétin-verse, piétin-échaudage, fusariose du pied, rhizoctone - dans les rotations avec un retour fréquent des céréales à pailles ont été particulièrement étudiés par les équipes de pathologistes de l'INRA de Rennes. Le niveau et la gravité de ces maladies du pied sont fortement liés à la profondeur d'enfouissement des résidus de la dernière culture "hôte" des champignons pathogènes sur la parcelle. Lorsque le précédent est une culture hôte (par exemple un blé), les niveaux d'infection sont réduits après un labour par rapport à un travail du sol à moindre effet "enfouissant". Lorsque le précédent n'est pas une culture hôte mais que l'antéprécédent est une culture hôte, le labour est susceptible d'augmenter les risques de maladies en remontant des vieilles pailles infectieuses, surtout si celles-ci ont été enfouies par un labour avant l'implantation du précédent. Lorsque les céréales à pailles reviennent un an sur deux, les pratiques les plus préventives vis-à-vis des maladies du pied consistent donc à labourer un an sur deux. L'abandon total du labour dans la rotation maintient les résidus en surface et favorise le développement des maladies dans les rotations à retour fréquent des céréales à pailles. La "simplification" du travail du sol nécessite donc de

compenser cette pression parasitaire potentiellement accrue par des adaptations des systèmes de culture (diversification de la rotation, implantation de variétés tolérantes...) et/ou une protection fongicide intensifiée.

D'autres essais de longue durée suivis par l'ITCF, fondés sur des successions maïs/blé ou monoculture de blé, ont montré de faibles différences entre techniques d'implantation, avec des résultats contrastés par rapport à des rotations plus diversifiées.

Effet sur les maladies des feuilles et des épis

La présence de résidus laissés à la surface du sol par la technique d'implantation sans labour a tendance à transmettre l'inoculum et à favoriser le développement de la septoriose et de l'helminthosporiose. La présence de résidus de maïs laissés à la surface du sol avant l'implantation d'un blé augmente également le risque de fusariose des épis.

Programme de lutte contre les maladies en non-labour

Même si l'on observe un développement différent des maladies, dans la pratique, la technique d'implantation sans labour ne nécessite pas de modifier le programme de lutte contre les maladies. Cependant, le cumul de plusieurs facteurs de risque comme le semis direct après le maïs peut justifier une intervention spécifique vis-à-vis des fusarioses des épis.

Effet du non labour sur la faune

La faune du sol a tendance à se développer en non-labour. Les évolutions des populations sont les plus significatives en travail simplifié continu. Les évolutions de faune les plus souvent constatées concernent les lombrics, les limaces et les mulots. Les lombrics se développent plus facilement en l'absence de retournement du sol. La rotation a aussi son importance, par la couverture du sol et les restitutions organiques qu'elle génère. Les vers de terre ont plutôt un effet bénéfique sur les propriétés physiques du sol (porosité et aération). Ils ont également une action sur la décomposition des pailles mais il est difficile de quantifier les retombées positives pour les cultures.

Les limaces sont favorisées par le non retournement du sol et la présence de résidus de culture à la surface, surtout dans les rotations à base de colza en présence de mottes à la surface et les années humides.

Moyens de lutte disponibles actuellement

La lutte curative ne donne pas toujours satisfaction. Il est souvent nécessaire de l'associer à des mesures préventives. Le broyage des résidus ou le brûlage, la destruction des repousses, le déchaumage répété, la préparation d'une structure fine en surface et l'emploi de produits chimiques contribuent au contrôle des limaces.

Certains produits phytosanitaires présentent une toxicité vis-à-vis des vers de terre et peuvent être à l'origine d'un certain taux de mortalité dans le cas d'applications répétées à forte dose. Les expériences sur ce sujet montrent néanmoins que les populations ont tendance à se reconstituer.

Gestion de l'interculture et maîtrise des mauvaises herbes

Effets du labour / non-labour sur l'évolution de la flore

Le travail du sol contribue à l'enfouissement des semences produites par les mauvaises herbes au cours de la campagne précédente. La meilleure efficacité d'enfouissement est obtenue avec le labour, plus efficace que les travaux profonds sans retournement, eux-mêmes plus efficaces que les travaux superficiels. Dans le cas du labour, la présence d'une rasette contribue évidemment à la qualité de l'enfouissement. Comme la majorité des levées est issue de semences germant dans les horizons les plus superficiels, l'enfouissement en profondeur contribue à limiter les infestations dans la culture suivante. Cependant, le travail du sol a aussi pour effet de remonter des semences anciennes depuis les horizons profonds. Pour certaines espèces aux semences fragiles (vulpin, bromes, gailliet...), le séjour en profondeur pendant un an ou plus induit des pertes de viabilité importantes, de sorte que le labour enfouit plus de semences viables qu'il n'en remonte en surface. Pour d'autres espèces aux semences plus persistantes, la contribution du labour à la répression des infestations est moins importante.

Les résultats expérimentaux menés en France confirment les effets du labour sur les populations de mauvaises herbes : sur une parcelle comportant un stock très important de semences de vulpin en Bourgogne (essai INRA), le blé implanté sans labour est 10 fois plus infesté que le blé implanté après un labour. L'intérêt du labour pour la maîtrise des infestations de vulpin à long terme a été démontré pour des systèmes céréaliers dans un autre essai INRA (Lux, 21) et dans l'essai Inter-Instituts de Coings (37). La pression de désherbage antigraminées doit donc être

intensifiée dans les systèmes sans labour. L'alternance des familles d'herbicides utilisées sur l'ensemble de la rotation doit alors être privilégiée pour limiter les risques de sélection de résistances aux herbicides. Pour les espèces à semences plus persistantes dans le sol (coquelicots, matricaires, géraniums et la majorité des dicotylédones à levée printanière), les effets sont beaucoup moins nets et variables d'un essai à l'autre. Sur l'essai Inter-Instituts de Baziège (31), les infestations de dicotylédones sont plutôt moins abondantes en parcelles labourées qu'en parcelles travaillées superficiellement tous les ans, mais le contraire est observé certaines années. Des travaux montrent que des espèces à stock semencier persistant sont plutôt favorisées en labour et défavorisées en non-labour.

Même pour les espèces sensibles à l'enfouissement, le labour systématique tous les ans n'est pas forcément la solution la plus efficace. Si les dates de semis sont très contrastées sur la rotation (ex. : succession maïs-blé), les espèces infestant les différentes cultures de la rotation ne sont pas les mêmes. Le fait de ne labourer qu'un an sur deux permet d'augmenter la durée de séjour des graines dans le stock semencier, et donc d'augmenter le taux de mortalité naturelle des semences dans le sol.

L'enquête "Influence des pratiques culturales sur l'évolution de la flore adventice en grandes cultures", réalisée en 1998 par le groupe ANPP-COLUMA, a mis en évidence l'impact du non-labour en interaction avec le choix des cultures sur le développement des mauvaises herbes. Ces pratiques favorisent certaines espèces comme le brome, le vulpin, le gailliet et le géranium.

Effets des interventions superficielles à l'interculture sur l'évolution de la flore

Le travail du sol superficiel pendant l'interculture a deux fonctions :

- d'une part, il détruit les mauvaises herbes présentes après la récolte qui ne subissent plus la concurrence de la culture et peuvent donc produire un grand nombre de semences. Cette première fonction exige une intervention avant que les graines soient viables. La destruction des espèces présentes par des moyens mécaniques peut être remplacée par un désherbage chimique ;

- d'autre part, il stimule les levées pendant l'interculture de façon plus ou moins importante selon les conditions climatiques, réduisant d'autant le

potentiel d'infestation dans la culture suivante (à condition de détruire efficacement les plantules levées avant le semis). Les causes de la stimulation des levées par le travail du sol sont mal connues (levée de dormance par des flashes lumineux, modification de l'atmosphère du sol...). Cet effet travail du sol sur les levées induit également des taux de levées des semences du stock plus faible en semis direct, qui ne perturbe qu'une portion de la surface du sol, qu'en parcelles labourées, malgré le positionnement plus superficiel des semences.

La suppression du labour peut favoriser le développement de vivaces dans les régions humides et lorsque l'interculture est exclusivement gérée avec des interventions de travail du sol superficielles. La gestion des vivaces nécessite une stratégie de lutte sur l'ensemble d'une succession de culture (deux voire trois ans) en privilégiant les interventions chimiques à l'interculture courant septembre - octobre.

Effets labour / non-labour sur l'activité des herbicides

Rémanence

L'absence de retournement du sol et de dilution des produits herbicides rallonge sensiblement la persistance d'action des produits. En non-labour il conviendra de s'assurer de l'innocuité du produit appliqué tant sur la culture précédente qu'à l'interculture. Il en sera de même avec certains produits à action foliaire (ex. : hormones), car ils ne garantissent pas l'absence de conséquences sur la culture suivante.

Phytotoxicité sur la culture

Dans certains cas la sélectivité des herbicides à action racinaire est réduite en technique d'implantation sans labour. Des phytotoxicités peuvent apparaître lorsque la profondeur du semis est irrégulière. Les irrégularités en techniques d'implantation simplifiées peuvent être observées en fonction du type de semoir, des conditions climatiques et de l'état de la parcelle au moment du semis.

Efficacité des produits

L'efficacité des produits à action racinaire peut être diminuée en présence d'une forte quantité de résidus végétaux à la surface. Ces phénomènes sont accentués

pour des produits volatils si la température est supérieure à 20°C au moment de l'application et pour l'ensemble des produits racinaires en absence de pluie dans les jours qui suivent l'application.

Ces considérations tendent à privilégier l'usage de produits à action foliaire. Cependant, dans la pratique, les produits à action racinaire continuent à être employés en systèmes de techniques culturales simplifiées, soit pour des raisons économiques, soit pour limiter les risques de sélection de résistance ou de nouvelles espèces.

Conclusion

L'expérience montre que le choix du bon produit et son mode d'emploi optimal ne permettent pas à eux seuls de maîtriser la flore adventice présente dans les cultures.

Le travail du sol et l'époque de semis des cultures sont deux éléments qui ont un rôle décisif sur la nature et le développement des espèces dans une parcelle. La suppression du labour devra être compensée par l'un ou plusieurs des éléments suivants, selon les diverses contraintes pesant sur le système de production :

- une vigilance accrue qui se traduit souvent par une augmentation du nombre de passages à l'interculture (mécanique, chimique) afin d'épuiser le stock semencier de surface et d'obtenir une parcelle propre le jour du semis ;
- un usage plus intensif et raisonné de produit phytosanitaire qui engendre un surcoût de désherbage de l'ordre de 40% (150 F/ha) ;
- une nécessité d'alterner les époques de semis des cultures (automne / printemps).

Pour en savoir plus :

Chauvel B. et al. (2000) Stratégies de lutte contre les vulpins résistants : conséquences économiques. Perspectives Agricoles n° 256 - avril 2000, p. 72-78.

Colbach Nathalie (1996) Travail du sol : incidence sur les maladies du pied et des racines du blé. Perspectives Agricoles, 218, p. 81-85.

Jouy L. et al. (1998) Influence des pratiques culturales sur l'évolution de la flore adventice en grande cultures. 17e conf. COLUMA, Dijon, p. 79-90.

Verdier J.L. (1990) Travail du sol, mauvaises herbes et désherbage. Phytoma n° 414, p. 13-22.

Les enjeux économiques de la simplification du travail du sol

Catherine Rieu (ITCF Boigneville)

La simplification du travail du sol peut présenter des avantages économiques non négligeables. Ces avantages ne sont cependant pas certains et sont en général liés à un réajustement des facteurs de production et à de nouveaux modes d'organisation. Des interrogations demeurent.

Rappelons tout d'abord que la simplification du travail du sol, c'est un levier pour :

- Certainement, abaisser le temps de traction par hectare sans quoi, on ne peut pas parler de simplification. C'est effectivement le minimum à attendre de la mise en œuvre de la simplification. Les effets sur le temps de traction sont mesurables sur une campagne (court terme).

- Probablement améliorer les résultats économiques de l'exploitation, lorsqu'elle permet de diminuer le capital investi ou la main d'œuvre par hectare. Mais, rien n'est assuré dans ce domaine. Le fait de passer, par exemple, d'un équipement "labour" déjà amorti à un équipement "spécifique du non-labour" mais neuf, risque au contraire d'augmenter les charges de mécanisation à court terme. C'est en observant les charges "en situation de croisière", après plusieurs années, (à moyen terme) qu'on sera en mesure de voir s'il y a effectivement économie de charges de mécanisation.

- Éventuellement protéger les sols et améliorer leur structure. La suppression du labour permet une meilleure préservation des sols, mais il faudra être patient pour observer leur évolution et enregistrer une amélioration de leur comportement ou des gains de rendement, par exemple. C'est donc bien un effet attendu à long terme dont il s'agit.

Le gain de temps est fonction du choix de la simplification

Selon les outils utilisés et la présence ou non d'un travail superficiel, ces techniques peuvent être caractérisées par le volume de terre déplacée lors de l'implantation. On remarquera alors que, plus la simplification est poussée, plus le volume de terre déplacée est faible et, de ce fait, plus le temps de traction nécessaire par hectare est faible. Il en est de même pour la force de traction nécessaire. Pour les grandes cultures, le temps de traction peut se situer entre 7 h/ha, dans les systèmes "labour" et 4 h/ha, voire moins, dans les systèmes très simplifiés. Mais attention, le temps ce n'est pas encore de l'argent !

La simplification ne devient un levier puissant d'adaptation des systèmes, sur le plan économique, que si elle s'accompagne d'une diminution des facteurs de production (matériel - main d'œuvre) à surface constante ou d'une dilution des ces mêmes facteurs de production par la surface travaillée.

Labour Simplif. Partielle Simplification totale

CRASHI Semis direct Labour (décompactage)

100% 60% (10%) (10%) (10%) (10%)

Travail superficiel

0% 40% 100% 0% 100% 0%

Volume de terre déplacé

Maximum Très important Important Moyen Faible Très faible

Temps tract°/ha 7.0 h 6.5 h 6.0 h 5.5 h 4.5 h 4.0h

Ce gain de temps permet de réajuster les facteurs de production

De tout temps, l'agriculteur adapte les facteurs de production que sont la terre, la main d'œuvre et le capital investi pour tirer le meilleur profit de son exploitation. Rappelons que les facteurs de production sont rentabilisés si leur niveau d'emploi est suffisant. Ainsi, un plein temps pour un actif agricole correspond à environ 850 h de traction par an. Si on admet que la simplification permet de diviser par deux le temps de traction par ha (de 7 h en labour à moins de 4 h en système très simplifié), la surface travaillée peut alors évoluer de 120 à 240 ha par UTH en système céréalière.

Si on admet que la simplification permet d'alléger le parc de matériel (volume de terre déplacée bien moins important), il est alors possible de passer de 14 000 F/ha environ de capital investi dans les machines à 8 000 F et de faire évoluer la force de traction de 1.5 cV /ha à 0.8 cV. (les chiffres donnés ici sont des ordres de grandeur observés dans la réalité mais qui se situent dans une fourchette souvent très large). On observe donc dans ce cas, un effet de dilution des facteurs de production matériel et main d'œuvre. L'agrandissement à titre personnel n'est pas obligatoirement la seule solution. De tels ratios peuvent être obtenus par regroupement d'exploitations. Ainsi, on parlera plutôt d'unité de production pour lesquelles les ressources en main d'œuvre et en matériel seront parfaitement ajustées.

Valoriser les gains de temps

Les gains de temps dégagés par la simplification du travail du sol peuvent être valorisés :

- sur le plan technique en desserrant les contraintes liées aux pointes de travaux ou la charge de travail globale annuelle lorsque le système est dit "tendu".

- sur le plan économique : Les gains économiques sont limités lorsque la simplification ne s'accompagne pas d'un réajustement des facteurs de production. Il s'agit essentiellement d'économie de charges directes de mécanisation, moins de fuel, moins d'entretien réparation et un ralentissement du rythme de renouvellement des outils moins sollicités. Ces

économies peuvent d'ailleurs être annulées par une augmentation des intrants (semences, désherbage...). Il peut s'agir également d'une amélioration des produits par le biais des rendements, lorsque la simplification permet une meilleure valorisation des jours disponibles. Mais dans ce cas de figure, le gain de temps constitue l'attendu essentiel de la simplification.

Les gains de temps dégagés par la simplification du travail du sol peuvent être valorisés sur le plan économique (plutôt à moyen et long terme !)

Si l'agriculteur réajuste les facteurs de production de son exploitation (effet de dilution) :

- En augmentant la surface travaillée (seul ou à plusieurs), s'il conserve le même investissement en matériel et les mêmes ressources en main d'œuvre.

- En diminuant le capital investi et les ressources en main d'œuvre, s'il conserve la même surface travaillée (même si dans la réalité, c'est rarement le cas).

Si l'agriculteur met en place une activité complémentaire.

Cette activité peut être agricole, et porter sur d'autres productions animales ou végétales. Cela peut être aussi une activité non agricole.

Mais dans ce cas de figure, le gain d'argent constitue l'attendu essentiel de la simplification. Bien sûr dans la réalité, l'agriculteur peut se trouver dans une situation

intermédiaire où il enregistre à la fois, une diminution de son temps de travail et des gains économiques, parce qu'il a réajusté modérément son parc de matériel.

La simplification du travail du sol apparaît bien comme un moyen d'adaptation des exploitations au contexte de production. Elle contribue cependant à redessiner les exploitations de demain. On voit apparaître, plutôt que des exploitations classiques, des unités de production qui mettent en commun progressivement leurs ressources humaines, matérielles, et également les terres par le biais de l'assolement en commun.

Pour améliorer le fonctionnement de telles unités, on voit également de nouveaux modes d'organisation apparaître, avec une spécialisation des individus (selon leurs compétences et leurs aspirations...). Mais, la mise en œuvre des systèmes simplifiés n'est pas toujours facile. Une réflexion préalable s'impose pour définir la simplification la mieux adaptée au milieu (sol, climat, type de culture) et tout n'est pas possible partout ! Enfin, lorsque le type de simplification est arrêté, il faut être particulièrement vigilant quant à la phase de transition entre les systèmes. Il faut aussi plusieurs années pour maîtriser une nouvelle technique (évolution de la structure du sol, de la flore, gestion de l'interculture...). Quoiqu'il en soit, des interrogations demeurent et portent sur la réversibilité et la souplesse de ces systèmes, ainsi que sur l'aptitude des hommes à s'entendre durablement.

Peut-on et faut-il cultiver sans labourer ?

Pierre Stengel

INRA - Direction Scientifique Environnement, Forêt et Agriculture

Conclusion et introduction au débat

Les connaissances et références techniques sur la culture sans labour sont plutôt abondantes. Des questions continuent cependant à se poser. Pour y trouver les meilleures réponses, elles doivent être exprimées de manière claire.

Les présentations qui ont précédé fournissent un état de l'art des connaissances et références techniques acquises au niveau national sur la mise en œuvre des techniques culturales sans labour. Un premier constat est qu'il s'en dégage une vision assez précise des conditions et des moyens propres à assurer la maîtrise de certains types de production, pour différentes variantes de ces techniques, plus ou moins économes en volume de terre travaillé. De même, les résultats économiques qu'on peut en attendre et leurs effets à moyen ou long terme sur l'état des parcelles ont été

quantifiés. Certes ce référentiel est loin d'être exhaustif pour toute combinaison de système de cultures, de sols et d'équipements. Nous aurons à y revenir, et très naturellement dans le cadre de ce Salon une partie du débat portera sur son utilité et ses limites pour les praticiens : la possibilité d'en dériver des choix techniques pertinents, les marges de progrès à attendre, les difficultés de l'apprentissage, auxquelles ont fait allusion certains des intervenants.

Mais au-delà de ces interrogations, l'accumulation de

savoir relatif à l'innovation technique que constituent les techniques culturales sans labour apparaît remarquable, et même plutôt exceptionnelle, dans le paysage des activités de recherche développement en agronomie. Un investissement important a été accompli. Il se singularise par sa durée, et la prise en compte conjointe, dès la phase initiale, des enjeux de court terme (acquérir le savoir faire technique) et des préoccupations patrimoniales de long terme, relatives à l'entretien des sols. Cela est vrai au niveau national. Le premier réseau d'expérimentation et de recherche a été créé dès le début de la décennie 70. Grâce à l'engagement durable et conjoint de moyens importants de la part de l'ITCF et de l'INRA comme partenaires principaux, et au soutien de l'ONIC, il a fourni une part importante des connaissances dont nous bénéficions aujourd'hui. C'est sans doute encore plus vrai au niveau international. Agronomes et spécialistes du sol se sont très largement mobilisés depuis plusieurs décennies en faveur de l'évaluation et de la maîtrise des techniques simplifiées. L'importance récurrente de ce thème dans les congrès de l'ISTRO (International Soil Tillage Research Organization) en est une manifestation très illustrative.

Des questions à exprimer de manière claire.

Un tel investissement est naturellement le reflet d'enjeux de grande ampleur. Ceux-ci ne sont sans doute pas éclairés autant qu'il serait souhaitable par le vocabulaire couramment employé, ni par les données relatives à la diffusion des techniques nouvelles à l'échelle nationale. La faiblesse des statistiques sur ce point a été évoquée en introduction. Elles confirment que les techniques simplifiées sont déjà largement pratiquées pour certaines cultures. Mais c'est l'ambiguïté même d'une telle information qui est révélatrice de confusion conceptuelle. La question concrète majeure ne concerne pas principalement l'usage du semis direct ou de techniques simplifiées : elle porte sur l'abandon durable, voire définitif, (avec toutes les réserves à l'emploi de cet adjectif à propos de décisions humaines) du labour. C'est d'ailleurs bien cette problématique qui a été implicitement traitée dans la plupart des présentations. Mais c'est en l'explicitant qu'on peut reformuler les termes du débat, dont les deux composantes sont les suivantes :

- Peut-on cultiver durablement sans labourer ?

- Faut-il renoncer à labourer ?

C'est bien en effet en insistant sur le caractère systématique de la décision en cause au niveau d'une exploitation qu'on parvient à percevoir la portée des enjeux. Pour l'agriculteur, ce n'est pas un ajustement conjoncturel qu'il convient de gérer, pour s'adapter par exemple à une pluviométrie particulièrement élevée

durant la période d'implantation d'une culture. C'est un changement de système technique dont les bénéfices attendus se situent au niveau structurel : évolution de l'intensité du capital et de la main d'œuvre, affectation des économies réalisées à une transformation du système de production ou à une possible extension foncière. Pour l'agro fourniture, il en résulte une modification des marchés des équipements (tracteurs et machines) et des intrants (produits phytosanitaires, semences). La recherche et le développement sont en conséquence confrontés à la fois à un défi technologique et à une modification profonde des actions sur les agro-écosystèmes, dont ils doivent inventorier les multiples effets avec une préoccupation de durabilité.

Peut-on cultiver durablement sans labourer ?

C'est sous cette forme que la question a d'abord été abordée, dès l'apparition d'herbicides dont l'efficacité laissait entrevoir la possibilité de les substituer à l'action de contrôle puissante de la charrue sur les populations d'adventices. Les interrogations prioritaires étaient alors relatives au succès de cette substitution, à la maîtrise de l'implantation, à la gestion des matières organiques et à l'évolution de l'état du sol. Quant à ce dernier aspect, les spécialistes craignaient à la fois une dégradation physique cumulative, consécutive en particulier aux tassements répétés par les roulages, et l'appauvrissement de la subsurface par suite de l'interruption des enfouissements d'engrais et de résidus de récolte.

Les présentations ont montré que pour l'essentiel ces différents points ont reçu des réponses permettant d'évaluer la réalité des risques et de les limiter. Elles ont ainsi confirmé l'introduction optimiste de G. Thevenet. Dans ce bilan toutefois, c'est sans doute en matière de maîtrise des "ennemis" des cultures que la suppression du labour est apparue comme impliquant un effort particulier de technicité, des contraintes et des coûts supplémentaires. L. Jouy et N. Munier-Jollain ont souligné qu'elle exige, pour le contrôle des adventices, une stratégie de compensation combinant la gestion des successions culturales et un emploi à la fois plus raisonné et intensif des herbicides. Les limites de validité de l'hypothèse fondatrice, "les performances des herbicides permettent désormais de se passer du labour" sont encore un obstacle à la généralisation de ce changement technique. Ce point reste donc au cœur du débat et il se situe de plain pied dans le contexte plus vaste de la mise au point des techniques de l'agriculture raisonnée, dont la gestion parcimonieuse des intrants chimiques est une composante dominante. En fait, la conception de systèmes techniques innovants met ici en jeu les interactions entre les techniques de

travail du sol, de protection phytosanitaire, et le système de culture lui-même. C'est donc d'une démarche beaucoup plus complexe de protection et même de production intégrée qu'il s'agit.

Si cette évaluation des techniques mérite d'être complétée, c'est sans doute prioritairement dans le sens d'une extension à une plus grande diversité des cultures. Les références citées ont majoritairement concerné les céréales, le maïs et le colza. Mais la suppression prolongée du labour ne peut être effective sur une parcelle que si les techniques simplifiées peuvent être appliquées à l'ensemble des cultures de la rotation. C'est ainsi la culture pour laquelle les difficultés ou les risques sont les plus élevés, et sa fréquence de retour, qui sont les facteurs clés du changement de système technique. Pour comprendre la dynamique de l'innovation technique et en surmonter les obstacles, il est donc nécessaire de hiérarchiser les difficultés que soulève son adoption, en fonction de la sensibilité des cultures à la réussite de la phase d'implantation, à l'état physique de la couche arable, et des problèmes particuliers de contrôle des adventices qui leur sont propres.

D'autre part, et pour aller dans ce même sens de la diversification des références techniques, l'expérience acquise sur les cultures pérennes vignes et arbres fruitiers en matière de risques à long terme mérite d'être mieux valorisée. Alors que le suivi d'essais de longue durée sur les cultures annuelles a plutôt tendance à réduire et circonscrire l'inquiétude initiale relative au risque de dégradation physique du sol, la suppression du travail du sol est mise en cause comme facteur vraisemblable de dépérissement de la vigne. Elle l'a été dans le passé à propos de certains dépérissements d'arbres fruitiers. Le rapprochement comparatif entre ces situations devrait contribuer à une meilleure compréhension de l'effet des facteurs qui les différencient et à un renforcement de la cohérence de discours émanant de la communauté des spécialistes.

Faut-il renoncer à labourer ?

Les motivations économiques en faveur de ce choix ont été analysées par C. Rieu. Cela a permis de bien situer les principaux avantages escomptés au niveau de la réduction des charges d'équipement et de main d'œuvre. On peut donc s'attendre à ce que l'évolution économique, qui tend continûment à imposer l'accroissement de la productivité de ces facteurs, favorise en général l'extension des techniques simplifiées et plus particulièrement la substitution aux techniques avec labour dans l'exploitation. Sans doute les situations relatives des agricultures américaines et européennes quant à ces critères de productivité

expliquent elles pour partie les différences constatées dans la diffusion des techniques nouvelles de part et d'autre de l'Atlantique.

Mais un ensemble important des arguments en faveur de la simplification du travail du sol relève d'une autre catégorie d'enjeux. Il concerne les bénéfices de ces techniques pour l'environnement et la préservation du patrimoine sol. Alors que la faisabilité technique et les motivations économiques n'ont semble-t-il pas eu un effet déterminant pour convaincre massivement les agriculteurs de l'intérêt de cesser de labourer, il a pris une part prépondérante dans un débat qui a acquis les dimensions d'une controverse planétaire. Le thème du débat plus modeste d'aujourd'hui était volontairement centré sur les aspects agronomiques de la décision. On s'est donc limité à traiter des impacts des techniques simplifiées sur les propriétés et le fonctionnement des sols : état structural et érosion, dynamique des matières organiques, activités biologiques. Mais du fait de la position particulière d'interface environnementale du sol, lorsqu'on traite de sa gestion et de son entretien patrimonial la limite entre composante agronomique et environnementale des problèmes devient artificielle. Ainsi, dans la situation française, le ruissellement et l'érosion sont davantage objet de préoccupation en raison des dégâts qu'ils induisent à l'aval des parcelles cultivées, par les coulées boueuses et la pollution des hydrosystèmes, qu'en raison des pertes en terre. De même, si l'accroissement des teneurs en matières organiques peut être considéré comme souhaitable pour la qualité des sols, c'est surtout la capacité équivalente des puits de CO₂ qui en résulterait qui constitue l'enjeu collectif prédominant. Le traitement des sujets relatifs aux sols a donc apporté un éclairage au moins partiel sur les termes des débats qui sont au cœur de l'actualité, et expliquent le regain d'intérêt pour la suppression du labour. Celui-ci est sous-tendu par le problème de la justification de soutiens publics au développement des techniques simplifiées au niveau national et européen, au titre des CTE et des mesures agri environnementales, et international, en application du protocole de Kyoto.

Nous pouvons ouvrir la discussion sur ce large champ d'interrogation, sans lequel notre traitement du sujet resterait très incomplet. Il convient au préalable de le cadrer par quelques remarques :

- La première est de revenir sur le fait qu'une part majeure des aménités environnementales dont on crédite les techniques simplifiées sont associées à leur usage prolongé sur une parcelle et à un mode de gestion des résidus de récolte. C'est le cas de l'accroissement des stocks de matières organiques du

sol, mais aussi des effets sur le ruissellement ou l'amélioration de la structure par la faune du sol. Un soutien incitatif aux techniques simplifiées devrait pouvoir en tenir compte par un cahier des charges assurant que la réalité des conséquences bénéfiques attendues est effective.

- La deuxième est que la légitimité de telles mesures de soutien doit reposer sur des bilans environnementaux comparatifs, intégrant aussi précisément et exhaustivement que possible les multiples impacts de chaque alternative technique. Ainsi l'évaluation de l'intérêt de la séquestration du carbone dans les couches de sol non travaillées doit elle tenir compte de l'émission d'autres gaz à effet de serre, tel l'oxyde nitreux dont la production peut être accrue en semis direct. Mais ce bilan des émissions gazeuses ne peut pas lui-même être conclusif sans considération des effets comparés des techniques sur l'érosion et la pollution des eaux par les herbicides. Établir et comparer quantitativement ces bilans, en tenant compte des processus de court et de long terme, soulève encore de sérieuses difficultés méthodologiques.

