

Dynamiques d'adoption de l'agriculture de conservation dans les exploitations familiales : de la technique aux processus d'innovation

Patrick Dugué¹
Patrice Djamen Nana²
Guy Faure¹
Pierre-Yves Le Gal¹

¹ CIRAD
UMR Innovation
73, rue Jean-François Breton
34398 Montpellier Cedex 5
France
<patrick.dugue@cirad.fr>
<guy.faure@cirad.fr>
<pierre-yves.le_gal@cirad.fr>

² African Conservation Tillage Network
(ACT)
01 BP 1607
Ouagadougou 01
Burkina Faso
<patrice.djamen@act-africa.org>

Résumé

L'agriculture de conservation (AC) est encore peu adoptée par les exploitations familiales des pays du Sud malgré des investissements importants en recherche et développement. Cet article, basé sur une revue non exhaustive de la littérature scientifique et sur les travaux présentés dans ce numéro thématique, explique la faible adoption de l'AC en milieu paysan due à des difficultés de mise en œuvre par les agriculteurs. Il souligne aussi les difficultés méthodologiques que pose l'évaluation des performances de l'AC, qu'elle soit *ex-post* avec l'analyse des pratiques observées ou *ex ante* avec l'utilisation d'outils de simulation. Les agriculteurs adoptent rarement tels quels les systèmes de culture proposés mais les adaptent en fonction de leurs objectifs, de leurs marges de manœuvre et de leurs capacités d'investissement. La fonction fourragère des plantes de couverture tient une place significative dans leurs choix. Les perspectives de recherche et d'action pour le développement de l'AC, et plus largement de l'agroécologie, concernent (i) la conception de systèmes de culture utilisant moins d'intrants chimiques en particulier d'herbicides, (ii) l'action collective à différentes échelles d'intervention, (iii) la prise en compte des dynamiques sociales induites par l'émergence de nouvelles technologies et (iv) la conception des démarches d'accompagnement des agriculteurs.

Mots clés : accompagnement ; Afrique ; agriculture de conservation ; agriculture familiale ; Amérique Latine ; Asie ; conception ; méthodologie ; système de production.

Thèmes : méthodes et outils ; productions végétales ; systèmes agraires.

Abstract

Dynamics of adopting conservation agriculture in family farms: from technique to innovative process

Conservation agriculture (CA) is still not commonly used in family farms in the South despite significant investments in research and development. This article, based on a non-exhaustive scientific literature review and the articles presented in this special issue, explains the low adoption rate of CA due to implementation difficulties by farmers. It also highlights the methodological difficulties of assessing CA performances, both *ex post*, by the analysis of farming practices, or *ex ante*, with simulation tools. Farmers rarely adopt these cropping systems without adapting them for their own needs, rooms for manoeuvre and investment capacities. They tend to choose cover crops if they can be used for fodder. Prospects for research and action to develop CA, and more broadly agroecology, include (i) designing cropping systems using fewer chemicals, particularly herbicides, (ii) acting collectively at various levels, (iii) acknowledging social dynamics induced by the emergence of new technologies and (iv) finding methods to help the farmers.

Key words: Africa; Asia; conservation agriculture; design; extension; family farming; farming system; Latin America; methodology.

Subjects: farming systems; tools and methods; vegetal productions.

Tirés à part : P. Dugué

doi: 10.1684/agr.2015.0748

Pour citer cet article : Dugué P, Djamen Nana P, Faure G, Le Gal PY, 2015. Dynamiques d'adoption de l'agriculture de conservation dans les exploitations familiales : de la technique aux processus d'innovation. *Cah Agric* 24 : 60-8. doi : 10.1684/agr.2015.0748