- La troisième remarque concerne la nécessité d'éclairer la décision en couplant l'évaluation économique avec celles des impacts sur les systèmes techniques et l'environnement. L'aptitude différente des exploitations à adopter les innovations et à en tirer les bénéfices économiques potentiels, suivant leur système de

production et leur structure, ne peut être négligée. Au niveau de la décision publique, une incitation économique allant dans le sens de l'extensification doit être conçue en tenant compte de ses répercussions sur la diversité des systèmes de cultures, sur les composantes sociales de la multifonctionnalité, emploi et population rurale, sur la diversification des filières. Peut-on par exemple produire en agriculture biologique sans labour ?

Conclusion

S'agissant ici d'ouvrir un débat, on se gardera de trancher l'une ou l'autre de ces questions. Au contraire, on soulignera que ce qui apparaît à propos de cette réactivation de l'interrogation sur la simplification du travail du sol, c'est l'étendue nouvelle et la complexité des questions qui sont désormais posées à propos de la décision technique en agriculture. Cela implique de nouvelles formes et de nouveaux outils de relation entre les producteurs de connaissance et de références techniques et leurs utilisateurs. Je souhaite que le dialogue qui s'ouvre contribue à mieux les concevoir et les construire.

Sources : Dossier non-labour

Institut National de la Recherche Agronomique - Mission Communication
147, rue de l'Université, 75338 Paris CEDEX 07
Tél : 01 42 75 94 19 - Fax : 01 47 05 91 72 - <http://www.inra.fr/>
Crédit photographique : F. Van Oort
© INRA - 2001 - Tous droits réservés

Accompagner et vendre

Les armes de l'agrofourniture dans l'innovation et le conseil en agriculture

Pour citer cet article : Goulet F, 2011. Accompagner et vendre. Les armes de l'agrofourniture dans l'innovation et le conseil en agriculture.

Cah Agric 20 : 382-6. doi : 10.1684/agr.2011.0503

Tirés à part : F. Goulet

Résumé

Cet article contribue à l'analyse sociologique des pratiques du conseil technique aux agriculteurs quand celui-ci est associé à un service marchand. Nous interrogeons la façon dont des firmes de l'agrofourniture font coexister dans leurs dispositifs d'action et de communication des dimensions marchandes (vente d'intrants) et cognitives (accompagnement et conseil). À partir d'une recherche portant sur des constructeurs de semoirs et des firmes agrochimiques engagés dans le développement des techniques sans labour (TSL) en France, nous montrons que le conseil, la production de connaissances pour et avec les agriculteurs, sont des éléments essentiels des stratégies de ces firmes pour construire et développer des marchés. Face à des clients en recherche de références techniques sur des pratiques innovantes, elles mettent en avant leur expertise, leur capacité à conseiller les agriculteurs et à les relier entre eux. Elles construisent des relations fondées sur la confiance et la proximité dans l'action, sur l'immatériel (la connaissance) plutôt que sur le matériel, mettant ainsi à distance le caractère marchand de leur activité. Le développement et le fonctionnement de ces formes de conseil ne peuvent selon nous se comprendre qu'au regard des transformations qui touchent aussi bien l'offre et le champ du conseil agricole, que celui de la demande formulée par les agriculteurs.

Mots clés : conseiller agricole ; firme ; innovation ; stratégie de marché ; travail du sol de conservation.

Themes : economie et developpement rural ; methodes et outils.

Abstract Advising and selling. Agribusiness companies in innovation and farm advisory services This article contributes to highlighting the practices of private actors in terms of technical advice to farmers. We observe the way that agribusiness firms combine communication, trading (sales of inputs) and cognitive (accompaniment and advices) dimensions in their activity. Based on research about seed drills and agrochemical firms involved in conservation tillage extension in France, it shows that advising, as a production of knowledge for and with farmers, is a crucial element of these firms' strategies to develop markets. To customers in search of technical references on innovative practices, they put forward their expertise, their capacity to advise farmers and to connect with them. They build relationships based on trust and nearness in action, on immateriality (knowledge) more than materiality, remaining distant from their trading functions or activity. Development and operation of such extension systems can be understood only by taking into account transformations affecting both the offer and field of the agricultural extension and the request formulated by the farmers.

Keywords: advisory officers; conservation tillage; firms; innovation; market strategy.

Subjects: economy and rural development; tools and methods.

Frederic Goulet Cirad UMR Innovation 73, avenue Jean-Francois Breton TA C-85/15

34398 Montpellier cedex 5 France <frederic.goulet@cirad.fr> doi: 10.1684/agr.2011.0503

382 Cah Agric, vol. 20, n8 5, septembre-octobre 2011

Étude originale

Les travaux des sociologues portant sur l'étude du conseil aux agriculteurs français se sont jusqu'à présent peu intéressés au rôle des acteurs du secteur privé, traitant plutôt des agents des structures « officielles » telles les chambres d'agriculture. Ces derniers ont en effet été considérés selon différentes entrées d'analyses, comme par exemple leur constitution en groupe professionnel (Lemery, 1991), ou la nature et la transformation de leur pratique auprès des agriculteurs (Brives, 1998 ; Cerf et Maxime, 2002). Certains travaux se sont cependant attachés à souligner récemment l'importance croissante des acteurs

prives dans le champ du conseil agricole (Lemery,2006),inscrivant cette evolution dans le developpement d'une economie des services a laquelle prennent d'ailleurs part les chambres d'agriculture (Mundler, 2006). Mais les pratiques en tant que telles de ces nouveaux prestataires du conseil n'ont suscite que peu de travaux, alors qu'elles soulevent des questions particulierement stimulantes pour les sociologues cherchant a croiser l'etude de dynamiques de production de connaissances et celle du fonctionnement des marches. Ainsi, les firmes de l'agrofourriture, dont l'activite marchande est directement associee a la production et la commercialisation d'artefacts techniques, habituellement de signes sous le terme d'intrants, attirent plus particulierement ici notre attention, et ce pour deux raisons. La premiere repose sur le constat suivant : alors que l'adoption des produits de ces firmes par les agriculteurs a ete essentielle dans la modernisation de l'agriculture francaise, et que la reduction de leur utilisation est au cœur des enjeux de la construction d'une agriculture durable, les roles et pratiques de ces firmes n'ont pas ou tres peu fait l'objet de travaux de recherches. La seconde releve d'une transformation du paysage institutionnel du conseil agricole : ces firmes jouent un role croissant dans les processus d'innovation contribuant a la mise au point de ces nouveaux systemes techniques agricoles, au travers non seulement de la mise au point de nouveaux artefacts mais egalement de l'accompagnement des agriculteurs (Goulet, 2009). Ce mouvement s'opere au detriment d'acteurs classiques du developpement agricole comme les chambres d'agriculture, qui se sont progressivement desengages du secteur du conseil technique au profit de l'appui administratif ou du conseil environnemental et territorial (Labarthe, 2006 ; Mundler,2006).Face a ce retrait souvent critique par les agriculteurs, certains parmi ces derniers ont trouve aupres des firmes et de leurs agents de nouveaux appuis. Dans le meme temps, l'eclatement des modeles techniques de productions en de multiples segments requerant des connaissances specifiques (agriculture biologique, integree, de conservation), a complexifie la tache des organismes d'appui et contribue a faire des firmes d'agrofourriture engagees sur le terrain des acteurs particulierement adaptes aux attentes des agriculteurs. Nous allons chercher dans cet article a caracteriser les modalites par lesquelles coexistent dans les strategies et pratiques de certaines de ces firmes les dimensions cognitives et marchandes. Nous ne tenterons pas ici d'evaluer si les conseils qu'elles delivrent, associees a des pratiques marchandes, sont techniquement « neutres » ou desinteresses. Nous essaierons plutot de comprendre le rôle que joue l'activite de conseil dans la facon dont ces acteurs s'efforcent de capter (Cochoy, 2004) la clientele des agriculteurs. Il s'agira d'analyser la place de l'activite de conseil dans cette entreprise marchande, et donc de questionner les modalites du travail de prescription (Hatchuel, 1995) opere par les firmes dans leurs interactions avec les agriculteurs et leurs strategies de developpement. Nous nous appuierons pour cela sur les resultats d'une recherche conduite en France autour des processus d'innovation associes au developpement des techniques sans labour (TSL), techniques connaissant un essor important depuis une dizaine d'annees (en 2006, 34 % des surfaces de grandes cultures etaient cultivees sans labour, les techniques de travail simplifie representent l'essentiel de ces surfaces, alors que le semis direct, sans aucun travail du sol, est lui beaucoup moins developpe).

Une trentaine d'entretiens semi-directifs conduits entre 2005 et 2008 dans des regions de grandes cultures, aupres d'agriculteurs et d'agents de deux firmes de l'agrofourriture engages dans la pratique et la promotion des TSL, a savoir le constructeur bresilien de semoir direct Semeato et la firme agrochimique et semenciere nord-americaine Monsanto. Ces entretiens visaient a mettre au jour les attentes, les pratiques et les perceptions de ces acteurs autour des questions de conseil et d'accompagnement liees aux TSL. Nos resultats reposent egalement sur des observations ethnographiques realisees lors de rencontres entre des agents de ces firmes et leurs clients agriculteurs (visites ala ferme, journees d'animations techniques), dans l'objectif d'appréhender la nature des interactions, leurs contenus et la place qu'y occupaient les objets techniques commercialises par les firmes. Ils s'appuient enfin sur un travail d'analyse de contenu des documents commerciaux et publicitaires produits par les firmes (encadre 1), au cours duquel notre attention s'est portee sur la facon dont etaient mis en scene, dans les ecrits et les supports visuels, ces memes objets techniques et les questions de conseil. Les firmes à la base du developpement et de la promotion des TSL Les firmes du machinisme et de la chimie agricoles ont

joue un rôle central dans la conception de systèmes de culture à base de TSL, sur le continent américain ou en France (Coughenour, 2003 ; Ekboir, 2003 ; Goulet, 2008). Tout d'abord, afin de semer dans un sol non travaillé présentant en surface des résidus de récolte, les constructeurs de matériel ont conçu des semoirs spéciaux permettant la réalisation d'un semis direct.

De même, la suppression du travail du sol, dont l'une des fonctions originelles est de détruire les plantes adventices, n'a été rendue possible que grâce à la mise au point d'herbicides comme le paraquat, ou plus récemment le glyphosate. Ces firmes sont d'ailleurs aujourd'hui aux côtés d'agriculteurs les principaux promoteurs de ces techniques, en justifiant leur usage non pas tant en raison des économies de coûts de production et de temps de travaux qu'elles permettent, qu'en vertu des avantages écologiques qu'elles seraient en mesure de procurer à

383

Cah Agric, vol. 20, n° 5, septembre-octobre 2011

l'ensemble de la société : réduction de l'érosion des sols, de la consommation d'énergies fossiles, séquestration de carbone dans les sols, accroissement de la biodiversité, etc. Si ces bénéfices sont encore en discussion au sein de la communauté des sciences agronomiques, et que des controverses liées à la dépendance des agriculteurs vis-à-vis du glyphosate contrebalancent les atouts écologiques potentiels, les firmes concernées cherchent avec le thème de la conservation des sols à développer leurs ventes tout en « verdissant » leur image dans l'espace public (Hall, 1998). Elles sont ainsi particulièrement actives sur le terrain aux côtés des agriculteurs en les accompagnant dans la mise en pratique des TSL. L'appui technique aux agriculteurs constitue en effet un élément central de la stratégie de ployée par ces firmes pour asseoir leur présence sur le marché des intrants agricoles, et organiser les processus d'innovation autour de ces techniques. Plus précisément, et c'est là l'idée que nous défendons dans cet article, ces firmes effectuent dans leur communication et leur interaction avec leurs clients un double travail d'euphémisation, ou de « mise en retrait », de la dimension marchande de leur activité au profit d'une dimension fondée sur les connaissances et le conseil. Ce travail est double car il vaut aussi bien pour les acteurs humains du processus, les agents des firmes, que pour les artefacts vendus. Nous verrons ainsi tout d'abord avec l'entreprise Semeato que le vendeur apparaît dans la relation avec ses clients avant tout comme un pair chargé de conseiller et former d'autres agriculteurs, plutôt que comme un vendeur. Nous montrerons ensuite pour les deux entreprises – Semeato et Monsanto – que, dans cette relation vendeur-client et dans les stratégies de communication, ce sont les objets eux-mêmes, semoirs et herbicides, qui sont mis en retrait au profit d'entités immatérielles comme les connaissances.

Être entre pairs : stratégie d'encastrement

Les firmes sont représentées sur le terrain, au contact des agriculteurs, par des agents dotés d'une double fonction, ou compétence, d'appui technique et d'activité commerciale. Dans le cas des firmes engagées dans la promotion et le développement des TSL, le profil professionnel de ces agents, leurs pratiques et leurs discours, constituent des éléments particulièrement éclairants au regard de notre questionnement. Ils traduisent en effet une stratégie de la part des firmes soucieuses de minimiser face aux agriculteurs la vocation commerciale de ces agents, au profit d'une activité fondée prioritairement sur l'accompagnement technique et le conseil. Cet accompagnement repose moins sur un modèle prescriptif et descendant, que sur une logique de coproduction des connaissances avec les agriculteurs, de facilitation et de catalyse des échanges horizontaux entre ces derniers (comme c'est le cas d'ailleurs pour un certain nombre de groupes de développement agricole). Le dispositif mis en place par la firme brésilienne de semoirs directs Semeato, implantée en France depuis

la fin des années 1990, est particulièrement éclairant de ce point de vue. Au lieu d'être distribuée par des concessions classiques de matériel agricole, la firme est représentée par des sociétés à responsabilité limitée (SARL) gérées par des agriculteurs, eux-mêmes praticiens du semis direct et utilisateurs de la marque. Ces agriculteurs-vendeurs ont deux activités : une activité agricole céréalière classique, et une

activite de vente de semoirs, dans laquelle ils incluent explicitement une dimension de conseil : «Notre travail ne s'arrete pas a la simple vente de semoirs, il se poursuit dans l'accompagnement, pour le materiel et surtout pour l'Agronomie.

» (Semeato, 2010). Ce dispositif du constructeur ne permet pas un developpement rapide des ventes, puisqu'en 2010 seulement 300 a 400 semoirs de la marque avaient ete acquis en France. Mais pour les agriculteurs se lançant dans la pratique du semis direct, technique sur laquelle les acteurs classiques du conseil agricole sont souvent peu competents, cet accompagnement individualise est particulierement apprecie. Ainsi un agriculteur du Sud de la France évoque : «On a penche sur le (semoir) Semeato pour le conseil.» Aux yeux de leurs clients, les agriculteurs-vendeurs apparaissent moins comme des vendeurs que comme des pairs aux prises avec les memes defis techniques, partageant les memes problemes et de finitions du metier, et notamment celui de reduire les couts de production. La firme developpe ainsi une strategie d'encastrement relationnel (Granovetter, 1985) : en d'autres termes, elle cherche a construire entre ses agents et ses clients des relations interpersonnelles reposant sur la confiance et la proximite, plutot que sur des relations institutionnalisees entre la firme et l'entreprise agricole. Sur le site internet francais du constructeur, on peut ainsi lire : «Nous sommes la pour vous renseigner, vous aider et vous guider. Nous pratiquons le semis direct dans nos propres fermes depuis 1999. Nous travaillons comme vous tous les jours avec ce systeme et nous sommes aussi obliges de sortir des resultats pour vivre.

» (Semeato, 2010).

L'affichage de cette proximite est au cœur de la strategie de captation des clients et de son paradoxe (Cochoy, 2004) : elle contribue a enrôler la clientele, en se differenciant d'autres conseillers qui n'auraient pas cette experience de la pratique, tout en laissant d'une certaine maniere le marche et la relation « ouverts » au cas ou les exigences de rentabilite economique de l'entreprise agricole ne seraient pas remplies. Dans cette relation, c'est avant tout l'immaterialite inspiree et desinteressee de la connaissance, de l'engagement

Encadré 1 Nature et origine des documents commerciaux analysés

Les documents analyses sont de trois types :

#Encarts publicitaires des entreprises parus dans la revue specialisee TCS (Monsanto (n°1, 1999), Sulky (n°8, 2000), Zeneca (n°9, 2000), et Horsch (n°36, 2006) ;

#Guides pedagogiques edites par les constructeurs de semoirs pour la conduite des TSL (Väderstad, 2002 ; Kverneland, 2004 ; Kühn, 2005 ; Sulky, 2005) ;

#Sites internet des constructeurs de semoirs direct (<http://www.semeato.fr/>; <http://www.sulky-burel.com/> ; <http://www.mg-international.org/>).

384 Cah Agric, vol. 20, n8 5, septembre-octobre 2011

dans un projet partage, qui prime sur la perspective de vente d'un objet materiel relevant du monde marchand, et qui scelle l'association entre l'agriculteur-vendeur et ses pairs-clients. Ce dernier s'efforce d'ailleurs, au-dela des relations interindividuelles qu'il noue avec ses pairs-clients, de federer et d'organiser une communaute de pratique (au sens de Wenger [1998]) regroupant les utilisateurs de la marque. Il organise des journees de rencontres et de formation, ou encore un voyage annuel au Bresil a la decouverte du siege du constructeur et a la rencontre d'agriculteurs utilisateurs de la marque. Les praticiens se rencontrent, echangent directement entre eux leurs experiences, se conseillent mutuellement. L'agriculteur-vendeur les met en relation, les redirige les uns vers les autres en fonction de leurs besoins ou experiences specifiques. Il est dote d'une « expertise panoptique » (Basset, 2004) lui permettant de suivre l'ensemble des debats sans qu'il ait besoin d'y prendre part directement : il est a la fois un element central de l'espace social ainsi cree auquel chaque element est lie et a la fois presque invisible du fait des nombreuses relations associant directement les utilisateurs entre eux. Ainsi,

l'encastrement social de l'activité marchande et la mobilisation des utilisateurs orchestres par la firme contribuent à mettre en retrait la firme et son activité marchande, adjuvant cette dernière dans une activité de conseil et de coproduction de connaissances entre pairs.

Le conseil technique, s'il est une activité en tant que telle de la firme impliquant des entités immatérielles (des connaissances), est donc avant tout un instrument par lequel elle construit et développe le marché des artefacts qu'elle produit. Mais cette mise en retrait de la dimension marchande pour laisser le champ libre au monde des idées et de la connaissance ne fait pas tout ; si les hommes et leur activité marchande peuvent s'effacer, ou du moins rendre discrètes leurs intentions par des stratégies plus ou moins élaborées, les objets restent. Les semoirs, par exemple, sont bel et bien les témoins de l'enjeu marchand. C'est ainsi que les firmes et leurs agents s'efforcent de rendre invisibles, de mettre à leur tour en retrait, ces objets techniques auxquels est attachée l'activité marchande. La connaissance plutôt que l'objet : mise en invisibilité

Les stratégies de communication des firmes étudiées et des pratiques de leurs agents reposent sur un travail de mise en invisibilité de leurs produits, au profit de la connaissance qui préside à leur bonne utilisation. En effet, le message qu'elles s'efforcent de stabiliser et de diffuser, dans leurs supports de communication ou dans leurs interactions directes avec les agriculteurs, est le suivant : ce qui compte pour faire des TSL efficaces, ce sont moins les objets qu'ils conçoivent et vendent, que les connaissances et les conseils qui permettent de bien les manier. Ils font de l'objet un script qui importe peu, et dont la consistance matérielle n'a de sens qu'au regard des connaissances qui permettent de l'actionner. Ainsi, comme le souligne un agriculteur-vendeur à propos des semoirs de la marque brésilienne : « L'important c'est pas la machine ou la marque. Qu'elle soit bleue, rouge, ouverte, c'est ce qu'on en fait qui compte. » Ce sont dès lors les connaissances et les savoir-faire associés à une logique de coopération qui importent, plus que l'objet en lui-même, associée à une logique marchande. La relation entre l'agriculteur-vendeur et ses pairs-clients s'apparente à une relation « d'homme à homme », sans objets intermédiaires (Vinck, 1999), ou du moins dans laquelle ces derniers sont rendus discrets. D'ailleurs, ce sont d'autres objets, de la nature cette fois, qui occupent l'essentiel des échanges entre l'agriculteur-vendeur et ses clients : le fonctionnement biologique du sol, l'effet des racines sur sa structure ou le choix des successions de cultures sont questionnés, alors que le semoir n'est pour sa part que très rarement abordé. Dans le même registre, la firme américaine Monsanto, conceptrice et leader sur le marché mondial du glyphosate, s'efforce dans sa communication publicitaire de mettre en retrait l'herbicide lui-même au profit des conseils qu'elle propose aux agriculteurs. Ainsi, dans le premier numéro de la revue agricole TCS spécialisée sur les TSL, paru en 1999, la firme déploie sur une page entière une publicité pour son herbicide phare à base de glyphosate. Sur cette page se détache un panneau carré bleu d'indication routière avec en son centre la lettre « i », signalant un point d'information, planté au milieu d'un champ de blé. En second plan apparaît un paysage rural vallonné, où trône un village et son clocher. Le texte publicitaire annonce, en usant de la métaphore associée à la conduite automobile : « Pour des techniques culturales simplifiées bien conduites, profitez de conseils qui tiennent la route. » Et plus loin de détailler l'offre que propose la firme : « 1) un désherbant performant et l'adjuvant adapté. 2) une assistance technique. 3) un service conseil », en ajoutant « pour plus d'informations et de conseils » un numéro de téléphone au prix d'un appel local. Seul le logo mentionnant le nom du produit est là pour rappeler qu'il s'agit d'une publicité pour un herbicide vendu en bidons de plastique. Les mérites de ce dernier ne sont quasiment pas vantés ici, au profit de l'offre en conseil et en appui technique qui lui sont associés et que la firme promet aux agriculteurs qui intégreront sa clientèle. L'objet technique est donc, comme pour le semoir, rendu invisible au profit des connaissances et du conseil qui, associés à l'objet en question, rendront efficaces son maniement et la pratique des TSL.

Conclusion

Le conseil et la production de connaissances sont des activités que les firmes d'agrofourniture engagées dans le développement des TSL investissent et mobilisent pour pénétrer, développer ou stabiliser des

marchés auprès des agriculteurs. Nous avons vu en effet comment l'entreprise Monsanto mobilise dans sa communication ce référentiel de l'appui technique et du conseil, avant même de vanter les atouts de son produit. Le cas de Semeato nous a montré ensuite plus précisément, dans la lignée de Hatchuel (1995), comment un vendeur peut s'instituer en prescripteur, en accompagnateur de ses clients. L'agriculteur-vendeur effectue un travail de conseil technique, d'aide au diagnostic ou à la décision, et ce en élargissant le champ des questions posées autour des TSL à celui d'autres entités, comme le fonctionnement des sols. Mais la particularité est qu'ici ce vendeur-prescripteur se défend justement de faire de la prescription à ses clients : il valorise et met en avant le savoir des utilisateurs, et s'affirme lui-même en client, en utilisateur de la marque et donc en pair de ses propres clients. Les stratégies d'encastrement et d'immatérialisation de la relation témoignent d'une pratique de personnalisation du conseil en fonction des contextes d'usage, prenant le pas sur une logique de détermination d'une seule et unique façon de faire, et s'apparentant ainsi à ce que certains auteurs décrivent comme une inflexion générale des pratiques de prescription dans le travail marchand (Cochoy et Dubuisson-Quellier, 2000).

La stratégie d'euphémisation du caractère marchand peut, pour sa part, s'appréhender au regard des travaux traitant des marchés construits autour de biens symboliques, vis-à-vis desquels il est difficile de développer d'un point de vue moral ou éthique un répertoire ouvertement marchand – tels que les services funéraires (Trompette et Boissin, 2000), ou la garde d'enfants et autres activités de soins à la personne (Zelizer, 2008).

Plutôt que par la nature des produits – ici des objets de consommation courante dans le monde agricole, et ne posant pas de problème éthique et symbolique particulier – cette tendance à l'euphémisation s'analyse à la lumière d'une compréhension de ce qui caractérise la population des clients, les agriculteurs, leurs attentes et leurs comportements. Les firmes adaptent en effet leurs discours et leurs pratiques à des agriculteurs en quête, au travers des TSL, de solutions permettant non seulement de réduire des coûts de production, en ne dépendant nommément plus des « vendeurs de charrue » ou d'intrants, mais également d'inverser la tendance instaurée depuis les années 1990 dans l'opinion publique autour de l'image d'un agriculteur pollueur. Mettre en retrait des objets associés à une dimension marchande et au règne de la technique, devenue nefaste pour l'environnement et l'image des agriculteurs, telle est la stratégie adoptée par les firmes de l'agrofourniture pour développer, en phase avec les aspirations de leurs clients, une économie de l'agriculture durable qui serait fondée sur la connaissance et l'expérience des praticiens. La coproduction des connaissances et l'activité de conseil sont alors essentielles dans le dispositif mis en place. Mais les formes de cette activité – dans la pratique des agents des firmes, comme nous l'avons vu dans le cas du constructeur de semoirs, ne sont finalement pas si différentes des formes identifiées par les travaux analysant les pratiques des conseillers de chambres d'agriculture. L'agent de la firme mobilise en effet une panoplie d'outils allant du conseil individualisé reposant sur la recherche coactive de solutions, à l'animation de groupes de développement favorisant la mise en relation des pairs entre eux pour confronter directement leurs expériences. Mais l'étude des stratégies des firmes et du travail de leurs agents autour de l'alliance entre dimensions cognitives et marchandes ouvre des perspectives pour appréhender les processus de marchandisation de l'activité de conseil à l'œuvre au sein même des chambres d'agriculture. Elle dégage des pistes de recherche pour saisir face à ce processus les ajustements en termes de compétences et d'identités professionnelles des agents de ces structures, et pour aborder de façon plus globale les modalités de coexistence et de différenciation entre les principaux protagonistes de ce nouveau marché de la connaissance et du conseil agricole.

Remerciements

L'auteur remercie Ronan Le Velly pour ses conseils et son aide dans la rédaction de cet article.

Références

- Basset T, 2004. Les logiciels libres, des organisations collégiales ? *Recherches Sociologiques* 35 : 75-90.
Brives H, 1998. L'environnement, nouveau précaire des Chambres d'Agriculture ? *Ruralia* 2. <http://ruralia.revues.org/document30.html>.
Cerf M, Maxime F, 2002. Apprendre avec l'autre : le cas de l'apprentissage d'une relation de conseil coopérative. *Education Permanente* 151 : 47-68.
Cochoy F, ed, 2004. *La captation des publics*. Toulouse : Presses Universitaires du Mirail.
Cochoy F, Dubuisson-Quellier S, 2000. Introduction. *Les professionnels du marché : vers une sociologie du travail marchand*. Sociologie du

Travail 42 : 359-68.

Coughenour CM, 2003. Innovating Conservation Agriculture : The Case of No-Till Cropping. *Rural Sociology*, 68 : 278-304.

Ekboir JM, 2003. Research and technology policies in innovation systems: zero tillage in Brazil. *Research Policy* 32 : 573-86.

Goulet F, 2008. L'innovation par retrait : recomposition des collectifs sociotechniques et de la nature dans le développement de techniques culturales sans labour. Thèse de doctorat, université Pierre Mendès France, Grenoble.

Goulet F, 2009. Des oubliés si présents. In : Hervieu B, Hubert B, eds. Colloque de Cerisy. Sciences en campagnes. La Tour d'Aigues : éditions de l'Aube.

Granovetter M, 1985. Economic action and social structure : the problem of embeddedness. *American Journal of Sociology*, 91 : 481-510.

Hall A, 1998. Sustainable agriculture and conservation tillage : managing the contradictions. *Canadian Review of Sociology and Anthropology* 35 :221-51.

Hatchuel A, 1995. Les marchés à prescripteurs, crises de l'échange et genèse sociale. In : Jacob A, Vérin H, eds. L'inscription sociale du marché. Paris : L'Harmattan.

Labarthe P, 2006. La privatisation du conseil technique agricole en question. Évolutions institutionnelles et performances des services de conseil dans trois pays européens (Allemagne, France, Pays-Bas). Thèse de doctorat, université de Marne-la-Vallée.

Lémery B, 1991. Lecture sociologique des activités de conseil technique en agriculture. Essai sur les processus de rationalisation. Thèse de doctorat, université Lyon 2.

Lémery B, 2006. Nouvelle agriculture, nouvelles formes d'exercice et nouveaux enjeux du conseil aux agriculteurs. In : Rémy J, Brives H, Lémery B, eds. Conseiller en agriculture. Dijon ; Paris : Educagri éditions ; Inra éditions.

Mundler P, 2006. Les conseillers d'entreprise entre guichet et projet. In : Rémy J, Brives H, Lémery B. eds. Conseiller en agriculture. Dijon ; Paris : Educagri éditions ; Inra éditions. Semeato, 2010. http://www.semeato.fr/#presentation_de_la_societe.

Trompette P, Boissin O, 2000. Entre les vivants et les morts : les pompes funèbres aux portes du marché. *Sociologie du Travail*, 42 : 483-504.

Vinck D, 1999. Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. *Revue Française de Sociologie* , 40 : 385-414.

Wenger E, 1998. *Communities of practice*. New-York : Cambridge University Press.

Zelizer VA, 2008. L'Économie du care. *Revue Française de Socio-Économie* 2 : 13-25.

386 Cah Agric, vol. 20, n8 5, septembre-octobre 2011

CHAPITRE

RETOUR D'EXPERIENCES AU MAGHREB

ORGANISATIONS PAYSANNES: UN LEVIER POUR DEVELOPPER L'AGRICULTURE DE CONSERVATION AU MAGHREB

Bruno VADON*, Lazhar LAMOUCI et Sonia ELMAY**, Abdjabbar MAGHFOUR***, Saïd MAHNANE****, Hassan BENAOUA et Oussama ELGHARRAS*****

* RCM, FERT, France ; ** Agriculteur et Technicienne, Coopérative El Manel, Mateur, Tunisie *** Agriculteur, Coopérative Khemisset Chaouïa, Settat, Maroc

**** Agriculteur, Exploitation Agricole Collective Dahel Nouari, Sétif, Algérie

*****Centre Régional Recherche Agronomique, Settat, Maroc

2èmes Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct organisées en Tunisie par FERT/RCM/AGER et l'AFD à Tabarka en Janvier 2004.

Résumé : Les systèmes de production « non labour » suscitent l'intérêt des agriculteurs au Maghreb depuis la fin des années 1990. Trois groupes de producteurs engagés dans le semis direct ou les techniques culturales simplifiées en Tunisie, au Maroc et en Algérie, sont présentés ici. Leur exemple montre qu'en se regroupant, les fellahs peuvent rompre avec leur isolement, partager leur savoir-faire et s'équiper collectivement pour réduire leurs coûts. Avec l'appui des chercheurs et le soutien des pouvoirs publics, ces formes d'organisations paysannes sont le moyen le plus efficace pour favoriser l'extension de l'Agriculture de Conservation à l'ensemble des régions soumises à une faible pluviométrie, à l'érosion et, maintenant, à la pression de l'économie mondiale.

Mots clés : sols, groupes d'agriculteurs, coopératives, semis direct, techniques culturales simplifiées, Maghreb

Summary : Farmers in Maghreb have been interested in "no till" systems since the late 90's. Three groups involved in direct drilling or minimum tillage are described here. Their example proves that fellahs can gather and thus break off their isolation, share their know-how and manage collective equipment in order to lower their costs. Along with research and public support, these farmers' organizations are the most efficient way to enable Conservation Agriculture extension to all the areas subject to low rainfall, erosion and, now under world trade pressure.

Key words : soils, farmer groups, cooperatives, direct drilling, minimum tillage, Maghreb

INTRODUCTION

Historiquement, les premiers pas du Semis Direct (SD) dans les pays du Maghreb remontent aux années 1970-1980, lorsque des essais ont été réalisés par les structures de recherche publiques avec des semoirs américains (du type Tye) importés pour l'expérimentation. Cette approche semble avoir été abandonnée par la suite, sauf au niveau d'essais en station menés par l'INRA du Maroc. Le véritable « démarrage » d'actions concrètes centrées sur une démarche d'Agriculture de Conservation (AC) se situe à la fin des années 1990 avec, d'une part, le programme de création du « prototype marocain » de semoir SD initié par l'INRA de Settat, et d'autre part, le programme « Agro-écologie et Semis Direct » mis en place en Tunisie par l'AFD et le FFEM. Le début d'une véritable implication concrète des agriculteurs dans ces démarches remonte donc, globalement, à cette période. Du fait de sa présence au Maghreb depuis 1985, en tant qu'ONG axée sur l'organisation professionnelle des agriculteurs, FERT a pu disposer d'une bonne connaissance du milieu agro-climatique et des problématiques rencontrées par les paysans algériens, marocains et tunisiens. Le Réseau Grandes Cultures Méditerranéen (RCM) animé par FERT depuis 15 ans a constitué, dans ce contexte, une plateforme de rencontres et d'échanges entre des structures de Recherche Agronomique et des Groupes Témoins d'Agriculteurs mis en place progressivement par le RCM dans ces pays. Son but a été de faciliter les relations entre ces partenaires afin d'apporter des réponses pratiques aux attentes technico-économiques des fellahs, qui sont généralement aussi des éleveurs d'ovins, et dont l'assolement est basé sur les céréales, les

légumineuses et les fourrages.

A la fin des années 1990, les Groupes informels du réseau s'interrogeaient déjà sur leurs itinéraires techniques et leurs coûts de production, dans un contexte où les sécheresses se répétaient et où la rentabilité déjà limitée de leurs productions pouvait être remise en cause par la libéralisation du secteur céréalier. Ils se sont alors intéressés à ces « nouvelles approches » dont parlaient quelques chercheurs au Maghreb, et que pratiquaient déjà de nombreux agriculteurs de par le monde : abandon du labour, techniques culturales simplifiées (TCS) et semis direct ; des pistes à suivre pour répondre localement à des problèmes d'économie d'eau, d'érosion, de coûts de mécanisation... FERT a donc accompagné ce mouvement au niveau de divers Groupes d'Agriculteurs et a pris l'initiative de lancer et de co-organiser les « Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct »¹, temps fort de partage d'expérience entre praticiens et chercheurs, actifs dans le développement du « Non-Labour » et plus largement de l'Agriculture de Conservation (AC) en conditions méditerranéennes.

Sur le plan méthodologique, la présentation de cas et l'analyse qui suivent se situent délibérément en dehors du champ de la « Recherche » proprement dite. Il s'agit d'une approche et d'expériences qui relèvent de programmes d'actions de terrain, menés avec un fort niveau d'implication des agriculteurs concernés. Cependant, les liens avec les chercheurs et la valorisation des résultats issus de la recherche appliquée constituent un des fondements de la démarche utilisée.

PRESENTATION DE CAS CONCRETS

Des Groupes de base pour répondre aux attentes des producteurs

Les expériences décrites ci-dessous se sont déroulées au cours des 5-6 dernières années, donc depuis le début de la période d'implication des agriculteurs dans l'approche Semis Direct au Maghreb. Il s'agit initialement de deux « Groupes Témoins » du réseau RCM/FERT, l'un dans la région de Mateur en Tunisie et l'autre dans la région de Settât au Maroc. Le troisième cas correspond à la situation d'un Groupe récemment sensibilisé aux concepts de l'Agriculture de Conservation dans le cadre d'une relance des activités du RCM en Algérie. Ce sont, à notre connaissance et à ce jour, les premières et les seules démarches d'AC menées au Maghreb par des groupes paysans structurés. Ces Groupes seront présents aux 3èmes Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct en 2006.

Cas 1, Tunisie : Le Groupe se reconvertit au Semis Direct pour réduire les coûts de production

Le Groupe de Mateur est représentatif des grandes exploitations de la région céréalière de Mateur (Gouvernorat de Bizerte). Situé au Nord de la Tunisie, en climat méditerranéen sub-humide (550mm/an), la région se caractérise par des sols riches, souvent très argileux (40-60 %) et par un relief favorable à l'érosion, tant hydrique qu'éolienne. L'assolement grandes cultures est dominé par le blé dur, en rotation avec des légumineuses (pois chiche, fèves) et des cultures fourragères (avoine, féverole, fenugrec, sulla). Les sept exploitations du groupe (SAU de 200 à 600 Ha), couvrent une superficie totale d'environ 1500 Ha. D'un bon niveau technique, les agriculteurs du Groupe sont relativement bien équipés et capables de trouver les sources d'information dont ils ont besoin. Il s'agit d'un Groupe de sept agriculteurs, resté longtemps à l'état informel, ayant bénéficié dès la fin des années 1980 d'un appui de la part de FERT du réseau RCM dans le cadre de divers projets de développement. Lors du lancement en 1999 du projet Agroécologie / Semis Direct, financé par l'AFD

1 1ères Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct organisées au Maroc par Fert/RCM et l'Inra de Settât, à Settât en Octobre 2001.

et le FFEM, et visant à introduire le Semis Direct en Tunisie pour lutter notamment contre les ravages de l'érosion, le Groupe était déjà en partie sensibilisé aux avantages d'une approche de type « Agriculture de Conservation ». N'étant pas dans la zone d'action initiale de ce projet, les membres du Groupe ont élaboré avec FERT et AGER

2

un programme pluriannuel d'accompagnement à l'introduction de ce système.

Le Groupe de Mateur s'est formalisé récemment et est devenu la Coopérative ElManel.

Blé Dur 59%

Jachères 1%

Quels enseignements tirer de cette première phase ?

La disponibilité du semoir (et du tracteur) a permis de réaliser un premier niveau de diffusion à grande échelle de la « technique » du semis direct. Il ne s'agit pas encore, de l'appropriation par les paysans du « système » semis direct, mais l'expérience montre que les producteurs doivent être convaincus de la « faisabilité » du semis lui-même avant d'aller plus loin.

Des sujets fondamentaux tels que les rotations ou la gestion de la paille et des résidus de récolte vis à vis de l'élevage (ovins et bovins) sont posés. Mais, dans une zone où peu d'agriculteurs disposent d'un pulvérisateur, la simple question de la maîtrise du désherbage en l'absence de labours devient cruciale. Acquérir ce type de matériel, ou faire faire la prestation de service par des privés sont maintenant des décisions urgentes à prendre. Suite à un voyage d'étude sur le thème des CUMA en France, les responsables de la Coopérative ont compris, avec ce premier chantier collectif, que l'organisation logistique et la gestion en commun du matériel doivent être parfaitement maîtrisées pour fournir aux adhérents le service attendu. Vu la qualité des levées obtenues et l'écart de développement observé depuis les semis, par rapport aux implantations traditionnelles, l'exemple des pionniers du Groupe sera largement suivi au moment des semis de l'automne prochain ! Le défi de la Coopérative sera de faire face à cette demande dans les meilleures conditions technico-économiques possibles pour ses adhérents.

Cas 3, Algérie : Le Groupe teste le Non-labour et les TCS, dans l'attente d'un semoir direct

L'Exploitation Agricole Collective (EAC) de Beni Fouda, issue d'une ancienne ferme autogérée, est constituée de cinq agriculteurs qui gèrent en commun une SAU de 330Ha. Située au nord de Sétif, les sols y sont argileux (30 à 55%) ou limono-argileux, souvent en pente. Le climat est méditerranéen à tendance continentale. La pluviométrie moyenne est de 400mm/an et les hivers froids. L'assolement est dominé par les céréales (blé tendre, orge et avoine) en alternance avec la jachère pâturée. L'élevage ovin est donc une activité indissociable de ce système de production conventionnel mais collectif.

Le niveau d'équipement de l'EAC est correct. Le travail du sol habituel est basé sur un labour de printemps aux disques, puis des reprises avec cover-crop ou outils à dents. Les récentes années pluvieuses ont provoqué une aggravation de l'érosion.

Des représentants du Groupe, ainsi que des chercheurs de l'ITGC et de l'Université de Sétif, avaient participé aux 2RMSD en 2004 en Tunisie. C'est à cette occasion que fut décidée la mission FERT/ITGC à Sétif qui permit de réaliser en Mars 2005 un premier diagnostic de la situation des sols de la région et d'échanger avec les agriculteurs et chercheurs sur les principes de l'Agriculture de Conservation. Dans les profils de sols commentés par F.Thomas (BASE et Revue TCS), la compaction des horizons travaillés et les semelles de labour traduisent l'impact des itinéraires conventionnels pratiqués. En l'absence de couverture végétale (exportée ou consommée par les ovins), l'amplification de l'érosion qui ronge le capital foncier a convaincu les producteurs de la nécessité de pratiques plus agronomiques. Ne pouvant disposer à court terme d'un semoir spécialisé « semis direct » (il n'en existe alors qu'un seul modèle, à Alger), les agriculteurs ont souhaité démarrer avec une approche qui soit à leur portée, permettant d'utiliser les outils disponibles sur l'EAC. Seules les techniques culturales simplifiées (TCS) pouvaient être adaptées à cette situation. Il a donc été convenu avec le Groupe de tester un protocole simple de réduction du travail du sol, sans labour. Comparé aux pratiques habituelles, deux scénarios ont été proposés et mis en place à partir du printemps 2005. Des chercheurs de l'ITGC (Alger et Sétif) sont impliqués dans le suivi du site.

Scénario 1 - TCS : le labour de printemps est remplacé par un travail avec un outil à dent, à l'automne le lit de semences sera réalisé avec les outils habituels, le plus superficiellement possible.

Scénario 2 - TCS et Couvert fourrager : Un mélange avoine-vesce (graminée/légumineuse) est ensemencé avec un travail réduit du sol (TCS) le premier automne, à la place de la jachère. Il sera exploité au printemps et l'été suivant par les animaux puis réensemencé en blé à l'automne, toujours en TCS. Le couvert pourrait être complété par l'association d'un fourrage d'été (sorgho) afin d'alterner les systèmes racinaires et tenter de valoriser l'eau en profondeur.

Dans l'hypothèse où un semoir spécialisé serait mis à disposition par un projet ou une institution de recherche, ce dispositif serait complété par l'introduction du semis direct.

Les objectifs visés par le Groupe sont de réduire le travail du sol pour le restructurer naturellement, réduire l'évaporation, limiter l'érosion et produire plus de biomasse et de fourrage. Après cette phase de « recherche appliquée » en conditions agricoles, le Groupe pourra prendre les décisions adéquates pour l'acquisition en commun du matériel nécessaire à l'abandon du labour (outils et semoirs), ainsi qu'au choix de

rotations bénéfiques pour le sol, donc plus performantes et durables.

Par ailleurs, les agriculteurs de l'EAC Dahel Nouari se sont associés aux chercheurs de l'ITGC et de l'Université de Sétif pour créer en 2005 une Association régionale de promotion de l'Agriculture durable.

DISCUSSION

Dynamique des Groupes de base

Les Groupes de base, créés à l'initiative des producteurs sont en mesure de répondre aux attentes concrètes exprimées localement (problèmes techniques, acquisition et fonctionnement des semoirs, des pulvérisateurs...). Nous constatons que les paysans se sentent proches de ces structures dans la mesure ils les maîtrisent car elles gardent un caractère de proximité. Ce sont finalement des « outils », qui prolongent l'exploitation agricole, permettant aux producteurs de remettre en cause leurs systèmes conventionnels et de prendre des décisions avec un minimum de risques techniques et financiers. Dans ces Groupes, les « leaders » sont souvent en mesure d'établir des relations avec des institutions techniques ou de recherche, afin de récupérer et rediffuser à leurs collègues les informations utiles. Les premières questions pratiques des agriculteurs sont orientées vers les outils à utiliser en cas d'abandon du labour. S'il s'agit de passer aux TCS, on trouve généralement sur les fermes ou dans les environs, des outils à dents permettant de démarrer des comparaisons d'implantations. Par contre, pour passer au SD, le semoir spécialisé est indispensable. Comment disposer d'un semoir spécialisé « Semis Direct » ?

Les trois cas présentés montrent que la question du matériel, et notamment du semoir, est centrale. Il s'agit d'abord de pouvoir convaincre les agriculteurs de la faisabilité du SD, et ensuite qu'ils puissent le tester chez eux sur de petites surfaces avant de convertir progressivement leurs parcelles. Il existe divers modèles de semoirs SD bien connus sur le marché international. S'agissant d'outils très spécialisés, ils sont fabriqués dans les pays ayant développé le système SD, ou disposant d'une industrie du machinisme (Brésil, USA, Espagne, France...). Contrairement aux cover-crops, chisels et autres charrues, les spécificités de ces semoirs rendent difficile leur reproduction et leur fabrication par des artisans ou de petites industries locales. De ce fait les semoirs SD disponibles en Afrique du Nord sont quasiment tous importés par des firmes étrangères ou leurs représentants locaux. Ayant été conçus dans d'autres contextes agro-climatiques et socio-économiques, ces semoirs présentent globalement deux particularités pour le paysan maghrébin : les modèles les plus diffusés sont des outils complexes et lourds prévus pour travailler de grandes surfaces; de ce fait ils nécessitent une puissance de traction importante, et leur prix d'achat est élevé.

Le « semoir marocain » est un cas à part. Conçu par l'INRA de Settat, il est fabriqué par un petit industriel de Rabat (ATMAR). L'objectif de cette initiative est, sans chercher à rivaliser avec les performances des autres marques existant sur le marché, de s'adapter aux contraintes locales et de répondre aux attentes des producteurs qui souhaitent s'équiper avec un outil rustique et peu coûteux. Ce projet en est encore à une phase de pré développement industriel. Le tableau ci-dessous récapitule les modèles de semoirs présents au Maghreb à ce jour.

Semoirs disponibles au Maghreb début 2006 :

Pays	Marques	Prix €	Types	Unités vendues
Algérie	SEMEATO	NC		1
	SULKY		En cours d'import	
	SEMOIR "INRA"	6 à 7 000 €	SAT 2000 (larg : 2,5 à 3,5m)	23
Maroc	METASA	25 000 €	2,9m	1
	SEMEATO	18-31 000€		
	. TDNG	300E, 320, 420	(larg : 3m à 4,4m)	
	. Personnel Drill	13, 17, 21	(larg : 2,2 à 3,6m)	
	. SHM	11/13	(larg : 2,2m)	20
	JOHN DEER	20-24 000€	. JD 1590 (larg : 3-4,5m), JD 750 (larg :3m)	6
Tunisie	GASPARDO	NC	. (larg : 3m)	1

(Sources : Fabricants ou Concessionnaires de matériel dans les trois pays)

Nous avons aussi vu dans les cas concrets que, pour des producteurs ayant la chance d'être en contact

avec le « mouvement » SD, le semoir peut être rendu disponible de diverses façons :

Formes de mise à disposition ou d'acquisition

Observations

Mise à disposition gratuite (essai) :

- A titre expérimental par projet de Recherche
- A titre commercial par Société privée
- Très localisé, temporaire, pour petites superficies
- Valable pour une campagne, petites superficies

Achat individuel

- Conviction et prise de décision : à titre personnel
- Nécessite de disposer de surfaces et de moyens financiers conséquents

Achat en Commun (Groupe informel ou CUMA) (nécessite de prévoir aussi le tracteur affecté)

- Conviction et prise de décision : collective
- Capacité financière collective + aides publiques ?
- Capacité d'organisation et de gestion en commun du matériel

Prestation par entreprise (ou location simple)

- A titre individuel
- Par contrat collectif
- Solution pour agriculteurs « isolés »
- Avantages : prix négociés par le groupe

Inconvénients : contraintes d'organisation, suivi

Pour les petits et moyens agriculteurs les solutions d'avenir résident dans l'organisation de Groupements plus ou moins formels. L'achat du semoir impliquant des capacités financières rarement disponibles, surtout sans aides publiques, le recours aux prestations de services par des entreprises se développera sans doute, au moins comme solution de départ pour introduire le système. Ceci sera d'autant plus valable si le groupe ne dispose pas de la puissance de traction nécessaire. Et la Pulvérisation des produits phytosanitaires?

L'utilisation des produits de traitement dans le cadre du système semis direct est elle aussi cruciale.

Le suivi des pratiques d'agriculteurs engagés dans le SD dans plusieurs pays montre, et au moins durant les premières années de reconversion au non-labour, que l'utilisation de pesticides augmente. Il s'agit en premier lieu du désherbage avant semis ou en végétation³. Cela concerne aussi certains parasites ou des maladies (voir les problèmes de limaces ou les questions soulevées par les fusarioses, les mycotoxines, etc.). Ceci entraîne, outre un impact sur l'environnement, une hausse des charges en intrants (voir l'étude réalisée sur 2000-2003 par le CTC, Tunisie).

Pour l'ensemble des producteurs, la question est de savoir si, pour rester cohérent avec l'esprit de l'A.C., il sera possible de gérer les nouveaux systèmes sans utiliser, ou le moins possible, de produits chimiques. En attendant de réels progrès dans ce domaine, des efforts sont déjà réalisés (au Brésil, en Europe...) afin de réduire les doses de produits dans les champs. Quelque soit le type de produit à pulvériser, c'est le matériel disponible qui détermine la qualité de la pulvérisation (stade, dose, régularité), et donc son efficacité technico-économique.

Or, sauf dans les grandes exploitations bien équipées, les appareils de pulvérisation sont rares et mal maîtrisés (dosages, buses, réglages, stades de traitement...). De ce fait, soit on fait l'impasse du traitement, et l'effet peut être catastrophique en semis direct, soit le matériel est emprunté ou loué, souvent dans de mauvaises conditions d'utilisation. En cas d'échec vis à vis des adventices, le producteur risque de vouloir retravailler le sol l'année suivante... Comme pour le semoir, les producteurs ont intérêt à se regrouper, soit pour l'achat et la gestion en commun du pulvérisateur, soit pour bénéficier de prix avantageux au travers d'une commande collective des produits et du traitement par une société de service

Encore beaucoup d'inconnues pour les systèmes sans labour au Maghreb

Dans les deux cas étudiés au Maroc et en Tunisie, les paysans sont passés directement du labour au Semis Direct, il n'y a pas eu de transition par les techniques culturales simplifiées. Ceci est lié à l'orientation de la recherche locale, déjà focalisée sur l'option SD, voire Semis sur Couvert Végétal. L'approche décrite en Algérie, faute de disposer d'un semoir direct dans l'immédiat, pourrait être plus ouverte à des alternatives du type TCS, ou des transitions allant progressivement de l'abandon du labour au semis direct intégral. Cette notion de progressivité dans la démarche (Labour

TCS

SD) est débattue par les « spécialistes ». Dans tous les cas, si le semoir SD n'existe pas sur place, ou si l'agriculteur ne peut pas y avoir accès, il est certain que l'étape des TCS peut lui permettre de consolider son approche sur le plan agronomique, mais aussi psycho-sociologique. Abandonner le labour n'est pas une mince affaire, au Maghreb comme ailleurs, où il s'agit d'une pratique paysanne ancestrale !

Les avantages, réels ou potentiels, du SD pour l'Afrique du Nord ont été décrits par ailleurs (Bouzza et Mrabet, INRA du Maroc ; BenHammouda et Mhedhbi , ESAK et CTC en Tunisie ...). Cependant, et partant de leur pratique, les producteurs s'interrogent sur certains points comme la maîtrise de l'enherbement, l'allongement des rotations, la gestion de la fertilisation, les risques liés au parasitisme.

La gestion des résidus de récolte et l'intégration de l'élevage ovin extensif sont aussi une préoccupation importante, tout comme l'organisation collective pour gérer le matériel en commun.

3

Dans l'hypothèse où des couverts végétaux s'implanteraient en climat méditerranéen ou semi-aride, leur destruction éventuelle pourrait être envisagée, comme au Brésil, par des "rouleaux à couteaux" : la destruction intervient par écrasement et lacération de la végétation sous une chaleur intense qui assure leur dessiccation. Avantage : réduire voire supprimer la destruction chimique des couverts. L'augmentation de la biomasse en surface, par le biais de l'implantation de couverts végétaux reste, dans les conditions du Maghreb, une piste à explorer. Aucun résultat probant sur le moyen terme n'a été atteint à ce jour. Des solutions sont envisageables en zones favorables avec des implantations d'automne (avoines, légumineuses), mais dans les situations plus arides, et pour des couverts d'été, le pari semble plus hasardeux. Diverse espèces, mêmes tropicales, doivent encore être testées.

La réduction des coûts de production par la baisse des charges de mécanisation, sans avoir été chiffrée précisément à l'échelle d'un groupe donné, est confirmée par les producteurs. Mais ceux-ci n'intègrent généralement pas encore l'amortissement de l'achat du matériel. Enfin, concernant le coût du poste désherbage les avis sont encore partagés car les situations sont très diverses.

Promouvoir les Associations d'Agriculture de Conservation pour renforcer la dynamique

Les Associations d'AC, généralement créées à l'échelle d'un pays ou de régions, regroupent souvent des producteurs, des techniciens, des chercheurs, voire même des firmes commerciales (phytosanitaires, semoirs). Vues de leurs fermes, les agriculteurs ne perçoivent pas toujours bien l'utilité ou l'impact de ces associations. Elles peuvent cependant avoir plusieurs rôles essentiels, si elles en ont la capacité : rassembler et synthétiser puis rediffuser des informations ou des références techniques issues du terrain ou de la recherche, former les agriculteurs et les techniciens, mobiliser l'ensemble des praticiens sur une zone géographique, et bien sûr faire la promotion du SD et de l'AC auprès des professionnels du secteur, et faire du lobbying vis-à-vis des décideurs politiques...

Le risque, pour ces Associations, est qu'elles soient créées « d'en haut », sans véritable ancrage avec le monde paysan, ou pire, qu'elles soient « téléguidées » par des intérêts commerciaux. Les plus efficaces et représentatives sont celles qui ont des « antennes » locales et dont les « relais » sont des agriculteurs et des techniciens de terrain. Ceci n'exclut aucunement des relations ou des partenariats avec les fournisseurs, ce qui, au contraire, permet de renforcer l'impact de l'Association grâce à ce lien avec son environnement économique d'amont et d'aval. De nombreuses associations de ce type existent en Europe. Actuellement, deux initiatives sont en cours au Maghreb :

En Algérie, l'Association "Trait d'Union pour le Développement de l'Agriculture" a été créée en 2005 à Sétif : statutairement à caractère scientifique, elle regroupe des chercheurs et des producteurs de la région. Elle vise la promotion d'une agriculture durable et viable en se basant sur la recherche agricole participative et la diffusion des acquis auprès des producteurs.

En Tunisie, l'Association pour l'Agriculture de Conservation est en cours de création. Couvrant l'ensemble du pays, elle sera constituée exclusivement d'agriculteurs. Son but sera de promouvoir toutes les approches permettant de favoriser le développement d'une agriculture durable adaptée aux conditions spécifiques tunisiennes. Des partenariats seront mis en place avec les institutions techniques et de recherche pour élaborer des références technico-économiques transférables.

CONCLUSION

Dans le contexte actuel de l'agriculture au Maghreb, les fellahs sont face à deux types de contraintes : gérer les ressources naturelles que sont l'eau et le sol, et réduire leurs coûts de production face à l'ouverture des

marchés. Le Non Labour et le Semis Direct vont dans ce sens. Ainsi, à partir des résultats de ces dernières années, l'extension devra se faire à deux niveaux :

Spatial : En se basant sur les expériences réussies, les agriculteurs doivent continuer à être les « moteurs » du mouvement en jouant le rôle de relais pour diffuser leurs acquis auprès de leurs collègues. D'autre part, ayant pris conscience de l'impact global de ces nouveaux systèmes de production, les pouvoirs publics devront amplifier leur contribution en renforçant la capacité des chercheurs et des techniciens à transmettre leurs résultats, et en amplifiant les soutiens financiers pour que les producteurs se forment et s'équipent, notamment sous des formes collectives efficaces.

Social : Nous constatons qu'au Maghreb, aujourd'hui, les petits paysans sont exclus de la « dynamique semis direct » par manque d'échanges d'information et de capacités financières pour s'équiper avec le matériel présent sur le marché. La création d'organisations de base et la disponibilité de petit matériel (éventuellement en traction animale) faciliteront leur accès à ces systèmes. Les acquis des agriculteurs engagés dans l'Agriculture de Conservation en Europe et dans le monde, montrent bien que deux niveaux d'organisation sont nécessaires, utiles, et complémentaires : les Groupes de paysans de base et les Associations de promotion de l'AC. Ces formes d'organisation sont encore embryonnaires au Maghreb. Mais, l'expérience de petites Coopératives qui s'impliquent dans le SD ou les TCS, et les initiatives de création d'Associations que nous avons décrites, démontrent que la dynamique est lancée. FERT poursuivra sa démarche d'accompagnement du mouvement dans lequel nous sommes engagés. Se situant à un tout autre niveau d'organisation, mais pouvant répondre à un réel besoin des praticiens, la structuration et la formalisation d'un réseau d'échanges d'expériences et de savoir faire, à l'échelle de la Méditerranée, constitue un souhait et un objectif à moyen terme pour tous ceux qui se sont impliqués jusqu'ici dans les Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct.

Références bibliographiques :

- El Brahli A, Ait lhaj A., El Gharras O. et Mrabet R., CRRA, Performance du semis direct introduit chez les agriculteurs en zone semi-aride au Maroc, Tunisie, Actes des 2RMSD, 2004
- Hayet MAAROUFI, Raja SEBIL et Khalifa M'HEDHBI, CTC Evaluation économique des semis direct et conventionnel, 7 pages, Actes des 2RMSD, Tunisie, 2004
- JJ Pérez De Ciriza Gaínza, ITGA Essais comparatifs de quinze ans dans une région semi-aride de Navarre, 4pages, Actes des 2RMSD, Tunisie, 2004
- Michel RAUNET, CIRAD, Quelques facteurs déterminants de l'émergence et du développement des « systèmes semis direct » dans quelques grands pays leaders (Etats-Unis, Brésil, Argentine, Australie), Actes des 2RMSD, Tunisie, 2004
- Rachid Mrabet, INRA Settat, le système de semis direct en milieu semi-aride marocain : aperçu sur les acquis de la recherche, Actes des 2RMSD, Tunisie, 2004
- L. Séguy, JC Quillet, CIRAD, Propositions pour la construction de systèmes de cultures durables en semis direct sur couvert végétal au Maroc, rapport de mission, Mai 2005
 - B. Vadon et F. Thomas, Rapport de Mission en Algérie, 16pages, Mars 2005
 -

Le tassement du sol, une affaire sérieuse

Réussir Grandes Cultures 25 novembre 2014. Christian Gloria

La compaction du sol suit la tendance à l'utilisation de matériel agricole de plus en plus lourd. Le nord de la France est particulièrement concerné. Des travaux de recherche visent à apporter un meilleur diagnostic de la situation et à définir des mesures de prévention. Hubert Boizard conseille de " diminuer les contraintes au sol, pas seulement au moment des récoltes mais aussi sur les chantiers de préparations de semis. »

Des engins agricoles toujours plus lourds : le sol n'y résiste pas ! « La limitation des charges par essieu est la stratégie la plus efficace pour réduire les tassements de sols. On en parle depuis les années 90 mais rien n'a changé, constate Hubert Boizard, de l'unité Agro-Impact à l'Inra d'Estrées-Mons en Picardie. Les

équipementiers ont amélioré les pneumatiques mais cela a introduit en fait des chantiers plus lourds et donc des contraintes plus élevées au sol. La priorité est à l'organisation du travail, à la rapidité et à l'efficacité des chantiers. » La pression mécanique sur le sol continue d'augmenter. Les ornières sont le signe le plus

évident de compactage des sols. Pour autant, la non présence d'ornièrre ne signifie pas forcément absence de tassement. « Un arrachage de betteraves avec une intégrale ne provoque pas d'ornièrre puisque les roues couvrent de 65 à 100 % de la surface du sol. Avec de lourdes charges, il y aura malgré tout un tassement », souligne Hubert Boizard.

Sur la culture, l'impact du tassement d'une parcelle n'est pas si évident. Les trains de roue ou les fourrières montrent bien que les cultures souffrent avec un compactage sévère du sol. Mais sur une échelle plus large ?