La pression croissante des populations rurales sur les ressources naturelles, l'accentuation des aléas climatiques et les capacités d'investissement limitées des exploitations familiales ont entraîné progressivement une dégradation des agrosystèmes tropicaux et méditerranéens. Face à ces évolutions, l'agriculture de conservation (AC) est présentée par de nombreux acteurs comme une solution pour aboutir à des systèmes de production plus performants et durables (Friedrich *et al.*, 2012 ; Scopel *et al.*, 2013 ; FAO, 2014). L'AC s'appuie sur trois principes de base : la réduction de la perturbation du sol par les travaux aratoires, la couverture du sol (*mulch* de résidus de culture ou couverture vivante) et la rotation ou l'association de cultures. Durant la dernière décennie, de nombreuses institutions de recherche et de développement ont mobilisé des moyens importants afin de mettre au point et promouvoir ce type de systèmes de culture. Ils sont appelés « système de culture sous couvert végétal » (SCV) par les francophones, « *conservation agriculture* » par les anglophones et « *plantio directo na palha* » par les brésiliens. L'AC couvre aujourd'hui 154 millions d'hectares dont 75 % en Amérique du Sud et du Nord, où elles concernent essentiellement les grandes exploitations de plus de 100 ha, motorisées et bien équipées (FAO, 2014). *A contrario*, l'AC est encore peu adoptée par les exploitations familiales en culture manuelle ou attelée d'Asie, d'Afrique et d'Amérique latine (Friedrich *et al.*, 2012 ; Corbeels *et al.*, 2015). Les données spécifiques aux petites et moyennes exploitations familiales sont souvent absentes et, quand elles existent, sont peu fiables et généralement surestiment l'importance de l'AC (Giller *et al.*, 2009). Par exemple, au Ghana, où 30 000 ha en AC sont recensés (Friedrich *et al.*, 2012), le semis direct après destruction par un herbicide total de la végétation d'adventices conduit à une gamme variée de systèmes de culture avec ou sans couverture du sol, avec ou sans travail du sol et en monoculture continue de maïs ou avec rotation (Boahen *et al.*, 2007). Souvent considérée comme une *success story*, l'adoption de l'AC dans le sud du Brésil par les petites exploitations est aujourd'hui remise en question par le développement de la monoculture de soja et de

tabac, et de cultures fourragères en pur avec l'essor de l'élevage laitier (Ribeiro *et al.*, 2015). Cette évolution montre d'une part la réversibilité des processus d'adoption et d'autre part l'importance de facteurs liés à l'environnement économique sur les choix techniques des agriculteurs.

Des travaux récents ont cherché à identifier les échecs de l'AC en agriculture familiale et à proposer un nouveau cadre de recherche pour la conception de systèmes de culture durables (Serpantié, 2009 ; Giller *et al.*, 2011 ; Tittone *et al.*, 2012 ; Corbeels *et al.*, 2014). S'inscrivant dans cette continuité, ce numéro thématique des *Cahiers Agricultures* contribue à cerner le domaine de validité de l'agriculture de conservation pour les exploitations familiales des pays du Sud. Il présente des résultats de recherches récentes qui s'intéressent, d'une part, à l'adoption et l'adaptation de l'AC par les agriculteurs ayant bénéficié de l'appui de structures de vulgarisation, et d'autre part, aux méthodes visant à mieux raisonner la conception et l'insertion de ces systèmes de culture dans les exploitations agricoles et les territoires. Cet article introductif, basé sur une revue de littérature non exhaustive et les résultats présentés dans ce numéro, met d'abord en exergue les difficultés méthodologiques liées à l'évaluation des performances et des processus d'adoption de l'AC dans les exploitations. Puis les principaux enseignements des articles sont synthétisés, avant de dégager des perspectives de recherche pour le développement de l'AC, ainsi que des pratiques agroécologiques dans les exploitations familiales et les territoires qu'elles valorisent.

Comprendre et évaluer les dynamiques d'adoption

Des conditions d'expérimentation de l'AC aux contextes d'action des producteurs

Dans les années 1990, l'AC a été considérée par certains agronomes

comme une solution applicable et adaptable à un grand nombre de systèmes de production à base de cultures pluviales annuelles dans le monde (Derpsch, 2007 ; Séguéy *et al.*, 2007). Des référentiels techniques ont été établis sur la base d'expérimentations en milieu contrôlé et proposés aux structures de développement agricole. Ces travaux ont mis en exergue les performances agro-pédologiques des SCV, telles que la réduction du ruissellement et de l'érosion hydrique, un meilleur stockage de l'eau dans le sol, l'amélioration de l'activité biologique dans les sols, et le stockage du carbone dans les horizons superficiels, conduisant *in fine* à un accroissement des rendements et de la biomasse aérienne. Les effets de la suppression du labour et du contrôle de la levée des mauvaises herbes par le *mulch* de couverture sur la réduction des temps de travaux ont également été évalués dans ces expérimentations (Jat *et al.*, 2014 ; Farooq et Siddique, 2015).