Picardie et Nord-Pas-de-Calais concernés au premier chef

« Il y a une bonne relation entre structure du sol et enracinement. Plus il y a de zones tassées, plus la profondeur d'enracinement est faible pour les cultures sensibles comme la pomme de terre, explique Vincent Tomis, chargé de projet à Agro-Transfert Ressources et Territoires. Un profil de sol permet de constater cela même si l'état de l'appareil végétatif aérien de la culture ne le montre pas forcément. Une culture mal enracinée pourra produire un bon rendement s'il y a de bons apports d'eau par les pluies ou l'irrigation. »

Le risque le plus important est là où le sol est soumis à des charges lourdes en conditions humides. La Picardie et le Nord-Pas-de-Calais sont bien placés pour connaître ce type de situation avec les systèmes de culture où les betteraves, pommes de terre et légumes récoltés à l'automne occupent une place majeure, où les chantiers de travail sont lourds, où le climat est humide et doux, où les sols limoneux sont sensibles... « Une année sur trois, on observe des tassements sévères à la récolte en août ou septembre en Picardie », remarque Hubert Boizard. Avec Agro-Transfert et l'Inra, un projet Sol D'Phy intitulé « Gestion durable de la fertilité physique du sol » a été mis en œuvre. Il court de 2012 à 2018. Un réseau de dix à quinze agriculteurs sera constitué pour suivre sur des parcelles l'évolution de l'état structural du sol en relation avec les pratiques agricoles. L'objectif du projet est de répondre aux besoins des agriculteurs picards et du Nord en matière de prévention (adaptation des systèmes de culture, organisation des chantiers, choix du matériel, réduction du travail du sol) et de diagnostic des tassements. L'objectif est aussi de mesurer les conséquences agronomiques et la vitesse de régénération naturelle pour décider quel type d'intervention mécanique est nécessaire pour restructurer le sol.

Pas de tassements irréversibles mais...

Comment régénérer la structure d'un sol quand un tassement survient ? Cela dépend de plusieurs facteurs,

notamment du type de sol. La présence d'argile est plutôt un facteur favorable pour reconstituer une bonne structure du sol. Les successions de gel et dégel ainsi que d'humectation et dessiccation jouent sur cet élément pour fissurer, fragmenter le sol et donc en augmenter la porosité. Sur un sol sans argile comme un limon sableux, le climat ne joue pas sur la restructuration. De plus, les vers de terre y sont moins nombreux que dans d'autres types de sol. Les lombrics et autres agents naturels tels que les microorganismes, les insectes, les racines ont leur importance dans la restructuration d'un sol.

Enfin, la charrue permet de travailler le sol et contribue à sa restructuration sur la profondeur travaillée. Il existe en revanche très peu de données sur l'effet de création de porosité par les racines d'un couvert végétal. « Des couverts vont être semés sur des sols tassés et des sols non tassés pour comparer les situations et tenter de voir dans quelle mesure leurs racines vont améliorer l'état structural », précise Vincent Tomis. Il n'existe pas de tassements irréversibles dans les conditions françaises mais des situations plus difficiles à rattraper que d'autres. « Les tassements profonds sont les moins réversibles, et ce d'autant plus sur les sols sableux sans capacité de régénération en raison du faible taux d'argile et de vers de terre », souligne Hubert Boizard.

« On a sous-estimé ces tassements. Or, ils existent bel et bien avec les charges lourdes sur certains chantiers et ils échappent au processus de régénération par le travail du sol ou le climat », remarque Jean Roger-Estrade, d'Agro Paris Tech.

Que penser du sous-solage pour agir sur une semelle de labour par exemple ? « C'est une opération très délicate, jugent Vincent Tomis et Hubert Boizard. On fragmente un horizon pédologique qui n'a jamais été travaillé. Le risque est de créer de la terre fine, d'ameublir le sol, ce qui le rendra plus sensible au tassement. Il vaut mieux éviter cette intervention qui, en plus, est coûteuse en énergie. » Mieux vaut laisser place à l'action naturelle des vers de terre pour la perforation de cette couche même si cela doit prendre quelques années.

Hubert Boizard, Inra Estrées-Mons, Picardie.

Hubert Boizard, Inra Estrées-Mons, Picardie. - © C. Gloria

Tassements plus rémanents en non travail du sol

Le non travail du sol est plus favorable à la formation d'agrégats grâce à l'apport de matière organique fraîche en surface, en favorisant les champignons et les vers de terre et en réduisant les perturbations. Or ce

sont ces agrégats et la cohésion entre eux qui font la bonne structure d'un sol. Même si les sols non travaillés sont moins sensibles aux risques de tassements, ils n'en sont pas exempts. Et dans ce cas, les zones tassées sont beaucoup plus durables qu'en situation labourée. Avec le labour qui fragmente la terre, on peut faire disparaître les zones tassées en deux ans sur un sol de limon. En non travail du sol, les

tassements sont beaucoup plus rémanents. Il faut attendre l'action des lombrics et celle du climat pour reconstituer la porosité. « La régénération peut prendre cinq ans voire dix ans pour recouvrer la structure d'origine, précise Hubert Boizard, Inra. On sera d'autant plus vigilant sur la charge appliquée au sol que l'on est en non travail du sol. »

Réussir Grandes Cultures 16 juin 2014 à 08h00 | Par Christian Gloria

Agir sur le sol pour rendre l'eau efficace

Couverture végétale, matière organique, non travail du sol... Différentes solutions s'offrent à l'agriculteur pour préserver ou améliorer la structure du sol. Un bénéfice parmi d'autres : l'eau circule mieux et est mieux rentabilisée dans l'alimentation des cultures.

La réserve utile (RU) est la quantité d'eau que le sol peut absorber et restituer à la plante. - © Christian Gloria

Une bonne alimentation hydrique des plantes passe par un sol bien structuré. « Nous voyons des différences d'efficacité de l'eau entre situations. La consommation d'eau du maïs au quintal produit est moindre en situation de semis direct et avec un couvert d'interculture comparée à un labour. »

Pour le compte du Ceta des Baïses, Sylvain Hypolite, ingénieur conseil chez Agro d'Oc Union des Ceta d'Oc, a suivi des expérimentations sur maïs. « Nous menons une comparaison de comportement hydrique pour des types de sols similaires entre un labour et un semis direct sous couvert végétal. Pour l'année 2012, première année d'essai, les sondes capacitatives ont permis de mesurer l'eau consommée par les plantes ; 36 % d'eau a été consommée en moins par les maïs en semis direct mais ceux-ci ont présenté des rendements plus faibles qu'en labour. Toutefois, ramené au quintal de maïs produit, la différence reste en faveur du maïs en semis direct avec 2,3 millimètres par quintal contre 3 pour produire un quintal en situation labourée. L'efficacité de l'eau est donc d'un tiers supérieure en semis direct qu'en labour. » Ces résultats restent à confirmer.

Essais à venir en sols de coteaux non irrigués

Comment expliquer cette différence ? « En observant les profils racinaires, nous trouvons 50 % de racines en plus sur un mètre de profondeur en semis direct qu'en labour, ce dernier présentant une semelle à 30 centimètres qui limite la présence de racines en dessous, explique Sylvain Hypolite. Avec le semis direct, on 'verticalise' le profil avec des pores créés par les lombrics et les racines vivantes au contraire du labour qui a tendance à produire des strates horizontales. L'infiltration des eaux de pluie et de l'irrigation est favorisée, de même que la capillarité de bas en haut du profil en période sèche. »

En 2013, l'essai a été noyé sous le trop plein d'eau tombée du ciel mais il est reconduit en 2014. D'autre part, il s'agit d'une situation de monoculture de maïs en fond de vallée sur une plaine alluviale assez profonde faite de sols limono-argileux. Mais les résultats constituent une première piste de ce qu'il est possible de réaliser pour améliorer le fonctionnement de l'eau dans le sol. « La mise en place d'essais sur des coteaux argilo-calcaires non irrigués est prévue pour étudier le comportement hydrique des sols en sec », ajoute Sylvain Hypolite.

L'eau s'infiltré mieux dans des sols semés en direct

Les essais d'Agro d'Oc ont été inspirés par les observations des adhérents et par des travaux suisses, au début des années 2000. « Lors de fortes pluies, l'eau s'infiltré mieux dans les sols du système en semis direct. 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 », observait Wolfgang Sturny, un agronome suisse. Dans le Sud-Ouest, beaucoup d'exploitations agricoles sont passées au non labour pour des questions d'efficacité économique et aussi pour lutter contre l'érosion, très forte sur les zones de coteaux. Le corollaire est de rendre l'eau plus efficace pour les plantes.

« Dans les systèmes de travail du sol très réduit, un projet de recherche en cours a pour objectif de quantifier les capacités de stockage en eau avec l'idée que l'on peut augmenter les réserves des sols en eau et l'alimentation des nappes souterraines, informe Lionel Alletto, enseignant chercheur à l'Inra de Toulouse et École de Purpan. Une conséquence peut être d'économiser un ou deux tours d'eau sur un maïs, ce qui est significatif vu les surfaces irriguées dans

certains bassins de production. »

Petit lien entre matière organique et réserve utile

Un niveau élevé de matière organique (MO) est souvent mis en avant pour induire une bonne structure du sol, et par là même, une amélioration de réserve utile. Mythe ou réalité ? « La réserve utile se fait principalement dans la microporosité du sol liée à la qualité du complexe argilo-humique (argile et matière organique). Toutes les pratiques tendant à améliorer les teneurs en MO augmenteront la réserve utile du sol, certifie Lionel Alletto. Cette MO augmente la capacité de stocker mais ne change pas le point de flétrissement permanent. »

Pour Alain Bouthier, ingénieur d'études sols, fertilisation et irrigation à Arvalis, « il faut probablement un écart important de teneur en MO pour mesurer un enjeu significatif sur le stockage de l'eau. Dans deux essais, des amendements organiques

appliqués annuellement pendant neuf ans comparés à une fertilisation minérale ne laissent pas apparaître d'effets importants sur des paramètres physiques comme la stabilité structurale et les propriétés de stockage de l'eau, bien que la MO ait augmenté de 0,4 %. Par contre, la conductivité hydraulique de la couche arable en conditions d'humidité proches de la saturation s'accroît avec les amendements organiques car ceux-ci augmentent indirectement la macroporosité due à la vie du sol. Cette meilleure capacité d'infiltration de l'eau peut accélérer le ressuyage de la surface du sol en période hivernale, ce qui représente un enjeu important pour des sols hydromorphes drainés. L'eau s'évacue plus vite en profondeur vers les drains et les cultures souffriront moins longtemps d'excès d'eau les hivers humides comme ces dernières années. » Manque ou trop plein d'eau, le sol doit répondre à toutes les situations.

L'agriculture de conservation en steppe Le semis direct comme alternative Par Rédaction nationale le 01-12-2010

L'alternative au manque de terrains cultivables en milieu steppique vient d'être tracée, dont la plus importante est en phase d'atteindre sa vitesse de croisière, notamment dans les wilayas steppiques du sud-ouest du pays.

En effet, une nouvelle technique a été introduite ces dernières semaines par les services du Haut-Commissariat au développement de la steppe (H-CDS) qui consiste à aider des agriculteurs par des semis directs sur couverture végétale. Une approche par laquelle la semence est placée directement dans le sol qui n'est pas nécessairement préparé, où il suffit juste de creuser un trou ou un sillon de profondeur et largeur suffisantes pour garantir une bonne couverture et un bon contact de la semence avec le sol. Sauf qu'il faudrait au préalable éliminer les mauvaises herbes avant et après le semis, soit par des procédés mécaniques ou par des herbicides les moins polluants possibles pour le sol qui doit toujours rester couvert.

D'après les cadres en charge de cette expérience, il s'agit d'une technique moins coûteuse qui consiste en un mélange de semences et d'engrais que le semoir réparti minutieusement à travers les sites choisis, un matériel mis à la disposition des agriculteurs, qui devront uniquement se charger de l'achat de la semence et du désherbage.

Pour ce, le suivi de l'opération est assuré par des cadres du H-CDS, accompagnés par ceux de la DSA et de la Chambre d'agriculture pour des besoins de vulgarisation à grande échelle. Par ailleurs, un séminaire a eu lieu au début du mois d'octobre dans la wilaya de Sétif où plusieurs débats ont été menés par des experts syriens, venus expliquer les bienfaits de cette opération en milieu aride et semi-aride.

Ainsi, pour la région du sud-ouest, l'expérience a été lancée à Saïda avant d'atteindre les autres régions, comme El Bayadh, Naâma, Tiaret et Mascara où des dizaines d'agriculteurs ont déjà sollicité les services du H-CDS, qui sont chargés de mener cette opération, pour le rappel, à travers les 23 wilayas pastorales et agropastorales qui découlent de leurs compétences.

Selon le commissaire régional du H-CDS à Saïda, M. Oubelaid, pour un début, l'opération a été une réussite totale si bien que plusieurs agriculteurs ont été refusés à cause de la nature expérimentale de l'opération qui devrait toucher, pour l'instant, uniquement quelques sites ne dépassant pas 5 hectares. Sa généralisation dépendra aussi de l'évaluation qui coïncidera avec la période des récoltes.

POINT ESSAIS

Récolte des essais maïs grain.

COLZA, IMPLANTATIONS AU STRIP TILL Cette année, malgré des conditions de sol humide, la levée est bonne et régulière. La technique d'implantation au strip till confirme les bons résultats obtenus les années précédentes.

Cette technique connaît un vif succès chez certains agriculteurs de l'ouest du département depuis deux ans. Le strip till est souvent employé sur des sols argileux où les techniques classiques (labour et semis combiné) donnent des résultats irréguliers.

Bulletin Technique de la SCAEL 2014.

The Practical Implementation of Conservation Agriculture in the Middle East

Stephen Loss¹, Atef Haddad¹, Jack Desbiolles², Harun Cicek¹, Yaseen Khalil³, and Colin Piggin⁴

1 - International Center for Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA) 2 - University of South Australia 3 - University of Western Australia 4 - Australian Center for International Agricultural Research (ACIAR)

Cover pictures: Top left – ZT seeder training (Mushagher Jordan). Bottom left – Inter-row lentil between cereal straw (Tel Hadya Syria). Top right – ZT planting into cereal residue (Tel Hadya Syria). Bottom right – Pioneer farmer, Sinan Al-Jalili, discusses point design (Mosul Iraq).

Acknowledgements

We would like to thank the Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) and Australian Agency for International Development (AusAID) for support through the project CIM/2008/027 which contributed so much to the information in this manual. The outstanding farmers and seeder manufacturers in Syria and Iraq welcomed us into their local communities and taught us much about their farming systems and culture – together we learned how to adapt zero-tillage and conservation agriculture to their conditions. We gratefully acknowledge the support of our collaborating research and extension scientists, private consultants, agricultural companies, non-government organizations, and ICARDA government liaison staff for conducting the extensive participatory extension programs in Iraq and Syria during 2006-14, and we also want to recognize the many technical staff that assisted in the extensive field experimental program in Syria, Iraq and Jordan. Our gratitude also goes to Mr. Sinan Al-Jalili, Iraq, who provided a final edit of this publication. Many of our collaborators are struggling in the difficult current conditions in Syria and Iraq, but nonetheless, are doing a wonderful job in continuing to promote CA in their countries.

List of ACronyms

ACIAR: Australian Centre for International Agricultural Research AusAID: Australian Agency for International Development BOF: break out force CA: conservation agriculture CT: conventional tillage DAP: diammonium phosphate DD: direct drilling FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations F: natural resistance or force of the soil against the opener Hmax: clearance height or 'jump height' of the seeding system ICARDA: International Center for Agricultural Research in Dry Areas L1%: the distance the seeder needs to travel to seed 100m² MT: minimum tillage NT: no tillage TSP: triple superphosphate ZT: zero tillage

TABLE OF CONTENTS

Acknowledgements

2 introduction What is conservation agriculture?

2.1 Minimum soil disturbance.

2.11 Benefits of low soil disturbance

2.2 Soil cover and crop residues

2.21 Benefits of soil cover

2.22 Feeding livestock or the soil?

2.3 Rotation

2.31 Benefits of crop rotation .

2.4 Other crop management practices

2.41 Variety selection

2.42 Time of seeding

- 2.43 Seeding depth
- 2.44 Seed rate
- 2.45 Nutrient management
- 2.5 Overall benefits of conservation agriculture
- 2.51 Production
- 2.52 Environmental
- 2.53 Economic
- 2.6 CA adoption around the world
- 2.61 CA in the Middle East
- 3.1 Definitions of tillage systems
- 3.2 Key seeder components
- 3.3 Zero-tillage and conventional seeders
- 3.31 Openers
- 3.32 Break-out force
- 3.33 Row spacing and tine layout
- 3.34 Box height, frame height and tine length
- 3.35 Seed and fertilizer placement
- 3.36 Closing devices
- 3.4 Converting CT seeders to ZT
- 3.5 Local manufacture of ZT seeders
- 3.6 Seeder calibration
- 3.7 Field operation
- 3.8 Seeder maintenance
- 4.0 Weed, Disease & Pest management**
- 4.1 Weed Management
- 4.11 Herbicide resistance
- 4.2 Disease Management
- 4.3 Management of insects and other pests
- 5.0 CA in orchards and alley cropping**
- 6.0 CA under irrigated systems**
- 7.0 Promoting adoption of CA**
- 7.1 Availability of ZT seeders
- 7.2 Participatory extension approaches
- 7.3 CA demonstrations and farmer incentives
- 7.4 Training and education
- 7.5 Field Days
- 8.0 CA misperceptions and challenges**
- 8.1 CA won't work in my conditions
- 8.2 I was told I must use a disc ZT seeder to eliminate soil disturbance
- 8.3 I was told I must not graze my crop residues
- 8.4 Legumes and other crops are more work and don't yield like cereals
- 8.5 Fallow gives the soil 'a rest' and boosts the yields of following crops
- 8.6 Weeds or other pests will take over my fields if I don't plow
- 8.7 CA needs more inputs, especially pesticides
- 8.8 ZT contradicts our knowledge and culture
- 9.0 moving towards conservation agriculture**
- 10.0 more information**
- 10.1 References and further reading

1 introduction

This publication is designed to help innovative farmers, machinery manufacturers, extension specialists, and researchers learn more about conservation agriculture (CA) in the Middle East, especially the practicalities of implementing the various CA principles in the field. Although CA was little known in the Middle East prior to 2005, it has been increasingly adopted around the world over the past four decades, and has been adapted to almost all crops, soil types, climatic zones, and farming systems.

There is no 'one recipe' for CA that works everywhere - even within the same region, the CA system must be

modified to each situation to maximize the efficiency of crop production while arresting soil degradation and maintaining or improving the natural resources of the environment. Also the transition to CA is not easy, especially for small uneducated farmers, and it is important to simplify the technology and minimize the risks of failure during the transition phase. In the Middle East where livestock production is closely integrated into crop production, there are compromises required between the implementation of the CA principles and the realities of livestock production activities, especially the grazing of crop residues. Also, crop rotations are dominated by cereals and it is difficult to promote the benefits of legumes and other rotational crops which are often less profitable in the short-term. These limitations form the basis of a gradual approach to 200 plants/m², when sown carefully with ZT seeders and using quality seed with a high germination rate (more than 95%). The implementation of a partial or simplified CA system in the Middle East.

This publication relies heavily on knowledge and lessons learnt by a project that was successful in developing and promoting simplified CA systems in the drylands of northern Iraq. The project was funded by the Australian Center for International Agricultural Research (ACIAR) and managed by the International Center for Agricultural Research in Dry Areas (ICARDA) from 2005-2015. As part of the project adaptive research was conducted in Syria, Iraq, and Jordan, as well as southern and western Australia which is directly applicable to other areas of the Middle East and North Africa which experience a Mediterranean environment. In addition to promoting the adoption of simplified CA systems in Iraq, the project had major spill-over benefits in Syria, and strongly influenced CA awareness and development in Jordan, the West Bank Palestine, Turkey, Iran and North Africa where agro-ecological conditions and farming systems are similar.

The project showed that CA, especially the elimination of plowing and the use of zero-tillage (ZT) which in turn allowed early sowing, results in immediate and significant cost savings, increases in crop growth and grain yield production, reduced environmental degradation, and over time improved soil quality. In particular, early sowing decreases the risk of crop failure under dry conditions and reduces the negative effects of climate change and variability. Conservation agriculture, even a simplified version for initial adoption, has the potential to produce significant agronomic, economic and environmental benefits, and enable countries to intensify their farming systems in a sustainable manner with major paybacks in terms of greater food security and reduced reliance on food imports.

figure 1: A farmer with his Zt and conventional barley at Hama syria (left) and another younger farmer with similar lentil plants from Aleppo syria (right) ♦

The project realized that the lack of suitable ZT seeders was a major limitation to elimination of plowing and adoption of CA in the Middle East. Australian engineering experts, ICARDA project staff and leading farmers worked with local workshops in Syria, Iraq, Jordan and Iran to produce simple, small and effective ZT seeders at affordable prices for small to medium farmers. The project also conducted participatory extension campaigns in Iraq and Syria to encourage farmers to test ZT seeders and adapt the technology for their own conditions. These activities proved highly successful and the area of ZT adoption reached 15,000 hectares in Iraq in 2014, and 30,000 hectares in Syria in 2012, both from a zero starting point in 2006. There are important lessons that can be learnt for these collaboration and extension efforts.

While there are many advantages with the adoption of CA systems, there are also potential difficulties and limitations that need to be managed. It would be complex and risky to implement all aspects of CA simultaneously in the field, because there is a good chance that one practice may not work correctly and dramatically reduce the overall benefits of CA. After a major initial failure, farmers may not be willing to try CA again. Hence, a step-wise approach to CA is often best, taking into account the realities on the ground and the risks created from the adoption of each change. This applies equally to farmers testing CA systems on farm and scientists working on research stations.

figure 2: Zt seeder design, operation and performance training in Erbil iraq, 2012 ♦

We hope this publication will help farmers, researchers, extension specialists, seeder manufacturers and other stakeholders avoid some of the common problems and errors made when implementing CA for the first time, especially within the medium to low rainfall, mixed farming systems of the Middle East and other regions with a Mediterranean-type environment. If mistakes can be avoided, then it is likely that CA proponents will persist in developing a successful CA system that is optimized for their local situation.

You will notice a strong emphasis on ZT seeders in this publication. This is because we believe the elimination of plowing is the most important principle of CA in the Middle East. The ZT seeder is usually the critical starting point when developing a CA system and often holds the key to effective adoption. It has to be well designed for local conditions and operated correctly, otherwise the performance of the whole system will be compromised.

We tried our best to keep the text in this publication to a minimum while retaining sufficient detail to cover the major points, and to include many enlightening pictures and illustrations. This manual is longer than we initially intended, but we hope the users find it worthwhile and that they refer to sections of interest as they need. We sincerely hope that it prompts the readers to learn more about CA in their own individual situation through field testing and further research.

What is conservation agriculture?

Over the past 40-50 years conservation agriculture (CA) has been practiced in various parts of the world, and there are considerable differences in how it is implemented and what it means to farmers and researchers in different regions. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), CA is “an approach to managing agro-ecosystems for improved and sustained productivity, increased profits and food security, while preserving and enhancing the resource base and the environment”.

In essence, CA is concerned with profitable and sustainable agricultural production – that is, maximizing farm profits in the long-term by optimizing agricultural production while conserving inputs (labor, fuel, seed, fertilizer, pesticides, etc.) and minimizing or mitigating any impacts on natural resources (soil, water and air). In most parts of the world, CA concepts are primarily applied to crop production, but the underlying philosophies can and should also be applied to the whole farming system including animal production, especially where crop and livestock production are highly integrated, as in the Middle East, North Africa, and many parts of Australia.

Three core principles have been generally accepted as defining CA:

- 1) minimum soil disturbance,
- 2) permanent soil cover, and
- 3) diversified crop rotations.

In addition to these three core principles, the successful implementation of CA also depends upon many other good agronomic practices, such as appropriate implementation of time of seeding, seed depth, seed rate, variety selection, nutrient management, and weed, disease and pest management. Let's start by examining each of the three main principles.

2.1 minimum soil disturbance

The most fundamental principle of CA is minimum soil disturbance, especially in the Middle East. For many centuries, minimum soil disturbance through the use of dibble sticks, hand hoes and small animal-draw cultivators was practiced by ancient cultures in the Middle East where agriculture was first practiced. In this and other parts of the world where agriculture relied on human or animal power, the area of cultivation and level of soil disturbance was restricted. However, with the adoption of tractors and modernization of agriculture in the early 20th century, tillage and the amount of soil disturbance were dramatically increased.

Tillage was used to reduce the population of weeds, diseases, insects and other pests, to prepare a loose, clean and flat soil-bed for the seeding operation, and to conserve soil moisture during fallow periods for following crops. These aims were not always achieved efficiently, and high levels of soil disturbance relying on heavy machinery had many negative impacts, such as the high energy costs, degradation of soil structure including development of hard-pans, reduced water infiltration, and increased risk of soil erosion.

In the USA and Canada, the degradation of soil and declining crop productivity culminated in huge erosion problems during the 'Dust Bowl' era of the 1930s, which encouraged some farmers and agronomists to consider reducing tillage. 'Plowless' farming, strip farming and 'trash-cover' were introduced as early conservation tillage methods to control soil erosion and reverse soil degradation. Seeders that could sow directly into undisturbed soil were developed in the 1940s but the accumulation of crop residues causing blockages, and weed management proved to be a major issues. By 1960s, the development of the broad spectrum herbicide atrazine enabled farmers to plant crops without prior tillage and manage weeds effectively. Later, direct seeding systems were also developed in Australia and South America with the adoption of glyphosate and other herbicides. The other two principles of CA (i.e., soil cover and rotation) were not an important part of these early no-tillage or zero-tillage (ZT) systems.

Minimum soil disturbance and the use of effective ZT seeders is the backbone of CA in most regions of the world, and without this principle it is very difficult to realize the benefits of the second principle, soil cover. Minimum soil disturbance is generally understood as seeding crops into uncultivated land - see section 3.1 for a detailed

description of the various levels of soil disturbance, especially as it relates to seed drills.

As in many parts of the world, two or three tillage operations before sowing have been a common part of cropping in the Middle East for many decades (Fig. 3). Elimination of these is a critical part of the low soil disturbance principle in conservation agriculture systems, and this requires a major change in mind-set amongst farmers, extension specialists and researchers.

figure 3: moldboard and disc plowing in syria and iraq two or three tillage operations before sowing, common in the middle East, create very high soil disturbance

2.11 Benefits of low soil disturbance

The main drivers of the adoption of low soil disturbance in southern Australia and other parts of the world were:

- 1) eliminating fuel, machinery and labor costs associated with tillage operations,
- 2) allowing early sowing,
- 3) conserving soil moisture in the early part of the growing season through improved rainfall infiltration and reduced evaporation, and,
- 4) reducing the risk of soil erosion and enhancing soil fertility. The initial adoption of ZT in Australia in the 1970s and 80s coincided with an increase in the cost of fuel (and other inputs) relative to the price of grain and other products, which forced farmers to become more efficient to remain viable. The elimination of plowing operations not only saved fuel and labor, it also allowed sowing soon after the first autumn rains which boosted water-use efficiency and grain production of cereals and other crops.

Similar benefits have been shown in Syria and Iraq when sowing in late

October or early November before or immediately after first rains, compared to the traditional sowing time of December often four to six weeks after the first rain. This is particularly important under dry and variable seasons, which are expected to increase in the Middle East because of the effects of climate change. See section 2.42 for more details on time of sowing.

Plowing promotes the evaporation of water from the soil and reduces valuable moisture for seed germination and crop establishment in the early part of the growing period. While tillage can initially improve water infiltration in degraded soils, it is only a short-term effect - once 1020mm of rain occurs, the weak structure of the tilled soil often collapses and becomes re-compacted, and its ability to absorb further rain quickly is reduced, causing wasteful surface run-off and increased risk of erosion.

This was illustrated very clearly on a clay-loam soil at an experimental site in South Australia. The field had history of ZT, and this was the first year of the full tillage treatments in the experiment which had immediate detrimental effects. Following 40mm rainfall 3-4 days after sowing, water accumulated on the soil surface and run-off was seen on cultivated plots, while plots sown with a ZT seeder showed good infiltration of the rainfall (Fig. 4). This rainfall was followed by 15 days of dry weather, causing the soil surface to dry out and a hard crust was formed on the soil surface of the cultivated plots. Consequently, plant emergence was reduced by 20% in the cultivated plots compared to the ZT plots.

Figure 4: An experimental site in South Australia shows poor infiltration on cultivated plots (right) compared to the Zt plots (left) after heavy rainfall, even without residue retention

Zero-tillage Cultivated

Improved infiltration of rainfall into the subsoil and less ponding of water on the surface of undisturbed soils means the topsoil is likely to be less sticky after heavy rain, which can enable earlier sowing compared to tilled soils. Reduced water run-off also means improved storage of water in the subsoil and less risk of water erosion, especially on sloping sites. By not disturbing the soil, the surface area exposed to erosion is minimized, and the improved soil structure makes it more resistant to the erosive forces of water and wind.

Plowing promotes the breakdown of soil organic matter and degrades the soil structure. Heavy tillage work is most commonly associated with mechanical compaction, contributing to the destruction of soil structure. Contrary to traditional thinking, most soils that have not been tilled become soft and friable in the medium to long term when their organic matter content and structure are improved. Old root channels and biopores which are typically destroyed by tillage, remain intact and strengthened in undisturbed soils, and these promote good aeration and infiltration of rainfall, rapid and extensive root growth, and better uptake of moisture and nutrients. Massive cracking, sometimes evident on heavy clay soils with a blocky structure, is also reduced as the soil structure

improves.

On some tilled soils, a hard compacted layer, known as a hardpan or plowpan, develops just below the depth of tillage operations (usually 10-15cm), especially with frequent high disturbance plowing when the soil is wet and the use of heavy machinery causing soil compaction. These hardpans suppress root growth and the infiltration of water into the subsoil, increasing the risk of waterlogging and causing inefficient uptake of water and nutrients from the subsoil. Hardpans can be detected manually by inserting a metal rod (5-10mm diameter) into the soil.

In such cases, the growth of some deep-rooted crops (such as radish or canola) can help break up the plowpan layer, but this may take several years. It is often pragmatic to loosen the hard layer with deep tillage and then level the soil surface before ZT is introduced, so that crops can benefit immediately. Once ZT is established within a field any heavy traffic should be kept to a minimum to avoid further compaction, particularly when the soil is wet.

2.2 soil cover and crop residues

The second principle of CA is the maintenance of adequate soil cover to further minimize the risk of erosion, and reduce evaporation of soil moisture, while increasing soil fertility by increasing the organic matter content and recycling nutrients from crop residues to the soil. Heavy residue retention can also suppress the germination and establishment of some weed species.

In some parts of the world where two or more crops can be grown each year, the production of a cover crop has been advocated to increase soil organic matter and protect the soil during times of the year when the soil is normally fallow, while also diversifying the rotation. This is only possible in high rainfall areas that have an extended growing season or with the use of irrigation. Cover crops cannot be grown over summer in Mediterranean environments without irrigation, and in rainfed areas of the Middle East the only way to protect the soil is by retaining the crop residues (straw and stubble) after harvest.

The crop residues after harvesting the grain includes loose and anchored stubble on the surface (affecting soil cover), as well as below ground root material, an aspect often overlooked in low residue CA systems but significant in its effect on soil improvement and organic matter increase. It has been recommended by several institutions that enough crop residue is retained to cover at least 30% of the soil surface. However, this generic approach is based on soil erosion measurements on sloping ground and the optimum is likely to vary significantly between different locations, regions and production systems.

One of the main challenges of the ZT seeder in CA systems is to be able to sow crops effectively between surface residues without causing problems and leaving most of the residues in place (Fig. 5). This is discussed in detail in section 3.0.

2.21 Benefits of soil cover

Soil cover serves many important purposes. Some of the benefits can be obtained in the short term and others take time to be realized, and many go hand-in-hand with minimal soil disturbance discussed above.

The short-term benefits of soil cover include:

1. reduced wind and water erosion,
2. increased rain water infiltration,
3. reduced evaporation and water loss, and
4. more favorable microclimate for the emerging crops.

Figure 5 the retention of residues from the previous crop over summer and during the early part of the growing period provides many benefits to the soil and crop.

In terms of the micro climate, retained residues not only minimize soil evaporation, they also reduce wind speed at the soil surface especially if the residues are left standing, and lower temperatures due to shading and insulation. While the reduced temperatures are generally an advantage in moderate Mediterranean-type environments, this can be a disadvantage in continental or highland climates where crops are often sown into cold soils which limit emergence and early growth. Deep furrows created by tine-type ZT seeders can also help protect emerging seedlings from wind.

Some of the long-term benefits of soil cover may include:

1. increased organic matter and improved soil structure,
2. protection and enhancement of soil biological activity,
3. increased recycling of nutrients and reduced fertilizer requirement, and

4. suppression of some annual weeds (especially smothering of broadleaved weeds) and potentially reduced herbicide inputs.

These long-term benefits may take four to five years or more to take effect, depending upon the amount of residue that is retained, the rainfall and the soil type. In dry environments, the amount of biomass produced by crops is relatively low, so even when all of the crop residues are retained, these benefits will take longer compared to more favorable environments where the production of biomass is greater.

2.22 feeding livestock or the soil?

In the Middle East, the cereal residues after harvest are almost always grazed by sheep and goats because they are valuable stock feed over summer and autumn when limited or no green feed is available (Fig. 6). After grazing, there is often little (if any) crop residue left on the soil surface. Crop producers are often paid for this feed, and in dry seasons the crop residues can be worth more than the harvested grain. In addition many legumes in the Middle East are still manually harvested, whereby all of the plant material (including some of the roots) is removed and used as a nutritious stock feed.

In many regions of the Middle East, livestock owners have the communal right to graze stubbles, even if this is against the wishes of the crop producer, and fencing is not used for field crops with relatively low value. Therefore, it is practically difficult or culturally impossible to protect crop residues in most cases, and the lack of soil cover is usually considered one of the main challenges for the successful implementation of CA in the region.

figure 6: in the middle East and other parts of the world, there is a large demand to feed crop residues to livestock, rather than retaining the stubble and straw to benefit soil fertility for following crops.

However, there is an ongoing debate whether stubble grazing in CA systems significantly reduces soil quality and crop productivity. The value of the crop residues for livestock production compared to the benefits in soil fertility and the production of following crops is the topic of ongoing research. Is it better to feed the crop residues to livestock or to 'feed the soil'? Much of the organic matter and nutrients consumed by animals are returned to the soil through their dung and urine, so grazing may not be as detrimental as commonly asserted. This argument is supported by experience in Syria and Iraq where farmers who adopted ZT while heavily grazing their stubbles as per normal, still achieved significant cost savings and increased production, especially when they sowed early.

There is evidence from Australia which shows that crop stubbles can be lightly grazed and provided 1.5 to 2.0 t/ha of residues are retained, this is adequate to protect the soil from erosion and maintain soil fertility. Also, animals grazing cereal residues gain the most nutritive benefit from the initial grazing period, during which they find the fallen grain and any green weeds. Once these are consumed the nutritive value of the remaining stem material becomes minimal. So it can be argued that there is a role for partial grazing to benefit both the livestock and the soil. However, controlled grazing will be difficult to manage in the Middle East without sound fencing, and may not be socially acceptable.

In some cases where livestock pressure is less or non-existent, farmers often burn residues to facilitate tillage and seeding, especially in irrigated areas. This is particularly wasteful because most of the carbon and some other nutrients are lost. Burning of residues should be avoided and ZT seeders with good ability to seed into heavy stubbles used, perhaps along with a residue management operation before sowing e.g. raking or slashing.

2.3 rotation

Unlike the first two principles of CA which are relatively new technologies, crop rotation has been practiced by farmers around the world for millennia. The first farmers in the Middle East noted that their cereal crops (e.g. wheat, barley and rye) performed better after legume crops (e.g. lentil, chickpea, faba bean or vetch). Much later it was discovered that this is largely because legumes form a special symbiotic relationship with specific bacteria in root nodules which extract (or fix) nitrogen from air, and some of this nitrogen is released into the soil when the legume residues decompose for the benefit of following crops.

Most cropping areas in Middle East are suitable for growing a number of different cereal crops, legumes (many of which originate from this region) and/or horticultural crops. Food legumes such as lentils, chickpeas, faba beans as well as forage legumes such as vetches, grasspea, medics, clovers, can be rotated with cereals such as wheat, barley, and triticale. Forage legumes provide valuable stock feed, either by cutting them to produce hay or silage in spring, or by direct grazing during spring or after maturity. Forage crops not only provide diversity in the rotation, they also reduce the pressure on crop residues for stock feed. Fenugreek (*Trigonella*), cumin and coriander are other options for rotation with cereals.

Unfortunately, many governments in the Middle East and North Africa promote the growth of wheat over other

crops by subsidizing and guaranteeing high wheat prices in an attempt to enhance food security. These policies may reduce the need for wheat imports, but they also promote mono-cropping, and hence, reduce the overall productivity and sustainability of their farming systems. Also crops such as lentil, chickpea and faba bean are usually hand-harvested, and high labor costs make them less attractive economically than wheat.

Much can be done to diversify crop rotations in the Middle East. Taller genotypes together with improved crop management and machinery practices are needed to enable machine harvest of lentil and chickpea. For example, in a lentil-wheat rotation in Syria, sowing lentil between the rows of standing cereal straw from the previous year helped the lentil plants remain erect, increased canopy aeration (reducing disease risk), and assisted machine harvest at maturity (Fig. 7).

figure 7: A example of wheat:lentil rotation in syria - Zt lentil was sown between the rows of cereal straw from the previous year (inter-row planting), which helped the lentil remain erect, enabling machine harvest

Legumes tend to produce lower yields than cereals, but this is often offset by higher prices. The development of higher yielding varieties and enhanced crop management practices will encourage wider adoption. Also a higher level of farm organization and management is required to grow multiple crops simultaneously. The crop and farm management skills of many farmers in the Middle East need to be enhanced.

Cereal-fallow rotations are common in some dry regions of the Middle East. The aim of the fallow practice is to manage winter weeds with tillage and conserve soil moisture, and thereby boost production of the crop in the following winter season. Many farmers believe that soil fertility also benefits from a 'rest from production' in the fallow year. However, several studies in the Middle East and elsewhere have shown that the soil moisture conserved in the fallow year rarely boosts production of the following crop enough to compensate for the lost production in the fallow year. In some cases, farmers use a 'weedy fallow' where the weeds are allowed to grow and are then grazed in spring – this results in even less conservation of soil moisture and smaller benefits. The increases in soil fertility during fallow due to mineralization are typically small, especially in soils low in organic matter.

Instead of using fallow in their rotations, farmers in the Middle East and elsewhere are usually better off planting a crop every year, even if from time to time the crop does not produce a harvestable grain yield. Ideally fallow should be eliminated from rotations, especially the weedy fallow, and replaced with crops such as lentil and chickpea, or forage legumes. When fallow is the only alternative, chemical fallow or heavy grazing during early winter should be used to reduce weeds, rather than tillage.

Some organizations specify that three or more diverse crops are required to satisfy the requirements of a robust crop rotation for CA systems. The evidence for this is limited, and as with the soil cover threshold discussed earlier, the optimum amount of agronomic and economic diversity will vary enormously depending upon the environment, production system, and market prices. It is fair to say that the most common cropping sequence in the low rainfall areas of the Middle East relying solely on cereals (and perhaps fallow) is not sustainable, and greater diversity should be promoted, and greater diversity should be promoted.

2.31 Benefits of crop rotation

As mentioned above, legumes provide a special benefit through nitrogen fixation, thereby reducing the nitrogen fertilizer requirements of following crops. The rotation of crops provides other benefits.

When crop rotation is not practiced, CA and other cropping systems, become vulnerable to a build-up of diseases, weeds and insect pests. By rotating crops, the incidence of these problems can be reduced to minimal levels, especially when other management options (e.g. use of pesticides or tolerant varieties) are implemented. For example, selective herbicides can be used to reduce the populations of broad-leafed weeds in cereal crops, and grass weeds in legume crops. Therefore, the overall population of weeds in the cropping system can be reduced significantly when cereals and legumes are rotated and appropriate herbicides used in each phase.

The other benefit of crop rotation is a result of the diversity of products grown and the subsequent economic resilience. In cases where markets fluctuate widely from time to time, farmers are partially protected from the risk of a crash in the value of their main crop. For example, a farmer only growing wheat might be seriously affected if the wheat price falls dramatically, compared to a farmer that is producing wheat and one or two legumes every year.

This benefit is not so important in countries where farmers are guaranteed a fixed price for their crops by their governments, but in Australia and other countries, farmers experience fluctuations in grain and livestock prices depending on the world and domestic markets. Consequently, the market outlook has a large bearing on the crops planted and the numbers of livestock that are produced on a farm. Farmers benefit from an ability to grow a wide range of crops and animals, and have some flexibility to change the mix of crops and the numbers of livestock in

response to relative crop and livestock prices.

2.4 other crop management practices

As with any cropping innovation, the core principles of CA should be applied with other sound crop management practices to maximize the overall benefits. Good agronomic practices encompass all the crop management operations from seeding to harvest, and attention to detail in all practices is important for successful crop production. Below are some important other management practices that will enable CA systems to achieve their maximum potential. Weed, disease and pest management are especially important under ZT and this is discussed separately in section 4.0.

2.41 Variety selection

There is evidence in the scientific literature that some varieties may perform better under CA than conventional systems and that new varieties may need to be bred specifically for the new cropping system. However, preliminary work in Syria testing different wheat, barley, lentil and chickpea varieties found no differences between their performances under the two cropping systems – varieties that were high yielding under conventional system were also high yielding under CA, and vice versa.

Theoretically, varieties selected under CA could have different traits that make them specifically adapted to CA systems, compared to varieties selected under conventional conditions. For instance, cereals with longer and thicker coleoptiles (the protective sheath covering the shoot emerging from the seed) may be better able to emerge through tough soils and thick crop residues. However, such varieties specifically adapted to CA systems have not yet been developed.


Most crops are especially sensitive to frost damage at the flowering stage which can cause massive reductions in yields. For example, wheat planted in early October may flower in early April when the risk of frost is still high in some areas of the Middle East. With very early sowing (see 2.42 below), varieties with longer durations between emergence and flowering may be required in such cases. In frost prone areas of Australia, farmers keep seed of two or three varieties of wheat with varying flowering times, so that the risk of frost damage can be managed if there is an opportunity to sow very early. However, late flowering varieties sown at the conventional time or later are often exposed to heat and/or drought stresses in late April and early May. For late sowings, short duration varieties are best. In Mediterranean-type environments there is often a trade-off between frost damage if flowering is too early, and heat and/or drought stress if flowering is too late.

2.42 time of seeding

Many crops in the Middle East region are traditionally seeded during December. Farmers usually wait for the first rains in autumn to germinate the weeds, and then cultivate several times to kill the weeds and prepare a suitable soil tilth before sowing commences. Late arrival of the rains may significantly delay sowing under such a strategy and sowing in January is occasionally required.

A number of experiments and farmer experiences around the world in areas which have a Mediterranean-type environment, including the Middle East, have shown that early seeded crops have greater water-use efficiencies and grain yields compared to crops where sowing is delayed, especially in areas with less than 450mm rainfall p.a. (Fig. 8). This is because early sown crops are able to make use of the first rains and establish rapidly under warmer temperatures in autumn. Also, compared to recommendation: Based on the limited results from Syria, we recommend that farmers use the same best available varieties for conventional and CA systems, even though they may not have been developed specifically for CA.

late sown crops, early sown crops fill grain earlier in spring when temperatures are likely to be cooler and more soil moisture is available. On average, early sown crops avoid heat stress and moisture deficits in early summer. See comments on frost risk in 2.4

figure 8 Mr Hussin Al-Deghim shows the difference in barley growth between his late sown field after conventional tillage (left), and early sown field using ZT (right), just before harvest at Jarjanaz, syria 

In southern Australia, the yield benefit of early sowing is between 15-35 kg/ha for every day seeding is advanced, or up to 250 kg/ha for each week earlier the crop is sown. The opportunity to sow crops early was a major incentive for Australian farmers to eliminate tillage operations and develop direct seeding or ZT systems. Under ZT, crops in the Middle East can also be seeded immediately after the season's first rains in October or November. Sowing

before the rain into dry soil is also possible before weeds have a chance to germinate, and this has been used successfully by farmers in Syria and Iraq.

As in Australia, early seeding is one of the key benefits of ZT in the Middle East. In a long-term experiment in northern Syria, zero-tillage which enabled early sowing increased the yield of wheat, barley, lentil and chickpea by 12-20% on average, compared to the traditional practice of late sowing after conventional tillage (Fig. 9).

figure 9: the mean yields of four crops sown early using zero-tillage (Zt Early) and those sown 4-6 weeks later with conventional tillage (Ct Late) over four years in northern syria

The benefits of early sowing are not as great in legumes, compared to cereals. In particular chickpea is prone to cold temperatures in winter which reduces pod-set and may also increase the risk of foliar diseases like Ascochyta Blight. In very cold areas chickpea is often sown in spring to avoid these issues. Farmers should start their sowing program with cereal crops before moving on to legumes, leaving chickpea to last.

In regions with more than 450mm rainfall p.a. water is not such an important limitation and the benefits of early sowing are not as great in as drier areas. In some areas there is sometimes late summer rain which promotes early weed growth. If farmers are using ZT and are not ready to plant crops, there is an opportunity to graze these weedy fields immediately before sowing at a time when animal feed is usually in short supply and shepherds have to rely heavily on supplementary feeds, usually barley. Under the traditional CT system, this growth is often plowed into the soil and grazing is not possible.

recommendation: In medium and low rainfall areas, sowing cereal crops as early as possible, either immediately after the first effective autumn rains, or even into dry soil before the first rains, maximizes their water-use efficiency and grain yields in the long term.

2.43 seeding depth

In the Middle East, some farmers still plant their crops by hand-broadcasting seeds onto cultivated or ridged soil (Fig. 10), and then cover the seeds by cultivating again or splitting the ridges. This practice, known as 'broadcast over ridges', causes variable placement of seeds. Some seeds are placed so deep that they do not emerge at all, or expend too much energy emerging from depth, while others on or close to the soil surface are exposed to dry conditions and predation by birds and other pests.

figure 10 spreading seed by hand followed by mechanical incorporation is still used in parts of the middle East
Even when seed drills are used to plant crops, many farmers do not pay enough attention to the calibration and operation of the drill to achieve uniform and optimum seeding depth on all seed rows across the whole field. See sections 3.6 and 3.7 for details of seeder calibration and operation.

In the case of sowing into dry soil before the first effective rains, relatively deep sowing at 5-8 cm is recommended, as this will help prevent partial seed germination if light early rains occur. **Some cereal varieties have long coleoptiles and are better able to emerge from depth than others.** For chickpea and lentil, the optimum sowing depth is similar to cereals, but in general large-seeded legumes are better able to emerge from deeper sowing.

Figure 11. Seed depth needs to be checked and adjusted carefully in each field before commencing sowing

2.44 seed rate

To compensate for high seed losses due to variable seed depth and poor quality seed, Middle Eastern farmers typically use high seed rates. For cereals, 150 to 250 kg/ha is common. Farmers in this region like to see a thick crop after emergence (more than 300 plants/m²). However, this causes excessive competition between plants for moisture (especially under dry conditions), nutrients and light, and ultimately reduces grain yield.

Experiments in Syria, Iraq and Jordan show that the optimal seeding rates for most cereals are in the range of 70 to 100 kg/ha targeting 150-200 plants/m², when sown carefully with ZT seeders and using quality seed with a high germination rate (more than 95%).

Recommendation: In general, the optimal seeding depth for cereals is between 4 to 6 cm, depending on the region, soil type and soil moisture conditions at planting.

For lentil and chickpea, 100-120 kg/ha is recommended. In countries where price of seed is high, reduced seed rates can represent a significant cost saving in CT and ZT systems alike. When increasing seed of new varieties, the recommended seed rates should be reduced by 30-50% to maximize the number of seeds produced per plant and

the overall multiplication rate.

Some farmers wrongly believe that under CA, higher inputs of seed are required to achieve the higher yield potential. High seed rates are wasteful and detrimental to yield, especially under dry conditions, and reducing seed rates can represent a significant cost saving.

figure 12 Mr Waad Ahmed inspects the establishment of his wheat crop sown at 90kg/ha on 30cm row spacings, near mosul iraq.

2.4.5 nutrient management

Soils in the Middle East were once relatively fertile. However, deficiencies of phosphorus and nitrogen are now widespread after many centuries of crop production and export of nutrients in grain, in combination with soil erosion. Fertilizers are somewhat expensive, but in most cases they are important inputs which allow the crop to achieve its potential, especially if the yield potential is increased with CA and early sowing. Plants suffering from nutrient deficiencies suffer from low water-use efficiency and can be more susceptible to weeds, diseases and insects.

Recommendation: *We suggest seed rates of 70 to 100 kg/ha for cereals and 100-120 kg/ha for lentil and chickpea, depending upon the mean seed weight and viability.*

Good nutrient management practices should be followed under CA where high biomass production and inputs of organic matter to the soil are desirable. As with all inputs, it is important to maximize the benefits produced by each fertilizer application, and eliminate unnecessary applications which do not increase yields and provide a good economic return. While there may be greater recycling of nutrients in CA systems where crop residues are retained, these are likely to be small, and only slight changes to nutrient management are probably required.

Soil testing by a reliable laboratory is the best way to determine if phosphorus is likely to be limiting, and how much should be applied as fertilizer, either diammonium phosphate (DAP) for cereals, or triple superphosphate (TSP) for legumes. Pre-seeding fertilizer is traditionally broadcast and incorporated into the soil by tillage operations in the Middle East. This results in low nutrient availability and poor uptake by the crop. When phosphorus fertilizer is placed in furrows near the seed with modern seed drills, it is immediately available to the seedlings, and rates can be reduced compared to traditional application methods - see 3.35 for more machinery details.

The crop's requirement for nitrogen fertilizer (urea, ammonium sulphate, or ammonium nitrate) will depend upon the crop rotation and its yield potential. As mentioned previously, cereals following legumes will have a lower nitrogen requirement than cereals following a non-legume. Provided legumes are well nodulated, they do not require nitrogen fertilizer.

Because of the lack of legumes in the rotation, many cereal crops in the Middle East benefit from the application of nitrogen fertilizer, especially if the rainfall is above average. Nitrogen is normally broadcast to cereal crops during the early to late tillering stage of development, provided crop establishment, weed populations, rainfall and seasonal conditions are favorable and average to high yields are expected (Fig. 13). If growing conditions are not promising and the yield outlook is low, then the application of nitrogen fertilizer may not produce a yield benefit which covers the cost of the fertilizer, resulting in an economic loss.

Recommendation: *Experience with ZT cereals in Syria suggests 150 kg/ha DAP be applied if the soil P level is less than 5 ppm, 100 kg/ha DAP for 5-10 ppm, and 50 kg/ha DAP for 10-15 ppm. No P fertilizer is required if the soil P level is above 15 ppm. The same rates of TSP can be used for legumes.*

figure 13 nitrogen fertilizer can be top-dressed at the mid to late tillering stage of the crop, if yield potential looks promising.

2.5 Overall benefits of conservation agriculture

When all the principles of CA are combined along with the other good agronomic practices, many significant benefits are produced. Technologies that benefit the environment can often have a negative effect on crop productivity and short-term profitability. However, CA is one of few practices which can enhance yield, economic returns, and food security while conserving or improving the natural resources. It benefits the farmer as an individual and the wider community simultaneously. In addition, CA is an important way of coping with climate change and increasingly variable seasons, especially in the Middle East.

The benefits of CA can be broadly characterized into three broad categories: production, environmental, and economic.

2.51 Production

Productivity increases are common in well managed CA systems. These may take several years to develop, because some of the improvements in soil fertility are long term, and farmers may need to become familiar with new crop management practices while adapting the CA system to their individual farming operations over a period of the first two or three years, or possibly more. As mentioned previously, yield increases of 12-20% were measured in wheat, barley, lentil and chickpea, when all principles of CA were employed along with early sowing in experiments in Syria over four years. A key step in achieving grain yield improvement is the successful establishment of the ZT crop.

A comprehensive survey was conducted in 2011 of 820 farmers in Syria and Iraq, 320 who had adopted ZT and early sowing. The average wheat yields of farmer who used ZT and early sowing were 160-495 kg/ha greater than farmers using conventional tillage and sowing times. Interestingly, yield increases were evident in both dry and favorable seasons, and in fields where supplemental irrigation was used and wheat yields were above 4.0t/ha.

Most importantly, in dry years when nearby conventional cereal crops failed completely, many farmers using ZT and early sowing were able to harvest 500-1,000 kg/ha. These yield increases can be attributed to increased rainfall infiltration (reduced run-off), moisture conservation over summer and during the growing season, enhanced water-use efficiency of the early sown crops, and improved soil structure and fertility. So CA helped avoid the effects of drought and enabled crops to produce useful yields even in the driest conditions.

Figure 14: Among the first farmers to adopt ZT in Syria, Mr. Ali Elewi from Qamishley was impressed with cost savings and yield advantages

2.52 Environmental

The adoption of CA can help improve the quality of soils, water systems, and air. Reduced soil erosion due to less exposure to both water runoff and wind, is a major benefit of the low soil disturbance and soil cover principles of CA. Dust storms are common in the Middle East each autumn, and the resulting soil erosion, particularly the loss of the fertile topsoil which contains most of the nutrients and organic matter, causes major degradation and reduction in soil fertility.

This has a direct impact on the individual farmer and the widespread community as a whole who must manage these dust storms, especially the detrimental health effects. As less land is plowed and more soil is covered with residues, the severity of these dust storms will decline.

Improvements in soil fertility, especially soil structure and cycling of nutrients through the use of legumes, can reduce the need for fertilizer applications, and reductions in weeds, diseases and pests may decrease the reliance on pesticides.

There has been much speculation about the ability of CA to increase soil organic matter, sequester carbon and possibly mitigate the effects of carbon dioxide emissions and greenhouse gas effects. Some of these claims are somewhat exaggerated. Certainly, ZT can reduce the use of fossil fuels and greenhouse gas emissions associated with agricultural production in some cases.

Increases in soil carbon under CA are common, however they are likely to be small in low rainfall areas. After six years of CA experiments in Syria, the carbon sequestration rate measured was in the range of 0.27 to 0.30 Mg C/ha/year, and this rather modest increase was probably due to low to moderate crop productivity and a reasonable starting soil organic matter content of about 1.3 percent.

2.53 Economic

The elimination of plowing costs, along with reductions in seed inputs decreases the cost of crop production. Even without any increase in production (which is sometimes the case), CA usually reduces costs and thereby increases profits. But when combined with the production increases discussed above, the net economic effect is significant.

In surveys of Syrian and Iraqi wheat farmers who had adopted ZT and early sowing, the estimated reduction in production costs was around \$US 100/ha, and their net incomes were boosted by \$US 187/ha, on average. If 80% of wheat farmers in Syria used ZT (the typical levels of adoption in many parts of Australia) this would produce an extra 630,000 tonnes of wheat worth about \$US 254 million per year. Of course other crops will also benefit from CA. Similarly, CA could have a major impact on the economic productivity and food security of many countries across the Middle East and North Africa, reducing their reliance on imports to feed their populations.

2.6 CA adoption around the world

Conservation agriculture (more precisely, ZT plus one or both other principles) are practiced on more than 125 million ha in all continents and all agricultural ecologies around the globe (Table 1). Zero-tillage is now being practiced from sea level to 3,000 m altitude and from extremely rainy areas with 2,500 mm a year to very dry conditions with only 250 mm a year on average. In 1973/74 CA systems covered only 2.8 million ha worldwide, but the area grew rapidly over the next 30 years, and in the last 11 years, CA systems have expanded at an average rate of more than 7 million ha per year.

Huge areas have been adopted in North and South America, Australia, Russia and China. In eastern and southern Africa, small landholders have adopted CA techniques using ZT seeding equipment suitable for hand sowing or small animal-drawn seeders. ZT seeders have also been adapted for small two wheel tractors in Bangladesh and elsewhere. The key message is that CA can be made to work in all areas of the world where crops are grown, and in almost all crops.

A most relevant example for the Middle East is the experience in Western Australian, where 86% of the farmers are practicing CA with early sowing under dry and variable seasons with 250-350 mm rainfall a year, and are achieving high water-use efficiencies. Although the agro-ecologies of the two regions are similar, free roaming livestock on almost all croplands in the Middle East make it difficult to retain crop residues. Furthermore, unlike southern Australia where highly-mechanized, large farms dominate, most Middle Eastern farmers are relatively small and resource poor. In a survey of Syrian cropping farmers, 20% had farms less than 5ha, while the average size of the large farmers was 26ha. Interestingly, all farmers had access to 70 Hp tractors. In a similar survey in Ninevah Iraq, farm size of small and large farmers combined was 69ha.

table 1 Adoption of conservation agriculture worldwide (friedrich et al, 2012)

Country	CA area (ha)
USA	26,500,000
South Africa	368,000
Argentina	25,553,000
Venezuela	300,000
Brazil	25,502,000
France	200,000
Australia	17,000,000
Zambia	200,000
Canada	13,481,000
Chile	180,000
Russia	4,500,000
New Zealand	162,000
China	3,100,000
Finland	160,000
Paraguay	2,400,000
Mozambique	152,000
Kazakhstan	1,600,000
United Kingdom	150,000
Bolivia	706,000
Zimbabwe	139,300
Uruguay	655,100
Colombia	127,000
Spain	650,000
Others	409,440
Ukraine	600,000
Total	124,794,840

2.6.1 CA in the middle East

Conservation agriculture was first introduced to Middle Eastern farmers in a coordinated way by a project funded by the Australian Center for International Agricultural Research and managed by ICARDA from 2005-2015. Prior to this project, CA was little known or tested in the Middle East.

The project conducted numerous adaptive experiments in Iraq and Syria, from which a conservation cropping package was developed (Table 2). Australian machinery expertise was used to enhance the knowledge and skills of workshops, and increase the availability of ZT seeder suitable for small to medium farmers in the region. By the end of the project eight manufacturers in Syria, two in Iraq, one in Jordan and others in Iran were producing simple and affordable ZT seeders ranging from 2-4m in width costing US\$4,000 to 12,000.

With the availability of these seeders, participatory farmer groups were established to test the conservation cropping package on farm in Syria and Iraq.

The project leaders deliberately took a flexible participatory approach to promoting CA, letting farmers decide which practices they wanted to evaluate and adopt. The project leaders viewed adoption as a gradual process, and did not push all elements of CA simultaneously as this would have been too many changes for most farmers to agree to and manage successfully. With multiple changes the risk of one element going wrong would have been very high, leading to a negative experience and dis-adoption. A priority was given to ZT as this provided immediate savings, and when combined with early sowing, production increases were also likely.

In the vast majority of cases, farmers in Syria and Iraq initially adopted ZT and early sowing, and did not change stubble grazing or crop rotation practices. The cost savings and production increases of these technologies were discussed in the previous section. Remarkably, very few farmers experienced a yield reduction when testing ZT, even though it was the first time they had tried the technology.

table 2: the recommended 'conservation cropping package' (with key elements in bold) derived from field experiments and on-farm demonstrations conducted in Syria and Iraq from 2005-2014

stop plowing Keep crop residue on the soil surface if possible - don't burn stubbles Graze stubble if unavoidable If needed, kill weeds at sowing with a non-selective herbicide like glyphosate Plant early before the autumn rains (October) or immediately after (November) Use Zt seeders for all crops Use good quality seed of the best adapted

varieties reduce seed rates: 70-100 kg/ha cereals; 100-120 kg/ha pulses Sow consistently at a depth of 4-6cm for cereals Use best fertility and weed/disease/pest management practices Include non-cereals in rotations if possible In 2014 the area of ZT in Iraq was around 15,000 ha, while in 2012 in Syria (the last available reliable figures) the area of ZT was around 30,000 ha. Sadly, civil unrest seriously disrupted adoption in both countries. In addition to promoting adoption in Iraq and Syria, the project strongly influencing CA awareness and evaluation in Turkey, Lebanon, Jordan, Iran, the West Bank Palestine and North Africa. The successful of the ACIAR funded Iraq project along with the constraints and future prospects for the adoption and promotion of CA in the Middle East is further discussed in section 6.

figure 15 ♦ mr ♦ salam ibrahim, Directorate of Agriculture, and a farmer inspect the grain produced from Zt crop under irrigation in Al Baghdadi iraq ♦

The view of CA in many organizations around the world is that all three principles of CA are equally important, and these act as universal ‘pillars’ which support a range of benefits, ultimately leading to greater long-term profits in all parts of the world (Fig. 16). Without all three pillars, the cropping system becomes unstable and many not work effectively. These organizations are sometimes critical of farmers who choose not to adopt all three principles simultaneously.

figure 16 ♦ A mainstream model of CA with the three key principles acting as equal ‘pillars’ which produce a range of benefits, leading to greater long-term profits.

Some academics have even advocated strict definitions on the three pillars, decreeing that good CA should have no more than 20% soil disturbance, at least 30% ground cover at all times, and at least three different crops in the rotation. In our opinion, this rigid view of CA is not helpful for achieving widespread adoption, even if it is agronomically justified. There should be considerable flexibility and recognition that different technologies may be more or less important in different regions, cropping systems and individual circumstances.