L'intérêt agronomique de ces travaux est indéniable, mais leur extrapolation aux contextes d'action des paysans est limitée du fait de leur insertion presque exclusive dans des dispositifs expérimentaux « contrôlés » par la recherche, en station ou en parcelle paysanne, où l'approvisionnement en intrants et petits équipements et un conseil technique rapproché aux agriculteurs sont assurés par les chercheurs (Lienhard *et al.*, 2014). La faisabilité de ces technologies par les petits agriculteurs dans leurs conditions habituelles de production soulève de nombreux problèmes pouvant réduire leur adoption et leurs performances, tels que l'absence de clôture fonctionnelle des champs pour protéger les *mulchs* des troupeaux, la faible disponibilité et le prix élevé des intrants sur les marchés locaux, ou l'accès limité aux matériels adaptés.

Des analyses récentes de l'insertion de l'AC et de ses effets en milieu paysan soulignent ses limites pour différentes régions tropicales. En Afrique subsaharienne, Giller *et al.* (2009) mettent en évidence la faible adoption actuelle de l'AC et aussi la variabilité des rendements et du temps de travail mobilisé, et dans certains cas le faible gain, voire la perte, de rendement de ce type de systèmes de culture

comparés aux systèmes conventionnels avec travail du sol. La maîtrise de l'enherbement en AC est notamment difficile et coûteuse en travail quand les agriculteurs ne peuvent pas acheter d'herbicides et/ou quand la biomasse produite ne permet pas l'établissement d'un *mulch* capable de contrôler cet enherbement. Pour des régions d'Asie du Sud, d'Amérique centrale et d'Afrique subsaharienne, plusieurs auteurs analysent la concurrence pour l'usage des résidus de cultures entre l'alimentation et la litière des troupeaux, la couverture du sol et les besoins des ménages ruraux en combustible ou matériaux de construction (Erenstein, 2011 ; Titonnel *et al.*, 2015). Or l'élevage tient dans ces régions un rôle socio-économique et culturel important.

Dans ces contextes, l'évaluation des performances des systèmes d'AC dans les exploitations doit tenir compte des conditions d'accès aux intrants, équipements et aux conseils proposés par les structures de développement habituelles ou le marché, des processus d'apprentissage (contenu, durée), et du temps nécessaires aux différents acteurs pour gérer la transition d'un système à l'autre.

Évaluer les effets de l'AC en milieu paysan : un exercice difficile

La complexité des SCV proposés aux agriculteurs, les diverses modifications adaptatives qu'ils y apportent et la diversité de leurs contextes d'action compliquent l'évaluation des effets de l'AC en milieu paysan. Pour une région caractérisée par des conditions climatiques relativement homogènes, les résultats obtenus par les agriculteurs peuvent varier du fait de la diversité des sols, du type de rotation des cultures, des doses de fumure, des quantités et qualités des biomasses de couverture et de la durée de culture continue en AC selon les parcelles. Face à une telle diversité, il est difficile de constituer des groupes de binôme de parcelles [SCV ; Témoin] d'effectif suffisant et suffisamment homogènes en termes d'itinéraire technique et de succession culturale pour une analyse statistique acceptable. Cette difficulté est particulièrement forte lorsque le nombre de parcelles SCV est limité dans la zone d'étude. Par

ailleurs la comparaison des performances des parcelles SCV des adoptants avec celles des parcelles en conventionnel des non-adoptants est biaisée par le fait que ces derniers ont souvent un accès plus limité aux intrants et à la main-d'œuvre (Erenstein, 2009 ; Giller *et al.*, 2009). Il est alors impossible d'expliquer les différences de performances observées qui peuvent provenir entre autres, de l'usage plus soutenu des intrants et/ou du travail par les adoptants sur leurs parcelles SCV. Lorsque les travaux portent sur un large échantillon de parcelles (par exemple dans le nord de l'Inde plus de 400 couples [SCV ; Témoin] pour les « adoptants » et 140 parcelles Témoin pour les « non-adoptants ») (Erenstein, 2009), le schéma d'analyse peut être amélioré et tenir compte de la diversité des pratiques. Mais ce type d'analyse demande d'importants moyens et l'existence de nombreux agriculteurs adoptants. À ces démarches statistiques sur de grands échantillons relevant de l'enquête agro-économique, il conviendrait d'associer des enquêtes agronomiques sur des échantillons réduits de parcelles représentant les différents systèmes de culture (AC adaptée ou non, conventionnels), en considérant les décisions des agriculteurs et l'évolution des états successifs de ces parcelles.