As a result of the Iraq project, researchers and farmers have modified the model of CA for the Middle East by placing a strong emphasis on ZT and early sowing of crops, which becomes the main central pillar. They have shown that significant cost savings and yield increases can be produced without changes in soil cover and/or rotation, and a type of CA is possible with only ZT and early sowing (Fig. 17). In our experience, crop rotation is probably more important than soil cover, and this is indicated by the thickness of the pillars in Fig. 17. In some dry parts of Australia, many farmers are taking a pragmatic approach and using a similar model of CA.

We are not arguing that farmers in the Middle East may not benefit from diversifying their rotations, and in some cases, retaining crop residues to improve soil fertility. The three pillars remain important in maximizing the benefits and producing a stable cropping system. But in practice the decision to adopt different crops or retain crop residues is not as straight forward as a change to ZT, because new crops and residue retention may reduce farm incomes, at least in the short-term.

In our experience, farmers who adopt ZT and early sowing usually saw immediate benefits, and after two or three years many started to become more interested in the other principles of CA. The successful adoption of CA is a gradual process, and innovative farmers around the world (including Australia) are constantly modifying their cropping practices to make their farms more sustainable and productive. This gradual approach is a key risk management strategy which delivers lasting adoption.

figure 17 ♦ A middle Eastern model of CA with zero-tillage and early sowing forming the main central ‘pillar’ which is capable of producing many benefits, even without soil cover and rotation. The three pillars remain important in maximizing the benefits and producing a stable cropping system ♦

3 ♦ 0 Zero-tillage seeders

3.1 Definitions of tillage systems

In the Middle East and many other parts of the world, ZT is the key to the development of CA systems, and the ZT seeder is a critical piece of machinery. As CA is adopted so widely around the world, there are some differences in terminology used between regions, and some confusion among farmers, farm advisers and researchers regarding the definitions of tillage systems, machinery, and seeding operations. To avoid this confusion, it is important to accurately describe the type of tillage, equipment, and the sowing system.

In this publication we use the following definitions, in decreasing order of soil disturbance or movement:

Conventional tillage (Ct) – traditional multiple tillage operations either with a mold-board, disc, duck-foot or chisel plow or harrows, followed by sowing with a conventional disc or duck-foot tine seeder causing another relatively high disturbance operation. This is also known as conventional cultivation or traditional tillage.

minimum tillage (mt) - one tillage operation where 100 per cent of the soil surface is disturbed before sowing. In most cases the seeder also causes relatively high disturbance.

Direct drilling (DD) – tillage operations are eliminated before sowing, and the sowing operation is conducted directly into undisturbed soil. The seeder typically disturbs most, if not all of the soil surface, usually with duck-foot openers, but a proportion of crop residue may remain on the surface after the seeding operation. These DD seeders (also known as culti-drills) have a mix of cultivating openers at the front solely for tillage, followed by sowing openers which place fertilizer and seed in the soil. A second set of cultivating openers might then follow at the rear of the seeder to cover the seed in the furrows.

Zero-tillage (Zt) or no tillage (nt): tillage operations are also eliminated before sowing, but the sowing operation typically disturbs only a minority of the soil surface, in continuous furrows. In Australia, NT is typically associated with tine seeders while ZT is associated with disc seeders. But these terms are often interchanged in many areas of the world, so the term ZT is used to describe this category in this publication. The final level of soil disturbance in ZT varies with the type of furrow opener, operating depth and row spacing. It can range from very low disturbance (e.g. narrow slots with little visual effect of the sowing pass, such as with single disc openers) to relatively high disturbance (e.g. band sowing with wide openers generating significant amount of soil disturbance and movement). The techniques of MT, DD and ZT fall under a broader category of conservation or reduced tillage, meaning less tillage than the traditional methods. Many farmers and researchers struggle with the idea that crops can be grown without any tillage before sowing – these are more likely to accept MT as an alternative rather than ZT. While the number of tillage operations and amount of soil movement is reduced in MT compared to CT, 100 per cent of the soil surface is disturbed leaving the soil prone to erosion and soil evaporation. Research in Syria, Iraq and elsewhere has shown that MT provides some benefits compared to CT, but ZT is far superior to MT. We generally encourage farmers wanting to try CA to go straight to a ZT which provides greater savings and other benefits compared to MT.

Interestingly, DD is not new to the Middle East. In some areas, if the first seasonal rains are late and the farmers have not cultivated their fields, they sometimes sow their crops with a conventional seeder without any prior tillage operations where the soil is suitably soft. This technique is called “skin planting”. Contrary to expectations, these crops establish, grow and yield reasonably well if the subsequent rainfall is favorable.

3.2 Key seeder components

The purpose of a seeder (sometimes called a planter or seed drill) is to sow seed into an optimum environment that promotes rapid germination, complete and uniform emergence, and good early crop vigor. Any problem that occurs at sowing will impact crop establishment, growth and yield, and the best management of the crop for the rest of the growing period may be unable to correct the seeding error. Therefore, it is critical that the seeder is designed to work effectively under a range of conditions, is set up and calibrated accurately, is operated carefully and correctly, and is well maintained before, during and after use.

All seeders have three basic functions, which are to:

1. open the soil, usually in a furrow or slot, 2. place the seed and fertilizer into the soil at the desired depth, 3. close the furrow, ensuring sufficient soil cover and good contact between the seed and soil.

recommendation: Farmers wanting to try CA should be encouraged to go straight to a ZT approach which will provide greater savings and other benefits than MT.

Whether small or large, seeders usually have four main components:

1. A frame (or chassis) comprising of tool-bars, a tractor hitch system, and adjustable depth gauging wheels. 2. A box (or hopper or bin) for seed and a box for fertilizer - these boxes are sometimes combined for simplicity. 3. A ground drive and metering system for each box and tubes to deliver the desired quantity of seed and fertilizer to the row seeding system. The metering system is normally driven from the seeder wheel (or another ground drive mechanism) and can be calibrated to vary the rate of seed and fertilizer independently of the ground speed. The rate adjustment is made via a speed gear box or a metering unit displacement controlled by a lever. For most seeders less than 4m wide, the flow of seed and fertilizer from the box to the seeding system relies on gravity, unlike many large seeders which use fans to assist the flow. 4. The row seeding systems, each comprising of the following elements: a) soil openers, either rotating disc blades or a knife/inverted T opener, mounted on a spring loaded arm or tine assembly which cut a continuous furrow or slot into the soil. These define the two main categories of disc or tine (also known as hoe or shank) seeders. b) seed and fertiliser banding boots, which are attached to the arm/ tine assembly and deliver the seed/fertiliser into the furrow. c) furrow closing devices, either harrows, snake chains, or presswheels, which cover the seed and improve the contact between the soil and the seed. 3 ♦ Zero-tillage and

conventional seeders

The challenge for a ZT seeder is to operate effectively in undisturbed soils which are usually more dense and tougher than recently cultivated soils while minimizing soil disturbance. In CA systems, ZT seeders also need to be able to operate in the presence of crop residues or stubble, either standing stems attached to the roots, and/or pieces of straw and plant material lying on the soil surface.

The ZT seeder must minimize the disturbance of the residues and manage the tendency for them to accumulate into clumps around the seeding system, which may cause blockages and poor emergence. Poor crop emergence typically occurs when seeds are placed in contact with residues (e.g. hairpinning with a disc opener) or furrows are covered by large clumps of straw. As we will discuss later the ZT seeder may also need to separate the placement of seed and fertilizer in the furrow to avoid toxicity problems.

To meet these extra challenges, ZT seeders differ from conventional seeders in terms of the opener design, the break-out force (BOF) required to operate in undisturbed ground, row spacing and seeding system layout, box and frame height, and closing device. Other design features may also differ (e.g. overall robustness of the frame must be increased) but these aspects are not covered in this publication.

The ZT seeder is a critical part of the CA system, and farmers and researchers should carefully evaluate its main features and capacities before purchasing any seeder to make sure it will meet its purpose. While some manufacturers can be a valuable source of information about their seeders' capacities and suitability to a range of conditions, much useful information can also be gained from leading farmers and researchers who have had practical experience with ZT seeders.

3.3.1 openers

There are essentially two types of openers used in ZT, namely the rolling disc blade, and the knife or inverted T opener, also called 'narrow points'. The openers are mounted on a spring-loaded tine assembly (Fig. 18).

Disc openers are able to cut through thick residues under the right conditions, creating a narrow slot in the soil with little visible disturbance or soil/residue mixing. By following the contours of the soil surface, they also have the capacity to place fertilizer and seed accurately into the soil. From this point of view, disc seeders are very attractive for CA systems. However, disc seeders have a number of disadvantages compared to tine seeders.

Zero-tillage disc seeders must be heavier than tine seeders to enable them to penetrate the untilled soil and cut surface residues. In comparison, tine-type ZT seeders with narrow points that are angled forward are better able to penetrate hard soils, break-up hard pans and require less or no downward force to operate, making them lighter and particularly suitable for farmers with small tractors. Tine seeders are less complex, with fewer moving parts requiring maintenance. Disc seeders are typically more expensive than tine-types because of their extra complexity and weight.

Importantly, tine seeders cope well with difficult stony or sticky clay soils, and are better able to produce adequate furrow tilth in soils with degraded structures, especially during the transition from CT to ZT. In Australia and Canada, most ZT farmers have typically adopted tine seeders for all of the reasons listed above. But recently, some experienced ZT farmers in Australia are now opting for low soil disturbance and high residue capacity disc seeders.

figure 18 Examples of Australian seeding systems - a simple spring loaded tine (left), and a heavy duty single disc with gauge wheel (right)

Tine ZT seeders are not without their own problems. In general, they usually create more soil disturbance than discs, and are prone to accumulating stubble in thick and long crop residues, although these issues depend upon the design of the seeder. Instead of cutting residues like a disc blade, a tine deflects the residue away from the furrow.

Thick crop residues are uncommon in rainfed systems in the Middle East where crop yields are relatively low and grazing is widespread, so seeders designed to manage large amounts of residues are rarely necessary. Provided the row spacing and other seeder characteristics are appropriate (see section 3.3.3), the ability of tine seeders to handle residues is more than adequate for rainfed systems, especially in low rainfall areas. In irrigated crops, when high grain and biomass yields are expected, extra attention to residue management is required with both tine and disc seeders.

The design of the tine-opener is critical in minimizing soil disturbance, placing fertilizer and seed in the soil, and creating a favorable environment for rapid seed germination, seedling emergence and early crop growth. There are numerous designs and types of tine-openers, each with advantages and disadvantages in certain circumstances (Fig. 19), but we will not go into these details here.

recommendation: Tine-type seeders are generally lighter, simpler, cheaper and better suited to a wide range of soil

types than disc-type seeders. If designed and operated correctly, tine seeders can play a major role in simplified CA systems for the Middle East.

The easiest way to reduce soil disturbance in the Middle East is to use narrow knife points rather than the traditional duck-foot or other conventional openers. Narrow openers have the added benefit of reducing the draft force required, which is important in tough undisturbed soils.

figure 19. A selection of tine openers or narrow points with specific design features causing varying levels of soil disturbance

When sowing into undisturbed, compacted and abrasive soils, standard steel openers can wear quickly and develop an inefficient shape at their cutting edge which reduces their efficiency dramatically. Badly worn openers (Fig. 20) also do not penetrate the soil as effectively as new openers, and can create soil compaction and smearing at the bottom of the furrow making root penetration difficult. In some high wearing situations, conventional duck-foot openers may only last 2-3 hours under ZT before they need to be replaced.

While the type of steel alloy used and heat treatment applied to the opener will influence its overall durability, it will not affect the poor shape as it wears. The incorporation of extremely hard materials such as tungsten carbide into the opener design can increase its durability and enable it to wear evenly maintaining an efficient shape. Tungsten carbide material is exceptionally tough and expensive, so it is only used on the leading edge of the opener and other susceptible places exposed to high abrasive stresses (Fig. 21).

While protected openers cost more, their increased life span and improved performance make them cost effective in the long run compared to unprotected openers. In Australia and North America where large areas are planted each year with ZT tine seeders, protected points are used almost exclusively, but at present they are not commercially available in the Middle East.

figure 20. Badly worn knife openers (left) with a characteristic “bullnose” rounding at the leading edge will not penetrate the soil as effectively as a new opener (right)

figure 21. these Australian openers have tungsten carbide protection to enhance their durability and efficiency. The two on left have rough areas on the tip and wings where small tungsten carbide chips were welded on to the opener which is less expensive than the tile option (right) but is less durable

3.32 Break-out force

Most seeders have a mechanism that allows the opener to operate at the correct depth in normal soil conditions, but when it encounters an obstacle in the soil, the opener is capable of lifting and riding over the obstacle without damaging the seeder. This safety feature is called ‘breaking out’, and is typically controlled by a spring mechanism as illustrated in Fig. 22 for a tine seeding system. In more advanced seeders the break-out mechanism may be controlled by a hydraulic system instead of a spring.

figure 22. An illustration of how a well-designed spring release seeding tine is capable of clearing a large stone in the soil, when the break-out force (Bof) is exceeded upon impact with the stone

The spring applies a downward force and keeps the seeding tine in place against the natural resistance of the soil (F). The force of the obstacle applied on the opener which initiates the tine break out movement is called the ‘break-out force’ (BOF) of the tine. The force of the soil against the tine is much greater in undisturbed soils compared to recently cultivated soils, and if it exceeds the BOF, then the tine is pushed back and upwards reducing the seeding depth. Hence, ZT seeders require greater BOF compared to conventional seeders in most soils.

A sufficient BOF is important to ensure the openers operate correctly in normal sowing situations, but allow them to clear any obstacles which may otherwise damage the openers. The clearance height or ‘jump height’ (Hmax) during the breaking-out movement is also an important feature of ZT seeding systems when operating in difficult and stony soil conditions.

The BOF of the tine may be increased with an adjustment on the spring, however in some cases this may be insufficient, and a stronger spring or double springs may be required. Compared to conventional seeders, the tines on ZT seeders also have to be suitably strong to manage the greater soil forces, especially in stony soils, otherwise they may become damaged.

3.33 row spacing and tine layout

In addition to using narrow knife openers, a complementary way to reduce soil disturbance and draft requirements

is to increase the space between furrows, known as the row spacing. This has the added benefits of increasing the capacity of the ZT seeder to sow into crop residues, and reducing the weight and cost of the seeder. Row spacings in the Middle East are traditionally 15-18 cm for cereal crops, but research experiments and farmer experience in low rainfall areas show that this can be increased to 20-25 cm with no yield penalty. In dry conditions, cereal yields may even be increased with rows up to 30 cm apart, especially if crop residues help prevent soil evaporation and weed growth between the rows.

In addition to increasing the row spacing, the tines can be spread further apart by increasing the distance between the ranks (or rows) of tines, and/or increasing the number of ranks of the seeder. It can be seen in Fig. 23 that the spacing between the tines is considerably larger in the ZT than the conventional seeder, as a result of the combination of increased spacing between ranks, the addition of an extra rank, plus the wider row spacing. In this example, the row spacing was also increased from 18 to 27 cm, reducing the number of tines from ten to seven, and thereby greatly improving the ability of the seeder to handle heavy crop residues.

figure 23 ♦ An illustration of tine layouts viewed from above for a) a conventional seeder with narrow row spacing on two narrow ranks, and b) a Zt seeder with wider row spacing on three wider spaced ranks for improved residue handling ♦

3 ♦34 Box height, frame height and tine length

A problem with increasing the rank spacing and/or number of ranks is that angle of the tubes connecting the seed and fertilizer boxes to the seeding systems will suffer from reduced slopes, making them more prone to intermittent flow of seeds or fertilizer, and possible blockage. This is illustrated in the basic ZT seeder b) in Fig. 24 which has wider spaces between the ranks and an extra rank of tines compared to the conventional seeder a). However, sections of the tubes going to the front and rear tines of the basic ZT seeder are close to horizontal making the flow of seeds and fertilizer irregular.

The only way to overcome this problem, without employing a complex fan-forced system, is to lift the box to restore a sufficiently steep angle of the tubes and facilitate easy flow of the seeds and fertilizer to the open ers. This can be seen in the improved ZT seeder c) in Fig. 24. This seeder also has the extra feature of longer tines and a greater clearance under the frame which improves both the angle of the hoses and the flow of crop residues through the tine layout.

figure 24. An illustration of three seeder configurations viewed from the side with different rank spacing, tine length, box and frame height. Note the flat angle of the tubes in configuration b) promotes irregular seed and fertilizer flow and can create areas prone to blockages. The improved ZT seeder configuration c) is recommended as the ideal model ♦

In situations where seeder height must be restricted (such as in orchards), a compromise solution may consist in a two rank ZT seeder configuration as in seeder a), or a ZT seeder like c) but equipped with a narrow hopper (e.g. 50-60% of frame width) where the outside outlets may still connect to the outside tines of the frame with sufficient angle.

3 ♦35 seed and fertilizer placement

In ZT systems, it is critical that the phosphorus (P) fertilizer is placed close to the seed. Unlike nitrogen fertilizer which is highly soluble and can be washed by rainfall into the soil and zone of root growth, P is much less soluble and is not highly mobile in soils. If P fertilizer is spread on the soil surface and is not incorporated, it will only move 2-3 mm into the soil below each granule which is often dry making the P mostly unavailable to the plant roots. Even if the P fertilizer is spread on the soil surface and then incorporated by tillage, it is less available than fertilizer placed near the seed because the roots have to explore more soil to come in contact with the granules.

In many cases seed and fertilizer can be safely placed in the soil together with ZT seeders, especially if the rate of fertilizer is low and the row spacing is narrow. But high rates of fertilizer, such as those applied under irrigated conditions, can be toxic to the germinating seeds when they are placed in close contact.

The amount of fertilizer toxicity damage depends upon many factors:

- 1) the type and rate of fertilizer applied,
- 2) the row spacing and opener, especially the opener width, which influence the lateral and vertical spread of seed and fertilizer (wide row spacings and narrow openers have high risk),
- 3) the crop (large-seeded crops like faba bean tend to be more tolerant than cereals),
- 4) soil type (fine-textured clays are safer than sandy soils), and

5) soil moisture conditions (toxicity is more likely under marginal soil moisture).

Row spacing is especially important for managing fertilizer toxicity – when the row spacing is doubled and the fertilizer rate per hectare remains unchanged, twice the amount of fertilizer is concentrated in each row, and the risk of fertilizer toxicity is vastly increased. **Urea and ammonium sulphate are especially toxic and should never be applied with or close to the seed.** Other fertilizers (e.g. diammonium phosphate, DAP or triple super phosphate, TSP) are less toxic. The easiest way to avoid toxicity damage is to separate the fertilizer from the seed by 3-4 cm in the soil. Fertilizer is normally placed below the seed as illustrated in Fig. 25, or in more sophisticated seeding systems, below and to the side of the seed. Some seeding systems provide better separation than others, and the separation distance should be checked carefully if fertilizer toxicity is possible.

figure 25 ♦ A cross section of the furrow after tine seeding showing the soil moved by the opener ('soil throw') and crop residues on the inter-rows, the effect of the press wheel on furrow shape promoting water harvesting, and separate seed and fertilizer placement produced by a split seed and fertilizer banding system ♦

Recommendation: *In general for cereals when using 23 cm row spacing and narrow points, seed and DAP fertilizer does not need to be separated if the rate of DAP is less than 100 kg/ha.*

3 ♦ 36 Closing devices

The closing device of the seeder ensures that the furrow closes adequately, and the seed is covered with sufficient soil. Spring or chain harrows used in conventional seeders are designed to leave a flat soil surface and have difficulty in CA systems because they tend to accumulate the crop residues in large clumps, may generate blockages, and create unwanted soil disturbance (Fig. 26).

figure 26 ♦ this turkish made conventional tine seeder sowing into an uncultivated soil with low residue in Palestine is equipped with covering spring fingers. Note the accumulation of crop residues around the tines (bottom right) and spring fingers after a short distance, which is likely to cause seeder blockage ♦ A disc marker arm is being used (bottom left) to help the driver align each run of the seeder and eliminate gaps or overlaps ♦

Simple 'snake chains', as shown in Fig. 27, provide enough soil disturbance and only in the furrow to help back-fill the furrow and cover the seed. These are cheap, light and do not accumulate residues. Snake chains should not be attached too high on the boot or tine to ensure they do not bounce in operation. In stony soils however, these can act like small hammers and damage the seed boots as the tines break-out and recoil back rapidly.

figure 27 ♦ A 'snake chain' tine attachment with end disc can be a simple furrow closing device on a Zt seeder, particularly suited to light soil conditions ♦

In many parts of the developed world, the use of furrow press wheels is common. Press wheels are used to help develop an optimum furrow environment and ensure rapid crop germination and emergence in both CT and ZT systems. In their common form, they apply a downward pressure on top of the furrow which firms the soil around the seed to provide good contact between the soil and seed, and promote rapid water transfer from the surrounding soil to hasten seed germination (Fig. 25).

Press wheels come in numerous shapes, sizes and materials. Wide press wheels with angled sides leave a furrow shape which can capture rain from small rainfall events and direct the water into the bottom of the furrow towards the seed zone, in a water 'harvesting' effect (Figs. 25 and 28).

The disadvantages of furrow press wheels include their extra weight, complexity, maintenance and cost. If they are not well designed they can also accumulate wet sticky soil which stops them operating correctly, and excessive downward pressure can also create compaction above the seed, which may significantly reduce crop emergence. The design of the press wheel (including adjustability), the selection of an appropriate type to match the opener, and the operation in the field are critical in maximizing their benefits and managing any risks.

figure 28 ♦ this Australian press wheel has a wide angle creating a large and stable furrow surface shape (right) which can 'harvest' water during small rainfall events and concentrate it near the seed (left) ♦

3 ♦ 4 Converting Ct seeders to Zt

In many parts of the world where suitable ZT seeders were not initially available, including Australia and the Americas during the 1970s, innovative farmers modified their existing conventional seeders to allow them to sow

directly into undisturbed soil. In the Middle East a number of seeder have been effectively converted to ZT with minimal cost - John Shearer from Australia, Rama from Jordan, Nardi from Italy, and local Syrian seeders. Conversion was especially popular in Iraq where local manufacturing of ZT seeders was slow to start.

The main changes required to convert conventional seeders for ZT are as follows:

1) remove any cultivating tines and harrows if present, 2) replace the conventional openers (e.g. wide duck-foot) with narrow low disturbance openers, 3) increase the BOF of the tines by tightening the spring mechanism. If the BOF is still inadequate after adjustment, a higher resistance spring may be required, or a second spring of appropriate specifications can be added inside the first. The spring release mechanism must enable the full jump height without the springs undergoing permanent deformation. 4) lift the seed and fertilizer boxes if the angle of the hoses is a problem (as shown in Fig. 24). Typically the boxes should be raised 30-40cm or more. If using C shape spacers, they must be strong enough to resist buckling under weight and combined with side braces to provide good lateral rigidity. Ideally, the centre of the hopper outlets should be located over the centre of the ranks, to equalize the angles of the front and rear hose. Lifting the boxes will also require a modification to the ground drive mechanism, which usually consists of a longer drive chain, and extending or modifying the chain guard as needed. 5) consider increasing the inter-tine spacing if the crop residue levels might be large. This can be obtained by widening the row spacing and re-distributing the seeding tines accordingly. The front and rear ranks used previously for cultivation or furrow closing tines, can also be used for seeding tines provided the angle of the hoses is not compromised. If the new tine layout results in fewer seeding tines being used, the number of unused outlets from the box will need to be closed off. 6) consider a seed covering device such as snake chains or press wheels. The design of the press wheel assembly can be tailored to attach to a separate tool bar or to share the rear tool bar with seeding tines if needed.

figure 29 ♦ mr ♦ Ghazi fathi from mosul iraq convertedhis rama seeder to Zt and installed locally made press wheels ♦

In the example shown in Fig. 30, the inter-tine spacing of a 3.6m Rama seeder was increased by changing the row spacing from 17 cm to 22.5 cm, and spreading the sowing tines over three ranks instead of two. It was determined that the insufficient angle of the hoses for the extra third rank was likely to cause blockage problems, so the seed and fertilizer boxes were raised by 43 cm by making and inserting two spacers or brackets. Snake chains were also fitted later.

figure 30: this conventional rama seeder at Ainkawa research Centre, iraq, was converted to Zt by modifying the row spacing and tine layout, and installing narrow openers ♦ note the inserted black spacers to lift the seed and fertilizer boxes to create sufficient angle for the hoses. The new tine layout had a good capacity to handle crop residues (right) ♦

3 ♦ 5 Local manufacture of Zt seeders

Most ZT seeders made in North and South America and Europe are inappropriate for small to medium farmers in the Middle East (Fig. 31). They are usually large disc-type seeders, which are relatively expensive and heavy, have many complex moving parts requiring maintenance, and are less able to cope with hard, stony or sticky clay soils compared to tine seeders. Many countries in the Middle East have small local workshops that manufacture and repair simple conventional seeders and other agricultural machinery and if given the right technical support, these are capable of producing simple and affordable ZT seeders.

figure 31 ♦ these Brazilian and italian disc Zt seeders imported into the middle East can perform well in suitably mechanized Zt systems, but are relatively complex, heavy and expensive for small farmers ♦

As part of the project led by ICARDA and funded by ACIAR, Australian agronomists and agricultural engineers and project staff worked with local workshops in the region to develop their knowledge and expertise in ZT seeder technologies, design, function and fabrication. These workshops were able to produce simple but effective ZT tine seeders, both trailed and tractor-mounted, at prices affordable for most small to medium farmers. This also meant parts and repairs could be sourced by farmers relatively quickly, and created much needed local employment.

Manufacturing was particularly successful in Syria where eight village workshops were producing ZT seeders at low prices before the outbreak of civil unrest in 2012 (Fig. 32). In many cases the Syrian manufacturers became advocates for the promotion of the ZT technology, and were actively involved in local ZT farmer groups. This benefited their businesses by increasing the number of seeders sold, but also enabled them to receive excellent feedback on the performance of the seeders and develop improvements in ZT seeder design of their own initiatives. This is discussed further in section 7.1.

figure 32 ♦ some examples of simple, effective and low-cost Zt tine seeders manufactured in syria ♦ these dual hopper seeders are 2 ♦3 to 3 ♦8 m wide with a 2012 price range of Us\$2,500 - 6,000 ♦

In northern Iraq, two workshops in Mosul produced ZT seeders in close collaboration with a group of leading farmers, while in Iran several manufacturers with limited interaction with the project produced effective tine ZT seeders (Fig. 33). In Jordan, Rama Agricultural Equipment Manufacturing also made ZT seeders in 3.6 m (trailed) and 2.3m (3 point linkage) widths (Fig. 34).

figure 33 ♦ field testing of the ras Alrumh Zt seeder made in mosul (right), and mr ♦ sarmad Khalid, Directorate of Agriculture Kirkuk iraq, discusses the ability of this iranian Zt seeder to operate in heavy crop residues (left) ♦

figure 34 ♦ An example of the rama 3 point linkage tine Zt seeder (dual hopper and 10 tines, 2 ♦3m wide) made in Jordan in 2014 with an approximate price of Us\$7,000

3 ♦6 seeder calibration

Like any piece of agricultural machinery, unless the seeder is accurately calibrated, and set up and operated correctly, it will not produce the desired depth and uniform spread of seed placement in the soil, rapid seed germination, consistent emergence at the desired density, and good early crop vigor. As mentioned previously, any problem that occurs at sowing will impact crop establishment, growth and yield, and very little can be done to correct the problem later in the growing season.

The metering system should be calibrated to deliver the desired rate of seed and fertilizer with good accuracy. While the calibration tables developed by the seeder manufacturers may be reasonably useful, the rates delivered may vary significantly depending upon the batch of seeds or fertilizer, the humidity in storage, seed treatments, speed of operation, field conditions and other factors such as the amount of vibration during operation and potentially, the amount of seed or fertilizer in the box.

Make sure that the seed and fertilizer are free from sticks, stones, lumps and other debris that may cause blockages. The awns on barley seed make it especially prone to blockages, and in some cases removing the awns by screen cleaning may be required. If fertilizer was not been stored correctly it may have developed clumps, which should be broken up through a mesh that is sufficiently fine. Cleaning the seed and fertilizer should be done before calibration.

The desired sowing rate of seed can be calculated from the plant density required to optimize crop yield (target plant density), the viability of the batch of seed (germination test), and the likely losses in the field after sowing due to insects and other pests, difficulty with emergence, etc. (field losses) in the following formula:

recommendation: Well before the start of each sowing period check the operation and seed/fertilizer calibration for your seeder using the seed and fertilizer batches intended for that season. This will also give you time to organize repairs if needed.

For example, if you are targeting 150 plants/m² and have a batch of seed with an 89 per cent germination rate, a mean seed weight of 40 g per 1000 seeds, and expect 10% field losses, then the following formula applies:

The agronomic optimum plant density for each crop may vary depending upon the variety used, and will be affected by local conditions such as season rainfall and soil type, weeds, and whether the crop is primarily harvested for its biomass (hay) or grain yield. These optimums should be determined by field experiments and farmer experience over many seasons (see section 2.44).

To calibrate the seed or fertilizer metering system, we recommend measuring the output from all hopper outlets while the seeder operates for the equivalent of 1 per cent of a hectare, or 100m² (Fig. 35). ♦

figure 35 ♦ the calibration of seed and fertilizer rates can be estimated from the distance travelled (L1%) required to sow 100 m² for this seeder equipped with r tines set at a given row spacing ♦

The distance the seeder needs to travel to seed 100m² (L1%) will depend upon the sowing width, which is the number of tines or rows (r) multiplied by the row spacing, as below. For example, if the seeder has 10 tines set on 0.22cm row spacing then the distance L1% is 45.5 m.

As the seeder is ground driven, the number of turns of the driving wheel required to travel the distance L(1%) will depend upon the effective circumference of the drive wheel which can be estimated using measuring tape wrapped around the outside of the tire. The number of turns of the wheel required to sow 100 m² will be equivalent to the required distance (L1%) divided by the circumference in meters. For example, if the tire circumference is 1.89 meters, then this will require 24 turns to travel the 45.5 meters, and sow 100m² i.e. 45.5 divided by 1.89.

The effective circumference of the wheel may change slightly between soft, sticky and/or stony soils. For a more accurate measurement, the distance travelled in the field over 20 wheel turns can be marked and measured during a test seeding operation. The use of scrapers to prevent the build-up of mud on tires, limits changes in the tire circumference in sticky conditions.

To measure the output, we recommend lifting the seeder off the ground, securing it safely, and placing a large sheet of plastic to collect the seed or fertilizer from all outlets as shown in Fig. 36. Make sure the metering system is primed by turning the wheel 4-5 times before starting to collect the seed or fertilizer, and watch for any product bouncing off the plastic sheet. Using the manufacturer's calibration chart to determine the initial gear box or rate adjustment settings, select a starting point close to the desired rate. In our example above, we need to rotate the drive wheel exactly 24 turns for 100m².

figure 36 ♦ the output of the seeder can be collected from all tines using a large sheet of plastic to estimate the average seed or fertilizer rate (left) ♦ the uniformity of output across the seeding tines can also be measured by collecting and comparing individual outlets using small dishes labelled for each outlet (right) ♦

The weight of the seed/fertilizer collected from all tines should then be measured using an accurate set of scales, and the final output rate simply multiplied by 100. In our example, an output of 0.750 kg from 24 wheel turns is equivalent to 75 kg/ha. If the output is significantly different from the desired rate, then the gearbox or lever setting needs to be changed, either up or down as needed, and the output measured again.

Once the desired rate is delivered consistently (repeat the final check), then it is often useful to measure the output for each outlet separately to check the uniformity of delivery across the seeder. This can easily be done using a bucket, dish or plastic bag for each outlet (Fig. 36). While each outlet should not differ from the average output by more than 5%, it is common to find outlets deviating by 8-10%. Some adjustments may be possible to correct any outlets that vary by more than 5-10%.

Of course, the seed and fertilizer metering systems need to be calibrated separately, and once the seed calibration is completed, the same process must be repeated for the fertilizer system. At all times during the calibration procedure, ensure there is enough seed and fertilizer in the respective hoppers.

3 ♦ 7 field operation

Following calibration, the seed and fertilizer boxes can be filled and the seeder taken to the field. The level of seeder should be adjusted from side to side using the tractor lifting rod adjustment, and from front to back, to ensure the tines operate at a similar depth. A visual assessment after seeding a test strip is typically enough to detect any differences in level.

The seeder should be pre-set for the desired depth of seed and fertilizer placement to facilitate the field checks. The type of depth adjustment mechanisms varies from seeder to seeder and can be made by changing the opener operating depth, and/or by adjusting each individual seed or fertilizer banding boot, if possible.

In general, the ideal seeding depth for cereals is 4-6 cm (see section 2.43). As shown in Fig. 25, the agronomic or effective seeding depth is the distance between the seed and the soil surface above it at bottom of the furrow, i.e. the distance that the shoot has to grow to emerge. This is not the distance to the top of the ridges or the original soil surface, which may be quite different.

It is a good practice to check and if necessary adjust the seeding depth for each field, especially if the fields have different soil types or pre-sowing tillage operations. There is a tendency for operators to plant too deep in cultivated fields and too shallow in untilled soils. Check that the tine BOF force is sufficient in ZT fields – if it is set too low, then the tine will be pushed backwards and the seed depth will decrease perhaps with some seeds left completely uncovered. Ways to increase the BOF were mentioned in section 3.4.

Ideally, each run of the seeder along or around the field should be aligned with the previous run so that there is no gap or overlap between them. Large gaps are a waste of land, while overlaps result in double the seed and fertilizer inputs, resulting in reduced yields or excessive costs. The inefficiencies due to gaps or overlaps can represent a significant proportion of the field (up to 20%), particularly with small seeders in small fields. Drivers should be able to align the tractor accurately with the previous run, either by eye, or with the use of marker arms. The disc marker arm in Fig. 26 is one example. Low-cost guiding arms can also be adapted to any tractor, following the example shown in Fig. 37.

A common mistake by many seeder operators is to drive too quickly. Remember that with ZT you have eliminated plowing time and costs, so you can afford to take your time with sowing operations. Most seeders operate efficiently and achieve a uniform seeding result at 6-8 km/hr. Take special care in stony soils which may damage

the seeding system if the speed is too high. Likewise, the speed should be reduced when sowing into hard dry soils, or if the soil is sticky, and/or heavy crop residues are present

recommendation: While most seeders operate efficiently at 6-8 km/ hr, the speed should be reduced if the soil is stony, dry and hard, or sticky, or if heavy crop residues are present. The quality of seed and fertilizer placement are always reduced at high speeds.

In addition to the increased risk of damage to the seeder, high speeds also cause excessive 'soil throw' i.e. the furrow created by the tines at the front of the seeder become filled by the rear tines which push excessive soil sideways. This will be evident as alternating seeding depth across the seeder runs – one or more furrows associated with the rear tines with good depth, furrow shape and plant establishment, next to others created by the front tines which had too much backfill resulting in poor shape, excessive depth, and patchy or delayed establishment (Fig. 38). The maximum recommended speed of operation does not create soil throw from one opener onto adjacent furrows and creates uniform furrows across the seeder.

figure 37: An example of a cheap guiding arm developed by iCarDA at the mushaghar experimental station in Jordan, eliminates overlaps or gaps between sowing runs ♦

figure 38: sowing at high speed creates excessive 'soil throw' and variable seed depth ♦ note how the rows created by the front tines have been covered by the rear tines and the only furrows visible were created by the rear tines ♦

Operating in fields with large amounts of residue can present challenges for many seeders. At present this is rarely the case in the Middle East, except perhaps under irrigated conditions. With any ZT seeder, working when the stubble and soil are dry considerably reduces the extent of straw clumping and risks of seeder blockage compared to wet conditions.

Operating at an angle to the direction of the trails of chaff and straw left behind the harvester can also avoid problems associated with the continuous operation of some tines within the trail. With row spacings more than about 23 cm, guide arms may be used to assist the driver to achieve inter-row sowing (see Fig. 7). This is a practice where the rows of the crop are sown between the rows of the previous crop to limit the restrictions caused by the crop residues and create a favorable seedling environment.

Making sharp turns at high speed while the seeder is in the ground puts high stresses on the tines or discs. Mounted seeders should only be turned at the end of each run after they have been lifted out of the ground. It is good practice to gradually lower the seeder to its operating depth while moving forward slowly to avoid blocking the seed and fertilizer delivery boots with soil. This is especially critical in wet and sticky soils. Also, avoid stopping with the seeder still in the ground. Never reverse while the seeder is in the ground.

Check the outlet of each hose for blockages regularly. Blockages can occur in the seed cup just under the box (e.g. with large or dirty seeds, or awned barley), in the hose (e.g. due to insufficient angle), or at the seed and fertilizer boot outlets (from wet sticky soil and crop residues). Regular checks for blockages, disconnected hoses and damage to the seeding systems are recommended every 20-30 minutes depending upon the sowing conditions. Low speeds can assist when sowing large seeds or seeds with awns, although the later are better de-awned prior to seeding to ensure trouble-free sowing.

Finally, make sure that the box does not run out of seed or fertilizer. Some boxes have a useful clear window (Fig. 39) or a float-type indicator to monitor the level of seed/fertilizer in the boxes. Sloping funnel-shaped inserts as seen in Fig. 39 can help ensure the outlets do not run out of seed or fertilizer when the box is almost empty, especially if operating in sloping fields.

figure 39: A clear window (left) visible from the tractor seat is a low cost solution for monitoring the seed or fertilizer levels in the hopper ♦ funneling inserts at the bottom of the hopper are useful to ensure each outlet does not run out of product as the level gets low ♦

3 ♦ 8 seeder maintenance

Regular maintenance is critical to ensure good ZT seeder performance season after season. The objectives of maintenance of machinery are four fold:

1. to extend its useful life, reduce operating costs over time, and ensure maximum productivity and return on the investment,
2. to reduce the risks of breakdowns and need for repairs (ultimately reducing costs).
3. to ensure the immediate availability and readiness of the machine when needed,
4. to ensure safety of personnel who use the machine and bystanders. Maintenance includes static inspections,

checks during operation, routine servicing, repairing, modifying and overhauling activities.

So, every piece of agricultural machinery should be maintained regularly before, during and after operation. Seeder maintenance is a worthwhile investment in any cropping operation, especially if you have made an investment in a new ZT seeder. A month or so before commencing sowing, it is wise to do an overall check of the seeder and conduct calibrations with the batches of seed and fertilizer to be used. This will allow time if problems are discovered and repairs are required.

Replace or repair any parts showing excessive wear (e.g. openers), damage or fatigue (e.g. cracks or broken welds) and perished plastic/ rubber hoses and other parts. Check and adjust the tension on chains as required. Ensure all nuts and screws are tight, and grease all appropriate locations. Check and adjust the operating range of all adjustments (depth, metering, etc.), tire air pressures, and oil levels (gear box) if relevant, and test for tight bearings or movements.

If the seeder is working for six hours per day or more, then a general check should be conducted each day usually before commencing seeding. All grease points should be filled including metal sprockets and chains. Plastic gear (e.g. chain tensioners) should not be greased. Check that the chains, springs and other moving parts are operating freely as designed, and inspect for loose bolts on moving parts, in particular on the seeding system. During operation, regularly check for damage to the seeding systems and blockages, especially when operating in stony or sticky soils, and beware of punctures to tire.

If the seeder has to be transported on roads from one field to the next, check that the seeding systems and closing devices are well clear of the ground, and drive cautiously at low speed to avoid collisions. At all times remember that the seeder is wider than the tractor. If the seeder is being loaded or unloaded to or from a truck using a ramp, make sure everyone's safety is paramount, and that there is little risk of dropping or damaging the seeder. If a fork-lift or crane are used, ensure that the lifting points are not going to damage the seeder – lift from the seeder frame, not the seed/fertilizer box.

At the end of each planting season, maintenance and proper storage is especially critical. The seed and fertilizer hoppers should be completely emptied and thoroughly cleaned including the metering system, seed and fertilizer hoses and banding boots. Fertilizer can be particularly corrosive to metal components, and it absorbs moisture from the air and can become very hard when it dries. Soil should be cleaned off all parts of the seeder. Driving chains should be cleaned with a degreasing agent, immersed in oil for several days, and then dried and refitted - take care to respect the direction of the 'quick link'.

Once the seeder is cleaned and dried, all grease points should be filled to push out any residual water. It is also wise to spray the seeder metal parts with a protectant coating (e.g. diesel and oil mix) to repel water and reduce the rate of corrosion, taking care to avoid some of the plastic or rubber components which may be damaged by the protectant - consult with the manufacturer. As much as possible, seeders should be stored out of the sun and rain, either under a plastic sheet or ideally in a shed. In particular, high temperatures and sunlight will hasten cracking and damage the rubber and plastic components. It is good practice to store the seeder on hard and dry ground and while taking the weight off the driving wheels.

recommendation: ZT seeder should be checked and maintained regularly before, during and after operation.

4❖ Weed, Disease & Pest management

Tillage is often employed to reduce the populations of biotic pests (weeds, diseases, insects, rodents, etc.) and the removal or incorporation of crop residues into the soil can also reduce their prevalence. So the switch to CA sometimes causes an increase in pest problems. However, in other cases ZT and the retention of crop residues can also suppress other pests.

Stinner and House (1990) reviewed the impact of ZT and CA on 51 insects and pests around the world. Overall, they found that while 28% of species increased with ZT practices, 29% showed no significant influence, and 43% decreased with decreasing tillage. This included increases in the populations of some ground-dwelling species which are natural enemies to pest species under ZT.

Research conducted in Syria and Australia and farmer experience shows that while the species of weeds, diseases and insects can be different between CT and CA systems, the overall size of the populations is generally similar, especially in low rainfall areas where the overall pest burden is often low. Nonetheless, special attention should be paid to the management of biotic stresses under CA, including the use of crop rotation. Sometimes this also means greater use of chemical sprays or the introduction of new types of sprays, and while this does not sit well with the principles of organic farming, compared to the damage caused by tillage, we believe the responsible use of pesticides is the "lesser or two evils."

While chemical control is one way of reducing the presence of weeds, diseases and insect pests, pesticides should be used as part of an integrated management program alongside techniques other than tillage, such as crop rotation, resistant varieties, ensuring high crop competition (e.g. early sowing), and general crop hygiene practices to prevent the spread of the problem, if these are available. The combination of control measures ensures a robust management system and reduces the risk of the development of resistance to pesticides or other control methods.

Like any other input, chemical sprays should be used efficiently and only when necessary. An over-reliance on pesticides can be costly, cause environmental pollution, and may lead to the development of resistance. Crop chemicals are normally applied by a boom-sprayer (Fig. 40) or perhaps with a backpack sprayer in small scale operations.

The use of pesticides in the Middle East is generally less common than other more advanced agricultural countries and application expertise and skills among Middle Eastern farmers are relatively low. Closer attention should be paid to monitoring the levels of weeds, diseases and pests before sowing and within crops, and employing control measures before crop yield is affected.

figure 40 ♦ most chemical sprays are applied with a boomsprayer which should be well maintained, calibrated and used in the appropriate way ♦

Just like the seeder, the spray application equipment should be well maintained, calibrated and used in the appropriate way so that they are effective, waste is minimized and the safety of the operator and nearby people are ensured. It is not our intention to go into the details of chemical application in this publication. Some chemical sprays are highly toxic to humans and the environment, so we recommend special precautions are employed with the handling and use of all chemical sprays.

recommendation: Before using chemical sprays, read the product label carefully and follow the recommended handling, application and safety methods.

recommendation: Always use gloves, goggles, overalls and respirator masks when handling and applying chemical sprays regardless of their toxicity.

4 ♦ 1 Weed management

Many fields in the Middle East have high weed populations, especially in medium and high rainfall areas, and the management of weeds is relatively poor by international standards. Weeds compete with the crop for moisture, nutrients and light, and can cause large reductions in yield. In both conventional and CA systems, farmers in the Middle East should pay greater attention to reducing the populations of weeds through a range of techniques.

In CA systems, weed seeds are not incorporated into the soil, but are left of the soil surface where they are exposed to insect predators and large fluctuations in temperature and moisture, which often reduce the seed viability. In addition, if large amounts of crop residues are retained on the soil surface, this will discourage the germination and growth of some weed species. On the other hand, large amounts of residues on the soil surface can reduce the effectiveness of herbicides which are applied to the soil and then taken up by the weed roots. But these herbicides are rare in the Middle East.

In most Mediterranean environments, the summers are hot and dry, and weeds are unable to grow because of lack of soil moisture. In some circumstances summer thunderstorms and early autumn rains will allow the establishment of weeds. If sowing is delayed, these weeds should be sprayed with a non-selective herbicide, like glyphosate (Roundup®), paraquat (Gramoxone®) or diquat (Reglone®), before sowing.

Glyphosate is taken up by the leaves of the plants and then translocated to the roots where it will kill the plant after 7-10 days. Paraquat and diquat rapidly kill green plant tissue on contact and small plants will dehydrate and die within 2-5 days. These non-selective chemicals are quickly deactivated in soils and will not damage germinating crops. So, the crop can be planted a day after spraying without any risk of damage.

We advocate early sowing, as soon as possible before or after the first effective autumn rains, especially for wheat and barley (see section 2.42). Early sown crops emerge at a similar time as the weeds, and if the crop seedlings grow vigorously under warm conditions, they will compete well with the weeds for moisture, nutrients and light.

recommendation: If weeds are present before sowing, they should be sprayed with a non-selective herbicide, like glyphosate (Roundup®), paraquat (Gramoxone®) or diquat (Reglone®). The field can be sown safely the following day.

However, if the field has a large weed population, it may be wise to delay sowing until 10-14 days after the first rains to allow the weeds to germinate. Weeds can then be controlled with a non-selective herbicide (like glyphosate) immediately before sowing to dramatically reduce the weed pressure within the crop. The benefits of

early sowing for legumes is less than cereals, so the delayed sowing strategy to allow weed management with non-selective herbicides might be especially suited to lentil. In the case of chickpea sowing can be delayed many weeks without much yield penalty.

Broadleaf and grass weeds can be managed in cereal and legume crops with the use of selective herbicides after crop emergence. Selective herbicides are relatively common in the Middle East, especially those controlling broad-leaved weeds in cereal crops. Their use is identical under CA and conventional crop management systems.

With most selective post-emergent herbicides it is particularly important to apply them at the optimum stage of development of the weeds to ensure a good kill. Similarly, crops are sensitive to damage from some herbicide at certain stages of development. Read the chemical label carefully and follow the recommendations closely. In general young small weed seedlings are easier to kill than older weeds.

Crop rotation is an important part of weed management, as it is for diseases and insects. There are many cheap herbicide options to reduce the population of broad-leaved weeds in wheat and barley crops, and likewise, many herbicides can remove grass weeds from legume crops.

4♦11 Herbicide resistance

In Australia and other parts of the world, the continuous use of particular groups of herbicides has allowed populations of weeds to develop resistance to these herbicides. In some cases, some weeds have developed resistance to multiple groups of herbicides. The widespread adoption of ZT and increased reliance on herbicides has been blamed for this resistance by some commentators.

While herbicide resistance complicates weed management under ZT, researchers and farmers have developed ways to manage resistant weeds in CA systems such as crop and pasture rotation, delayed sowing, use of alternative herbicide groups, and weed seed collection and destruction. In some extreme cases, farmers have used strategic tillage to help control resistance weeds. Avoiding the long-term reliance on one herbicide or one type of herbicide, and rotating chemical groups from one season to the next, helps prevent the development of herbicide resistance.

The use of herbicides in the Middle East is much lower than Australia, so the risk of herbicide resistance is less. However, if herbicide use increases with the adoption of ZT in the Middle East, especially the use of a narrow range of herbicides, the development of weed resistance is possible. So CA farmers should be aware of this possibility.

4♦2 Disease management

As mentioned previously, some elements of CA can encourage some diseases. For example, the elimination of tillage can increase the incidence of some root diseases, such as Rhizoctonia Root Rot, while the retention of crop residues may enhance other leaf diseases. However, other diseases may be suppressed by CA systems. For example, some soil borne leaf diseases are suppressed when thick crop residues prevent the spread of spores by soil splash. The increased row spacing with ZT can help improve aeration and reduce humidity within the crop canopy, and this may reduce the incidence of some leaf diseases, such as Leaf Rust.

The integration of many disease management techniques including crop rotation, strategic use of fungicides, good crop hygiene, and genetic resistance can be used to effectively control most diseases in CA systems. In long-term experiments in Syria, no major effects of ZT and crop residue retention were found on disease incidence, apart from Ascochyta Blight in chickpea which was more widespread but not more severe in the ZT than CT plots (Fig. 41). Ascochyta can be managed effectively through a combination of delayed sowing, genetic resistance, and fungicide applications.

figure 41 ♦ Ascochyta Blight in chickpea is favored by the retention of chickpea residues ♦

4♦3 management of insects and other pests

As with weeds and diseases, the incidence of insect and other pests may be increased or decreased under CA systems, and integrated management packages combining several methods, not just a reliance on chemical control, work best. In some cases, the increased crop diversity and reduced tillage in CA systems encourage the prevalence and activity of natural predators to keep insect pests at low levels.

Many insecticides are costly and are highly toxic to humans and other animals. So they should be used only when necessary. With any weed, disease or pest, it is valuable to have estimates of the 'critical thresholds', which are the population densities above which there is likely to be a significant impact on yield warranting an urgent control measure, usually a chemical spray.

For example, if the density of a Sunn Pest (*Eurygaster integriceps*, Fig. 42) is above 1-2 adults or 8-9 nymphs per

m², then these are likely to limit cereal yields. Without these thresholds, farmers may either spray at the first sign of a pest even though the population may be small and damage may be insignificant, or more likely, they will wait thinking the levels are minor, during which time the population explodes causing massive crop damage.

figure 42 ♦ sunn Pest (*Eurygaster integriceps*) a pest of cereal crops in the middle East ♦

Be aware that rodents prefer undisturbed soils covered by crop residues. If fields infested with rodents are cultivated, they will flee to nearby ZT fields, especially if the field has a thick cover of stubble and straw. This is a particular problem for small ZT demonstrations surrounded by cultivated fields with high rodent populations. Rodents can be managed with a chemical baiting program and by encouraging natural predators like owls with the installation of suitable nesting boxes. In some parts of Australia, slugs and snails are encouraged by the presence of thick crop residues.

5 ♦ CA in orchards and alley cropping

Orchards are a common component of landscapes in the Middle East, with the production of fruits in medium to high rainfall areas, and olives and nuts in dry areas. Orchards are often planted in areas with steep slopes where cropping is not possible which makes them particularly prone to soil erosion. Multiple tillage operations are traditionally used to control weeds, in some cases up to seven or more times per year. However, tillage also causes moisture loss and leaves the soil prone to erosion, especially water erosion on fields with high slope.

In many countries the principles of CA are often used to effectively produce crops in between the trees of orchards and olive groves. Tillage is replaced by herbicide applications to manage weeds, and/or grazing. Forage legumes and/or other crops are grown using CA between the rows of trees to protect the soil from erosion, provide nitrogen inputs into the system, and produce an economically valuable product to supplement the income from the trees.

We believe there is considerable potential for the use of intercropping CA within orchards in the Middle East and initial demonstrations have been set-up in Syria, Jordan and Palestine in recent years, mainly among olive groves (Fig. 43). Likewise, CA crops can be easily produced between salt and/or drought tolerant trees, shrubs and cactus alleys in low rainfall areas. This type of alley cropping is compatible with many water harvesting or micro-catchment techniques (Fig. 44).

figure 43: CA intercropping between olives in syria (left) and Palestine (right) ♦

Pure stands of forage legumes or mixes with barley are either directly grazed by livestock, harvested for hay or forage production during spring, or directly grazed after maturity. This reduces the pressure on the residues from broad-acre crops so they can be used for soil cover. Some forage legume species such as clovers or medics are capable of setting seed and self-regenerating without the need to plant them every year.

fig ♦ 44 ♦ Basins were constructed in this olive orchard in Jordan (left) to harvest water before CA intercropping was instigated - the field slopes downward from left to right ♦ the second irrigated orchard in Afrin syria (right) was kept uncultivated and weeds controlled with herbicides ♦

In many cases the production of the intercrop has no negative impact on the tree production, and in the long-term the effects tend to be positive if erosion is reduced and soil fertility improves over time. Where trees are on narrow spacings (less than 6-8m) the competition between the trees and the CA crop may be significant. Ideally the winter rainfed crops will not compete with the period of tree production and harvest.

6.0 CA under irrigated systems

Experience in Syria, Iraq and elsewhere has shown a big potential for CA in medium to low rainfall dryland conditions due to effective moisture conservation and improved water use efficiency. But CA can be implemented under all agro-ecosystems, including high rainfall and irrigated conditions. Many farmers in Syria and Iraq have successfully implemented ZT on fields using pivot, sprinkler and drip irrigation methods.

The initial benefits of CA under irrigation mainly come from input savings rather than production increases since the availability of moisture is not a constraint. It is commonly observed that biomass and grain yield production in irrigated crops is initially similar under ZT or conventionally tilled fields, or in some cases, crop growth may be less as farmers struggle with the initial challenges of ZT, heavy crop residues and more diverse rotations. It usually takes several years under CA for farmers to come to terms with these challenges and for the improvements in soil fertility to boost crop productivity. As with rainfed crops, gradual adoption of CA, starting with ZT, is normally wise.

The main input saved under CA is fuel. Tillage operations are eliminated, and other fuel and water savings might also be made from reduced amounts of irrigation. With ZT and retention of crop residues, water infiltration into the soil is increased and evaporation is decreased. This applies to winter crops receiving supplementary irrigation and

secondary summer crops, grown after the winter crop, and could help conserve ground and river water resources for the Middle East.

figure 45: An irrigated Zt sorghum crop (secondary crop after wheat) at Aleppo (left), and Zt maize (secondary crop) under pivot irrigation in syLiCo, syria 2011 (right)◆

In the Middle East, irrigated secondary crops are traditionally grown immediately after winter crops. The farmer usually needs three to four weeks to collect, graze or burn the residues from the winter crop, and prepares the soil with three cultivations and one or two irrigations to enable planting of the summer crop usually in July (Fig. 46). Because of this delay in planting the summer crops, maturity and harvest is delayed until November when there is a risk of early autumn frosts.

Direct ZT planting of secondary summer crops immediately after harvesting the winter crops in June could save the cost three cultivations and allow one month earlier planting. More timely sowing is a major incentive for ZT in South Asia where two or more crops are grown each year.

figure 46: Land preparation for irrigated summer crops in Aleppo, including grazing by small ruminant (in the background), burning straw and flood irrigation to get the soil ready for tillage and planting◆

CA can be implemented under sprinkler, drip or pivot irrigation systems using the same ZT seeders developed for rainfed crops (Fig. 47). Basin flood irrigation (Fig 47 right), with its ridges around the boarder of each basin or plot, is not compatible with ZT planting and minimal soil disturbance. This irrigation method is generally inefficient in its water use compared to other methods, and a change in irrigation method should be considered.

figure 47: Sprinkler, pivot and drip irrigation can easily fit with ZT planting, however basin flood irrigation (bottom right) is not compatible.

With furrow irrigation, CA can be implemented with minimal soil disturbance using a raised-bed ZT planting system (Fig. 48). Permanent beds and furrows are set out in the field, and retained year after year. The furrows are reshaped each year by the seeder, which sows two or more ZT rows on the raised bed, usually with retained residues. This technique was developed for furrow irrigated crops in South America, Central and South Asia, Egypt and other parts of the world, where savings in water and fuel, and increases in soil fertility and yields have been significant.

Recommendation: CA can be implemented under sprinkler, drip or pivot irrigation systems using the same ZT seeders developed for rainfed crops. For furrow irrigation, permanent raised beds are recommended.

Figure 48: ZT raised-bed wheat fields using furrow irrigation in Uzbekistan (planting after cotton, left), and in Egypt (right)◆

7◆0 Promoting adoption of CA In Morocco CA was first investigated by researchers in the late 1980's, and proving successful at increasing sustainable production, a program of field demonstrations was instigated to promote adoption. About 30 years later, CA only covers around 6,000 ha in Morocco with only a small proportion of unassisted adoption. Similar research also occurred in Turkey during the 1990s where adoption of ZT was negligible until recent years. If the benefits of CA were significant, then why wasn't the technology adopted by farmers?

A few large farmers in these countries did initially adopt CA because of their financial ability to purchase large ZT seeders imported from America and Europe, and they had greater incentives to save on fuel and input expenses because of their big acreages. In contrast, there was virtually no adoption by the majority of farmers who owned relatively small to medium areas of land, mainly because the imported ZT seeders used were too large, heavy and expensive.

Another factor in the poor adoption was the way the technology was demonstrated and presented to farmers. In some cases, farmers were not closely involved in on-farm demonstrations and at field days and other extension activities they were often told they must adopt all three pillars to benefit from CA.

In contrast the early projects in Morocco and Turkey, the ICARDA Iraq CA project mentioned in sections 1.0 and 2.61 was effective at promoting the adoption of ZT and early sowing in Iraq and Syria. There are pertinent lessons from this project that can be applied in other parts of the Middle East and elsewhere, especially the development of simple and cost-effective ZT seeders, and the flexible participatory extension approach.

7◆1 Availability of Zt seeders

Around the Middle East there are many ZT seeders which were imported by development agencies ten or twenty

years ago, but most have been sitting idle on research stations and farms, either because: they were too complex, large and heavy; or technical staff were not trained appropriately in their set-up, calibration or operation; or spare parts were not easily available. There is little point in trying to promote CA to farmers if they do not have access to suitable ZT seeders, and know how to use and maintain them accordingly.

The ZT seeders should be appropriate for the size of fields, the capacity of available tractors, and should be made available at an affordable price. The promotion of ZT seeders should take into account the existing models of farmer access to conventional mechanization such as via contractors and cooperatives. Appropriate ZT seeders can be imported if they are available outside the country, or preferably made by local workshops if suitable specifications and acceptable quality can be achieved. In addition to generating employment for rural communities, local workshops also provide easy access to spare parts for maintenance and repairs. Alternatively, some conventional seeders can be easily converted to ZT at a fraction of the cost as discussed in section 3.4.

It is important to understand the range of cropping practices and machinery used in a region so that appropriate ZT seeders are developed. This can be done through formal or informal surveys of farmers. The sorts of data collated in this survey could include machinery information (e.g. the power of available tractors, seeder widths, and whether they are trailed or mounted via a three-point linkage, availability of hydraulic ram connections) as well as details of crop management (e.g. existing tillage and seeding operations, soil types, rainfall, crop rotations, time of sowing, seed rates, seed depth, row spacing, use of fertilizer and pesticides, and residue management). This information will help in the development of suitable ZT seeders and other CA practices.

In the ICARDA Iraq CA project, Australian engineering and agronomy expertise were used to enhance the skills and knowledge of machinery manufacturers and agricultural engineers at universities and ministries of agriculture to help facilitate the local manufacture of ZT seeders in several countries. Technical and practical training programs were conducted over a period of three years (Fig. 49), and following feedback from farmers and contractors various prototypes of ZT seeders were reviewed and improved in a repetitive process.

Figure 49. A field evaluation of various ZT seeders at ICARDA's Tel Hadya Research station in Syria

The main aim of the machinery training program was to improve the mechanical design and construction skills of the manufacturers especially for ZT conditions. Seeder design considerations for ZT such as those discussed in section 3.0 were reviewed in detail. Methods of converting conventional seeders to ZT were also part of the training, especially in Iraq where the manufacturing industry was less advanced (Fig. 50).

Figure 50. A nardi seeder converted to Zt, including press wheels manufactured in Mosul Iraq. Many of the manufacturers and engineers the project worked with had farming backgrounds, especially those from regional villages. Others did not have a good understanding of cropping practices, nor close relationships with their farmer customers, and were often replicating seeder designs that were 30-40 years old without any understanding of more contemporary design improvements, nor any consideration of how to make them more efficient. These manufacturers benefitted greatly from an improved knowledge of crop agronomy, seeder function and seeding system technologies, and where possible they were encouraged to work more closely with farmer groups and their customers to facilitate feedback and ongoing seeder improvements. Small groups of manufacturers and engineers also benefitted from study tours to Australia and Turkey, where the manufacturing industries were more advanced and farm machinery fairs were held. During such tours they were exposed to innovative seeder ideas and designs, especially in Australia, and the manufacturers were also able to arrange the supply of key parts and materials. In almost all cases, the feedback and response from such tours and the ZT seeder training programs was exceedingly positive.