Analyser les effets de l'AC sur les performances économiques des exploitations est encore plus complexe car son adoption est récente (faible nombre de parcelles avec plus de 3 ans de culture continue en SCV), limitée en surface (inférieure à 20 ou 30 % de la surface cultivée par les adoptants) et partielle (les trois principes de base ne sont pas toujours appliqués simultanément). De ce fait les effets sur le revenu de l'exploitation ou la sécurité alimentaire de la famille sont limités et très difficiles à mesurer. De plus, la plupart des travaux comparent les revenus agricoles des exploitations adoptantes avec ceux des exploitations non-adoptantes pour la même période (Giller *et al.*, 2009). Mais les populations sont difficilement comparables car les structures de production de ces deux types d'exploitations peuvent être bien différentes.

L'évaluation de l'amélioration des performances des exploitations des adoptants dans le temps serait judicieuse et pourrait permettre de comparer pour chaque exploitation étudiée une situation de référence –

100 % en culture conventionnelle au temps $t -$ avec deux autres situations, par exemple à 4 ans et à 8 ans après insertion de l'AC, en faisant l'hypothèse que la fertilité des sols sous SCV s'améliore au fil du temps et que les producteurs développent les capacités pour gérer les effets de l'AC. Mais la probabilité que l'insertion de l'AC dans l'exploitation soit le seul facteur de changement majeur du système de production étudié durant plusieurs années est faible dans des contextes très changeants (aléas climatiques, évolution des prix des intrants et des productions pouvant modifier les pratiques et les assolements). De plus, il est nécessaire que la caractérisation de la situation de référence se fasse sur un large échantillon d'adoptants potentiels avant le début de la vulgarisation de l'AC. La méthodologie d'évaluation la plus robuste serait de mesurer les performances de deux groupes d'agriculteurs (avec AC et sans AC) à deux périodes différentes (avant vulgarisation de l'AC et après) (Bamberger *et al.*, 2006). Cependant, nous n'avons pas identifié dans la littérature un tel dispositif, certainement du fait de sa complexité et de son coût. Le recours à la modélisation a permis de simuler l'impact de l'adoption de l'AC sur les performances de l'exploitation pour des « cas types » et représentatifs (Corbeels *et al.*, 2014). Cette méthode permet de dégager des tendances en termes d'évolution des résultats obtenus pour chaque « cas type », qui fournissent soit une aide à la décision pour la mise en œuvre de politiques relatives à l'AC, soit un support de discussion entre agriculteurs, conseillers et chercheurs (Djamen Nana *et al.*, 2015). Les résultats des simulations sont très dépendants du choix des coefficients techniques (en particulier les gains de rendement ou de temps de travail, obtenus en SCV). La détermination de ces coefficients doit se baser sur une analyse précise de la variabilité des performances techniques en fonction des conditions climatiques, du prix des facteurs de production, de la pression des parasites (Ratnadass *et al.*, 2013). Cette analyse est rarement disponible pour chaque terrain d'étude car elle demande beaucoup de mesures au champ qui sont coûteuses.

Enfin, lorsque l'évaluation des effets des SCV repose sur les déclarations d'agriculteurs, elle manque de précision.

Les agriculteurs n'enregistrent que très rarement par écrit leurs pratiques (doses d'intrants, nombre de jours de travail investis) et leurs résultats (rendements en grain et en biomasse). Seul un suivi régulier des parcelles et des exploitations permettrait d'améliorer la fiabilité des évaluations, mais il faut que ce suivi soit accepté par les agriculteurs. Mais quels que soient les choix méthodologiques, les analyses quantitatives permettent de décrire et de quantifier les effets des processus d'adoption de l'AC mais pas de comprendre la logique des agriculteurs expliquant la non-adoption ou l'adoption partielle.

Des dynamiques sociales autour de l'AC encore peu analysées

Les projets de recherche et de diffusion de l'AC pour l'agriculture familiale ont été conduits principalement par des agronomes, qui ont progressivement intégré des méthodes de recherche-action dans leurs interventions. Mais peu d'économistes, de sociologues et d'anthropologues ont étudié les dynamiques d'innovation induites par ces projets et le jeu des acteurs autour de cette technologie, à l'exception de quelques travaux en Europe (Goulet et Vinck, 2012 ; De Tourdonnet *et al.*, 2013), en Australie (Pannell *et al.*, 2006), dans quelques pays émergents d'Amérique du Sud (Villemaine *et al.*, 2012) et en Afrique, notamment à Madagascar (Faure *et al.*, 2013).