As discussed in section 3.5, the machinery activities of the project contributed greatly to the supply of appropriate ZT seeders to farmers in Syria and Iraq and also influenced manufacturers in Jordan, Turkey and Iran. While the initial seeders sometimes lacked the sophistication and quality of imported ZT seeders, they were affordable and did an effective job at establishing crops under ZT tillage, some into moderate to high amounts of crop residues.

Many of the seeder manufacturers became key players in the participatory extension groups that were established in Syria and Iraq, and they were active in promoting the ZT technology because it benefited their business and the profitability of their farmer customers. Some seeders were displayed at agricultural exhibitions and fairs to help raise awareness and interest in ZT (Figure 51). Even in areas of civil conflict in Syria and Iraq, manufacturing is still ongoing.

Figure 51. Three Zt seeders were transported to Damascus for an agricultural exhibition in 2008

Many small-scale farmers in the Middle East do not own their own tractor and seeder, and borrow or rent such equipment from larger farmers or contractors. In these cases, it will be necessary to convince the providers of these

machinery services about the benefits of CA as well as the small farmers themselves. This can be difficult with contractors because many make part of their income from providing tillage operations. These contractors need to develop a suitable business model whereby they charge more for ZT seeding compared to conventional seeding to compensate them for the lost income with the elimination of plowing. Of course overall they will benefit from lower fuel and labor costs with ZT. Importantly, the adoption of ZT and CA will enhance the profitability of their farmer customers, leading to repeat and new customers into the future.

recommendation: Farmers need access to ZT seeders that are appropriate for the size of their fields, the capacity of available tractors, and should be supplied at an affordable price. These can be manufactured locally, imported, or conventional seeders can be converted to ZT.

7.2 Participatory extension approaches

In many parts of the world where CA has been successfully adopted, farmers and farmer-led organizations took the lead in developing and promoting ZT technology in collaboration with researchers and extension specialists, input suppliers and machinery manufacturers. In Australia, no-tillage and other farmer groups were established in each state – a list of the no-tillage groups and their websites is presented in section 10.0.

As part of the ICARDA project in Syria and Iraq, Australian experts in participatory approaches were engaged to deliver training programs to farm advisers who were then encouraged to go back to their regions and test the new approach. Unlike the traditional extension model where the researcher develops a new technology and hands this over to an extension workers to convince farmers to adopt the technology, participatory approaches encourage all stakeholders to work together as a group to identify issues, discuss potential solutions and evaluate these on farm. These participatory groups are sometimes called innovation platforms.

Participatory groups encourage direct feedback between researcher, extension specialists and farmers, and all other stakeholders in the community while facilitating greater mutual understanding and respect. Many researchers and farm advisers need to realize that they can learn much from farmers, and this will help them to develop new technologies that will benefit the farming systems in their region. This approach is particularly important for complex technologies like CA that require modification and fine-tuning to each region or situation.

Interaction between stakeholders was rarely equal. In fact the relationship between farmers and manufacturers was usually the backbone of groups and was most critical to their success, especially in the development of suitable ZT seeders which is so important for CA. The relationships between farmers and local manufacturers persisted when civil conflict disrupted the activities of researchers and extension specialists in Syria and Iraq, and helped promote on-going adoption in difficult circumstances.

Farmer groups were established in Iraq and Syria to discuss CA and to evaluate useful elements of the conservation cropping package (see Table 2) on farms. These groups not only involved farmers, researchers and extension specialists, but included service and input providers, machinery manufacturers, local government staff, and other private and non-government organizations such as the Agha Khan foundation and regional institutions such as the Arab Center for Studies of Arid Zones and Dry Lands.

figure 52 ♦ An illustration of the participatory extension groups investigating CA in Syria showing effective interaction between all stakeholders, especially farmers and manufacturers ♦

Within each group a ZT seeder (either manufactured or converted locally) was made available to farmers interested in testing it without providing any payment or other incentives to the farmer, other than use of the seeder free of charge and technical advice. Some farmers were anxious about damaging the seeder, so they were assured that they would not be held responsible for any damage.

The fact that there were no incentives provided to the farmers who participated in the testing program, and that they were expected to supply their own seed, fertilizer, tractor and fuel, and move the seeder to the next farmer, was seldom questioned. This was not a limitation for innovative farmers who were keen to increase the long-term profitability of their businesses, and could see the prospects of the technology to increase yields, decrease costs, and improve their soil fertility. All groups appointed an honorary group facilitator to coordinate the testing program and arrange repairs and maintenance of the seeder if needed.

recommendation: Participatory extension approaches where farmers, machinery manufacturers, researchers, extension specialists and other stakeholders work as a group to adapt a new technology to local conditions, work best in promoting complex technologies like CA.

figure 53 ♦ A group of farmers, researchers and extension specialists inspect Zt seeders at field day in Salamiyah, Syria.

Direct communication from farmer to farmer was supported and most farmers enthusiastically shared the lessons they learnt with others at field days and group meetings. In many cases researchers and extension specialists only provided input when specifically asked which demonstrated that the groups were controlled by farmers. Some activities were publicized by national television channels and other media outlets.

The activities of the groups proved popular among all members, and highly effective in raising awareness, experience and adoption of ZT. The number of participants in the program and the formation of new groups grew rapidly each year as the benefits of ZT and early sowing became more widely known. The participatory aspect of this program was critical to its success as it gave farmers ownership of the groups, the ZT testing program, and hands-on experience with ZT seeder operation, early planting of crops and reduced seed rates in their own fields.

Leading pioneer farmers emerged from many groups. These leaders who were often among the first adopters of ZT, showed much passion and commitment to helping other farmers and spent large amounts of time and effort working with other stakeholders, especially seeder manufacturers to promote ZT technology within their region. These farmers were usually relatively large and financially capable of purchasing a ZT seeder, and were excellent farm managers, making them admired and highly respected among the community. They often lent their ZT seeder to relatives and neighbors.

figure 54: Extensionist Mr. Armar (left) coordinated 86 ZT evaluations in Maara, Syria in 2011, and is standing in front a conventional field next to a ZT field sown early. Agronomist, pesticide dealer, and farmer group leader Mr. Bakr Bakki (right) with his son near Ain Al-Arab (Kobani), Syria, is standing in front of traditional late planting and a ZT field sown early.

Some of these leading farmers, proud of their achievements and keen to spread the benefits of ZT technology, independently organized and funded their own field days (Fig. 55). In some cases large influential farmers who sow fields owned by many smaller farmers was invited to participate in the ZT seeder test. This strategy was a successful way to expose a large number of farmers to the technology. An important event in Iraq was the formal recognition of the “Mosul Society of Conservative Agriculture”, a group of farmers and scientists who encourage and support CA development and education in Ninevah.

Figure 55. Pioneer farmer, Mr. Sinan Al-Jalili, discuss the benefits of ZT for his farming business at a field day at his farm near Mosul Iraq.

7.3 CA demonstrations and farmer incentives

In other less successful projects, CA demonstrations were conducted onfarm whereby the farmers were much less involved than the approach described above in Syria and Iraq. In these CA demonstrations technical staff from a nearby research station managed the test area including seeding, spraying, spreading fertilizer, sampling and harvest, supplying all inputs including machinery. In some cases, the farmer was also paid a fee for the use of his land. This approach is generally less effective because the farmer is only learning by observing and is not learning by doing, and often takes less ownership and interest in the evaluation.

In some regions of the Middle East, land ownership has become highly fragmented and many farms are too small to support a family. In such cases landowners are forced to seek other jobs and sources of income. If agriculture is not their main source of income, then landowners are usually less interested in improving the profitability of their farming operations, especially if this involves major changes to their traditional methods. These types of farmers are usually less inclined to participate in a testing program unless they are provided with incentives.

Cash and other incentives may encourage some farmers to join demonstration activities. However, once the incentives stop, the farmers usually returns to their old practices and little real adoption occurs. In recent years the Turkish government provided farmers with a 50 percent discount when they purchased ZT seeders in an attempt to boost adoption, but no other information or training on CA was provided. Given this sizeable incentive, many farmers bought ZT seeders. However, most of these farmers still plow their fields before sowing because they are not aware of the benefits of ZT and have problems with weed control.

Farmer incentives or subsidies for adopting CA should be implemented cautiously because subsidies often create inefficiencies and unexpected negative impacts. For example, as discussed in section 2.3, government incentives for the production of wheat can have detrimental effects on other crops, reducing the overall efficiency of the farming system. Ideally farmers will be keen to improve the long-term profitability of their farms, the immediate and direct benefits of ZT and early sowing will be enough incentive for farmers to try the technology, and incentives can be avoided completely.

Some non-government organizations have an interest in developing rural communities by promoting technologies which enhance farmers' productivity and incomes. CA is capable of achieving this while also reducing any negative

environmental impacts of cropping. The donation or micro-financing of ZT seeders for poor farming communities especially in marginal areas could result in favorable outcomes, provided suitable training and a participatory approach is employed. The Agha Khan Foundation, a partner in the project's participatory ZT development and extension program, had a successful experience with this approach in Salamiyah Syria.

7.4 training and education

As we have said several times in this publication, the general crop management skills of many Middle Eastern farmers requires improvement, and the full benefits of CA require a good knowledge of machinery, agronomy, pest management and general farm organization.

Certainly, farmers who have access to micro-financed, discounted or free ZT seeders should receive a well-structured and comprehensive CA training program to ensure they get the most from the technology. Training programs can be coordinated through existing participatory farmer groups or be a catalyst for the formation of new groups in a region.

The skills and knowledge of other participants in the participatory groups and the wider community may also need to be enhanced to effectively develop and promote CA systems for a local area. In particular, extension specialists need to have a good understanding of CA principles and practices, including ZT seeders, and participatory approaches to extension. They should also develop a network of technical specialists to help provide advice in range of topics e.g. machinery, pest management, crop nutrition, etc.

Figure 56 ♦ Dr ♦ Abdulsattar Alrijabo from University of mosul discusses Zt sowing and crop management at a farmer field day in Ninevah, Iraq.

recommendation: On-farm testing and CA demonstrations are an important way for farmers to see the benefits of CA first hand. In Syria and Iraq farmer payments or other incentives to conduct demonstrations proved unnecessary as the technology was of great interest, relevance and benefit for all stakeholders.

In Ninevah Iraq, University of Mosul staff undertook a program to educate school children in rural areas about CA and the benefits of ZT (Fig. 57). Children were aware of tillage and other farm operations and were keen to learn about new cropping methods that saved fuel and time. High quality fact sheets, posters and other extension material help increase awareness and knowledge of CA (Fig. 58). All these initiatives help people overcome the deeply engrained mindset that tillage is an essential part of farming and other misperceptions about CA.

figure 57. Mrs. Asma Al Hafiz, University of Mosul speaks to rural school children about the benefits of ZT.

recommendation: The full benefits of CA require a good knowledge of machinery, agronomy, pest management and general farm organization. If these are lacking, then suitable training and education of farmers and other stakeholders may be required.

figure 58 ♦ A poster developed to promote awareness of CA in iraq ♦

7.5 field Days

Field days are a critical activity for any extension programs as they allow a large number of diverse groups to observe, learn and discuss a new technology. In a survey of Syrian farmers who adopted ZT, attendance at a field days or participation in a CA farmer group was the most important factor influencing adoption. It is important that field days are well planned and organized.

Traditionally field days are conducted in mid to late spring when crops are looking their best. Given the importance of ZT sowing for CA, field days demonstrating conventional and ZT planting in autumn can be highly beneficial. Autumn field days can be followed up with subsequent field days after crop establishment, spring and pre-harvest, as many farmers may be keen to monitor crop performance throughout the season. This will provide a chance to discuss various elements of crop management, including the monitoring of weeds, diseases and pests. It is a good idea to have a ZT seeder present at each field day, for newcomers to understand the technology.

Figure 59: Scenes from a pre-harvest CA field days with about 350 participants at Qamishly and Jarjanaz, Syria 2011.


The logistics for the field day will partly depend upon the number of participants. Large groups are slow and cumbersome to manage, but can get an important message across to many people at one time. Smaller groups of 8-16 people are better more detailed training activities or discussion groups. For large field days, it might be beneficial to break the crowd into a number of smaller groups if there are two or more separate inspections or

activities are planned.

Most field days benefit from the guidance of a leader to coordinate the activities and help keep the group together and attentive. Without this guidance some people may start to straggle and split off into smaller groups with multiple discussions occurring at the same time, or one person may dominate the discussion. In many situations it is good to involve the audience. For example, you might ask them to rate the vigor of two different crops or a range of test plots, or invite them to suggest solutions to problems. But this should be done in a structured way through the leader.

It is important to allow the farmer who conducted a test to speak freely about what was done, what worked well, what needs improvement and possible solutions. Farmers are more likely to listen to other successful farmers than researchers and other technical experts.

Some important logistical considerations for field days include the need for transport, water and food, shade, bathroom, and a public address system. These should be organized and tested well ahead of the field day – a major delay or problem with any of these can have detrimental effects and participants may lose interest quickly.

Figure 60. A farmer field day conducted in autumn at Al Shaikhan, Iraq – the host farmer is front and center  recommendation: Field days allow a large number of diverse groups to observe, learn and discuss a new technology with other farmers and other stakeholders.

8 CA misperceptions and challenges

There are a number of misperceptions about CA in the Middle East that are often held by farmers and others when they are first informed about the concept of CA. Some of these misperceptions originate from people outside the region who have dogmatic and rigid views on what is CA, and how it should be implemented. We have presented these misperceptions below as coming from farmers (i.e. I was told ...), but these are sometimes proliferated by academics, farm advisers and researchers with inflexible mind-sets.

These misperceptions will be dispelled as more people become aware of CA, and see it successfully implemented in the Middle East.

8.1 CA won't work in my conditions

Many people who don't realize how widely CA has been adopted around the world believe CA won't work on their soil or farming system, especially ZT. The fact that CA is being successfully used in a wide range of climates, crops, soils and farming systems means that it can be adapted to work in all areas where crops are grown, and in almost all crops, provided a flexible approach is taken.

Part of this misperception is the belief that crops cannot be successfully planted and established without tillage, especially on hard or stony soils. While some soils may be problematic when ZT is initially implemented, the facts show that crops can be sown efficiently on all soil types with appropriately designed and operated ZT seeders. In CA systems, soils become soft and friable as organic matter increases and soil structure improves over time. In Australia, CA is implemented on a wide array of soils, from some of the sandiest acid soils in the world, to heavy alkaline clays.

CA is often promoted as a technology particularly suited to dry areas and as a way of combating drought, but this does not mean it is not applicable in medium and high rainfall zones, or under irrigation. There is evidence from southern and eastern Africa indicating that the benefits of CA are less in high rainfall areas where waterlogging occurs because of increased rainfall infiltration. But this has not been observed in the Middle East or North Africa. Certainly, soil cover and ZT decrease the risk of soil erosion in high rainfall areas with high slope.

8.2 i was told i must use a disc Zt seeder to eliminate soil disturbance

It is often believed that almost no disturbance of the soil and crop residue is best, and that this can only be achieved with the use of disc ZT seeders which cut the narrowest of slots in the soil without dislodging residues. While keeping the residue undisturbed is best-practice, there is little evidence to suggest that ZT disc seeders which disturb a very small minority of the soil surface provide superior crop performance to ZT tine seeders which disturb more of soil.

Technically, some disc seeders can cause high soil disturbance depending upon their design blade, set-up and operation (e.g. triple disc seeders on narrow row spacing operated at depth and high seed). In comparison, some tine seeders cause much less soil disturbance (e.g. those with narrow openers on wide row spacing operated at shallow depth and low speed). As discussed in section 3.31, disc seeders have some well documented limitations, particularly in degraded soils commonly found when transitioning to CA. Tine seeders are arguably more suitable for small farmers in developing countries because of their simplicity, light-weight, low cost, and ability to penetrate

hard soils and operate more easily in wet clay and/or stony soils.

As we discussed earlier, there is a large array of seeders which produce reduced or minimum soil disturbance, and researchers and farmers are often confused about which are the best seeder features for their circumstances. Often, farmers and researchers use a ZT seeder which is either not suitable for the conditions and/or incorrectly set-up and calibrated, and hence, poor establishment and crop growth results. In the absence of better knowledge, they conclude that ZT does not work well.

Hopefully the discussion in section 3.0 helps reduce this confusion, but in general, much more attention needs to be paid to ZT seeder design and operation, and the knowledge of all stakeholders can be improved. In almost every case, ZT seeders need to be fine-tuned to local conditions to get the best performance.

figure 61 ♦ Pioneer farmer and engineer, mr ♦ sinan Al-Jalili, discusses point design at a farmer field day near Mosul Iraq ♦

8.3 i was told i must not graze my crop residues

Some researchers and extension specialists believe that soil cover is a critical part of CA, and without it farmers will not benefit from the adoption of the other principles. While there is evidence to support this in eastern and southern Africa, this does not hold true in the Middle East. Significant benefits were recorded by farmers in Syria and Iraq solely with ZT and early sowing, even when crop residues were heavily grazed and crop rotation was dominated by cereals (Fig. 61).

As discussed in section 2.22, farmers who graze their crop stubbles should not be criticized when they are getting a high and stable economic return for this practice which is maintaining their farming livelihood. There is also evidence to suggest that light grazing of residues may provide a useful benefit to livestock while the remaining residues help protect the soil from erosion and maintain soil fertility. While the tradeoffs between grazing and retaining crop residue are the topic of ongoing research (including the integration of forage crops into existing systems), allowing farmers to maintain livestock grazing during the transition to CA enables a much more attractive and low risks package, without challenging the economic stability of their existing crop-livestock systems.

figure 62 ♦ mr ♦ sobhi Al Abdalla from maara, syria seeded Zt lentil after the cereal residues were completely grazed (middle). The ZT field produced 2.1 t/ha (right front), compared to the adjacent conventional field (right behind) which yielded 1.6 t/ha ♦

8.4 Legumes and other crops are more work and don't yield like cereals

Many farmers complain that legume and other alternative crops require more work and their yields are lower compared to cereals. While this is often true, they should consider the economic returns from their crop rotations as a whole production system.

By alternating cereals with other crops, this boosts the performance of cereals through nitrogen fixation and reduced fertilizer requirements in the case of legumes, provides an opportunity to better manage weeds (especially grasses), diseases and pests, and diversifies production, thereby reducing the risk of price fluctuations. While the yield of these alternative crops is usually lower than cereals, this is often offset by higher prices, although production costs (e.g. the need for hand harvesting) can also penalize legume and other crops. Even growing a legume or alternative crop in between two or three cereals crops is better than continuous cereal production. More than ever, a farming systems approach is required to successfully conduct a CA production system.

As discussed in section 2.3, there is much that needs to be done to develop and promote more profitable legumes and alternative crops. The development of improved taller varieties and crop management practices will enable machine harvesting and increase yields. Government policies that encourage wheat production need reviewing, and the general crop management skills of many farmers needs to be improved. Managing two or more different types of crops adds complexity to farm management and can be hard work, but some farmers manage these issues effectively because they can see how crop rotation is important for the long-term profitability of their farms.

8.5 fallow gives the soil 'a rest' and boosts the yields of following crops

As discussed in section 2.3, an effective fallow can conserve moisture from one season to the next and benefit following crops in low rainfall environments. However, the benefits are inconsistent, and often much of the soil moisture is lost through evaporation during the long hot and dry summers of the Middle East. Most studies show that on average the extra yield of the crop following the fallow does not compensate for the total yield that would have been produced by growing a crop every year instead of the fallow. Likewise, the increases in soil fertility during fallow phases are typically small.

Instead of using a fallow phase, farmers in low rainfall areas are better off planting a crop every year. The risk of

crop failure due to drought is decreased in CA systems because soil evaporation is reduced, and rainfall infiltration and water-use efficiency are increased. So this should give farmers confidence to replace fallow with a CA crop, ideally a low-cost food or forage legume.

8.6 Weeds or other pests will take over my fields if I don't plow

This misperception is not surprising when you consider that some older farmers may have plowed their fields multiple times for 30 years or more, mainly to reduce the populations of weeds and other pests. As explained in section 4.0, the population of weeds, diseases and pests usually changes when CA is implemented, but the overall burden often remains the same, especially in dry areas. Some biological species are favored by some of the CA technologies, and others are suppressed by the elimination of ZT, rotation of crops, and retaining soil cover.

Provided an integrated approach employing a range of strategies is used, weeds, diseases and pests can be managed effectively under CA systems. Good knowledge and crop management skills are required in CA, especially if new pests emerge. Rodents are a common problem under CA, especially when a ZT field is surrounded by cultivated fields.

8.7 CA needs more inputs, especially pesticides

This misperception follows on from the previous one. If the overall burden of weeds, diseases and other pests are similar, then there is no greater reliance on pesticides in CA compared to conventional systems.

In most medium to low rainfall regions of the Middle East where very little grows during the hot dry summer period, weeds are rarely present at sowing if the crop is planted early i.e. close to the first autumn rains. If weeds are present before sowing, these should be killed with the application of a non-selective herbicide, so one more chemical application may be required in this case. In general, post-emergent applications of herbicides, fungicides and insecticides will be similar in CA and conventional systems.

In all cases where ZT is adopted there are significant reductions in fuel and labor costs, and also savings in seed inputs are likely. If legumes are added to the rotation, organic nitrogen can be more available, and in some cases phosphorus fertilizer can also be decreased. Under irrigation less water is often required.

8.8 Zt contradicts our knowledge and culture

Some farmers, academics and others consider tillage or seedbed preparation is a key operation for a successful crop and that ZT contradicts their agricultural culture and heritage. Farmers who don't till their fields are sometimes labelled as lazy, messy, and not serious by others. These people are often not open to change, and are difficult to argue with. But most farmers listen to other successful farmers, and the early 'ZT champion' farmers need to be supported and included in CA promotion activities. A gradual process of evidence-based assessments and empowerment with accurate information supporting a fitting alternative can soon lead to changed mindset.

Most farmers in the Middle East recognize that soils are becoming seriously degraded and crop yields are declining, especially as the weather becomes more variable. How can we expect to improve our farm productivity without trying something new? As Albert Einstein said "The definition of insanity is doing the same thing over and over again and expecting different results."

Many farmers appreciate that they don't just inherit their land from their fathers, but they are also its custodians for their children, and grandchildren. If they don't care for their soil and farms, their descendants will suffer.

9.0 moving towards conservation agriculture

Conservation agriculture is a complex technology. Once given some initial information about the technology, many farmers are interested in evaluating the benefits on their own farms, but they are sometimes puzzled by where to start and what changes to their cropping practices are required.

As we have stated many times, ZT is the key to CA in the Middle East, and farmers should concentrate on this component of the technology when moving towards CA. Diverse rotations and soil cover are more difficult to implement in the Middle East, so most farmers will naturally be more interested in ZT. Once farmers are confident in using ZT, they can consider diversifying their crop rotations and then later may also be interested in evaluating the benefits of soil cover. This process towards full adoption of CA might take five or more years.

The initial testing and success of ZT will often depend on the way the farmer learned about the technology.

- If the farmer attended a planting or spring CA field day, then he/ she may have been exposed to the experience and knowledge of several other farmers, seeder manufacturers, researchers and extension specialists. The

farmer may later approach the nearest extension specialist, seeder manufacturer or nearby farmers for more information, and he/she may like to become part of the CA working group. Access to many sources of information is usually the best way to benefit from the lessons learnt by others and ensure successful adoption.

- If the farmer sees ZT planting in neighbor's field then he/she may be interested in borrowing, converting or buying a seeder. Unless the farmer seeks information from others, which would be highly recommended, he/she only has access to the experience of that one neighbor. This is less preferable than the case above.
- Some farmers may have heard about CA or had it recommended by others without any first-hand experience through a field day or neighbor. We recommend that farmers do not implement ZT or CA before seeing the ZT crops first-hand and inspecting ZT seeders either through neighbors or field days.

Once a farmer has decided to implement ZT, they must get access to a ZT seeder either through a CA farmer group, borrowing from a neighbor, converting a conventional seeder to ZT, buying a new ZT seeder, or through a ZT seeding contractor.

We recommend the following practices:

1. Stop plowing or cultivation immediately.
2. Check for a hard pan in the soil and correct this – see section 2.21.
3. If the field has a high population of weeds (as seen in the previous crop) allow these to germinate for 1-2 weeks after the first autumn rains, and then kill them by spraying a non-selective herbicide such as glyphosate (1-1.5 L/ha of commercial product). Follow the directions on the herbicide label, but these herbicides are generally safe to apply one day before planting.
4. If weeds are not a major problem, then cereals should be planted immediately after the first autumn rains, or even before the first rains into dry soil. Lentil, faba bean, vetch and other forage legumes generally benefit from early sowing, but there is generally little need to plant chickpea before late November.
5. Use certified seeds at reasonably low rates (70 to 100 kg/ha for cereals and 100-120 kg/ha for lentil and chickpea, depending upon the mean seed weight and viability.)
6. Never spread TSP or DAP fertilizers on the soil surface at planting, but drill them together with the seeds or separated by 2-4 cm – see sections 2.45 and 2.35.
7. Use an appropriate ZT seeder, preferably a tine-type, which has been calibrated and set-up correctly – see sections 3.3-3.5.
8. Place the seeds at 5-6 cm deep for early dry seeding and 3-4 cm deep when planting into wet soil.
9. Seed at no more than 6-8 km/hr or less if the soil is stony or sticky.
10. All operations following the seeding of the ZT crop are similar to conventional crops in terms of fertilizer and pest management.

Once farmers are comfortable with ZT, they should examine their crop rotations as follows:

1. Fallow should be replaced by a crop, preferably a legume such as lentil, chickpea, vetch or faba bean.
2. Avoid continuous cereals (wheat or barley) by planting a legume, ideally every second year, or every third or fourth year.
3. Consider other crops such as cummin, coriander, Lathyrus, fenugreek (*Trigonella*), safflower, or spring/summer crops such as melons, or forages/pastures.

Farmers should consider improving soil cover as follows:

1. Minimize grazing of crop residues, if possible – try to leave at least 1.5 to 2.0 t/ha on the soil surface.
2. Avoid burning crop residues.
3. If the amount of residue is beyond the capacity of the available seeder, this may be reduced by baling, chopping, mowing or slashing, or managed grazing – see section 3.33.
4. At harvest try to leave as much cereal residue standing, by cutting just below the lowest heads, and spread the chaff, rather than leaving it in narrow trails. Many harvesters come with optional straw spreaders.

10 More information

More information on CA can be sourced from the following websites:

ICARDA <http://www.icarda.org/conservation-agriculture/teaser>
Food and Agriculture Organization <http://www.fao.org/3/ai4066e.pdf>
Western Australian NT Farmers Association www.wantfa.com.au

South Australian NT Farmers Association www.santfa.com.au
 Victorian NT Farmers Association www.vicnotill.com.au
 CA and No-till Farmers Association www.canfa.com.au
 Conservation Farmers Incorporated www.cfi.org.au
 Global Community of Practice for Conservation Agriculture - you can subscribe to their newsletter at <https://listserv.fao.org/cgi-bin/wa> or send an e-mail to: listserv@listserv.fao.org
 Rama Agricultural Equipment MFG can be contacted at:
 P.O. Box 830327, Amman 11183 JORDAN
 +962 6 4398012 or +962 5 3826007
thaer.nimer@ramajordan.com
 Youtube video of interview with Syrian collaborator Dr. Basima Barhoum GCSAR on CA: http://www.youtube.com/watch?v=fMFdSUy4nOU&feature=youtube_gdata_player
 Youtube video of interview with Bill Crabtree from Australia on CA: https://www.youtube.com/watch?v=t9zFLNNH_sY&x-yt-cl=84924572&xyt-ts=1422411861
 Youtube video from Tim Neale, PrecisionAgriculture Australia on CA. This is the 1st of a 6 part series and you find other 5 parts on Youtube: https://www.youtube.com/watch?v=G_JLwX2A-to98
 Youtube videos demonstrating differences in between runoff in ZT and conventional soils in US: <https://mail.google.com/mail/u/0/?shva=1#inbox>
https://www.youtube.com/watch?v=I_7d0h2bSoY

10.1 references and further reading

Friedrich T., Derpsch R. and Kassam A. (2012). Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture. In "Reconciling Poverty Eradication and Protection of the Environment." Field Actions Science Reports Special Issue 6. <http://factsreports.revues.org/1941>
 Haddad N, Piggin C, Haddad A, Khalil Y. (2013). Conservation Agriculture in West Asia. In: 'Conservation agriculture: global prospects and challenges'. Eds. Ram A. Jat, Kanwar L. Sahrawat, Amir Kassam. CAB International pp. 248-262.
 Loss S, Haddad A, Khalil Y, Alrijabo A, Feindel D, Piggin C. (2014). Evolution and Adoption of Conservation Agriculture in the Middle East. In 'Conservation Agriculture' Eds. Farooq M, Siddique KHM. Springer Science.
 Stinner B.R. and House G.J. (1990) Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. Annual Review of Entomology, 35, 299-318.

99
 100
 101

About the Cooperating organizations

The Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) is a statutory authority that operates as part of the Australian government aid program. The Centre encourages Australia's agricultural scientists to use their skills for the benefit of developing countries and Australia. ACIAR funds research projects that are developed within a framework reflecting the priorities of Australia's aid program and national research strengths, together with the agricultural research and development priorities of partner countries.

Established in 1977, ICARDA is one of the 15 centers supported by the CGIAR. ICARDA's mission is to improve the livelihoods of the resource-poor in dry areas through research and partnerships dedicated to achieving sustainable increases in agricultural productivity and income, while ensuring efficient and more equitable use and conservation of natural resources. ICARDA has a global mandate for the improvement of barley, lentil and faba bean, and serves the non-tropical dry areas for the improvement of on-farm water use efficiency, rangeland and small ruminant production. In Central Asia, West Asia, South Asia, and North Africa regions, ICARDA contributes to the improvement of bread and durum wheats, kabuli chickpea, pasture and forage legumes, and associated farming systems. It also works on improved land management, diversification of production systems, and value-added crop and livestock products. Social, economic and policy research is an integral component of ICARDA's research to better target poverty and to enhance the uptake and maximize impact of research outputs.

CGIAR is a global agriculture research partnership dedicated to reducing rural poverty, increasing food security, improving human health and nutrition, and ensuring more sustainable management of natural resources. It is carried out by the 15 centers who are members of the CGIAR Consortium in close collaboration with hundreds of partner organizations and the private sector. www.cgiar.org