Le secteur de l'agrofourniture dans les pays du Sud a pu jouer un rôle dans ces changements techniques en développant des réseaux de vente d'herbicides, par exemple au Ghana (Ito *et al.*, 2007), au Cameroun (Olina, 2010) et au Laos (Lestrelin *et al.*, 2012). Ce secteur s'est toutefois peu investi dans l'approvisionnement des agriculteurs en petits équipements (semoir) ou en semences de plantes de couverture et fourragères. Goulet (2011) illustre pour sa part une situation en France où les firmes privées interviennent dans la promotion de l'AC pour vendre du matériel agricole.

Le fonctionnement social des communautés rurales, leurs relations avec les structures de développement faisant la promotion de l'AC, ainsi que les liens de ces dernières avec les décideurs

nationaux et les bailleurs de fonds, demeurent encore peu étudiés. Ces aspects ont été abordés essentiellement par des experts lors de missions d'évaluation de projets de développement dont la durée ne permet pas de tirer des résultats solides au plan scientifique. C'est pourtant probablement au niveau de ces relations, des méthodes d'intervention et des postures de ces acteurs que se déterminent la nature et l'importance des dynamiques d'innovation.

Cette première partie a mis en exergue les difficultés à évaluer objectivement les effets de l'AC en milieu paysan. Au-delà de cette évaluation, nous considérons que la compréhension des logiques des agriculteurs et des choix de pratiques et d'activités de productives est indispensable pour expliquer leurs positions par rapport aux technologies proposées. Pour cela, les chercheurs doivent dépasser l'analyse à l'échelle des systèmes de culture et élargir leur champ d'investigation à l'exploitation agricole, au territoire et aux groupes sociaux concernés. Il s'agira alors d'expliquer les raisons des agriculteurs d'adopter ou non ces technologies (ou d'apporter des modifications adaptatives) - comme nous avons tenté de le faire dans la deuxième partie de l'article - afin de progresser dans la co-conception de systèmes agricoles adaptés.

Contribution au bilan de l'adoption de l'AC en agriculture familiale

De l'analyse à la co-conception : une gamme de points de vue

Les méthodologies utilisées dans les travaux présentés dans ce numéro thématique relèvent de deux grandes familles : l'analyse des processus existants et l'évaluation *ex ante* des effets de l'adoption de l'AC sur les exploitations. Les travaux analytiques s'appuient sur des observations réalisées sur des pas de temps différents : entre 2004 et 2012 dans l'État du Paraná au Brésil (Ribeiro *et al.*), sur une période de 4 à 6 ans dans

le bassin cotonnier du Cameroun (Dugué et Olina) et la région du lac Alaotra à Madagascar (Penot *et al.*). Dans la région du Moyen Sébou au Maroc, la dynamique d'adoption est récente (2011-2014) (Labbaci *et al.*). Ces travaux se sont heurtés aux difficultés méthodologiques évoquées ci-dessus. Toutefois, ils présentent l'originalité par rapport aux études antérieures, de dépasser la question de l'adoption ou de la non-adoption des SCV pour s'intéresser aux dynamiques d'innovation et d'adaptation de l'AC. Ils prennent notamment en compte le contexte social et économique et les déterminants des choix des agriculteurs (adoption, rejet, adaptation du paquet technique, détournement du message initial, etc.). Ils explicitent les processus d'innovations paysannes liés aux activités de vulgarisation de l'AC et de formation des agriculteurs par les projets de développement. Enfin, ces travaux étudient dans des contextes spécifiques (petite région, terroir villageois, organisation de producteurs) les actions collectives nécessaires à la conception et à la diffusion de systèmes agricoles innovants et plus globalement, à la gestion durable des agrosystèmes.

Ces travaux analytiques sont complétés par des approches utilisant la modélisation pour évaluer *ex ante* l'intérêt et la faisabilité des systèmes de culture proposés par la recherche. Les méthodes sont diverses : évaluation multicritère utilisée par Peigné *et al.* (2015) en France pour des systèmes de grande culture en agriculture biologique, co-conception avec des agriculteurs malgaches de prototypes de systèmes de culture réalisée par Sester *et al.* (2015), simulation du fonctionnement de l'exploitation agricole utilisée par Djamena Nana *et al.* dans deux régions du Burkina Faso. Les résultats des simulations donnent des tendances sur les effets des SCV sur les performances des exploitations. Ils fournissent aussi un support de discussion avec des agriculteurs pour évaluer collectivement la faisabilité des systèmes en AC proposés. Enfin, la prise en compte de la diversité des exploitations à travers la conception d'une typologie de fermes dans une région montagneuse du Vietnam (Hauswirth *et al.*, 2015) permet de mieux adapter les systèmes SCV conçus par expérimentation et de les proposer en prenant en compte les différents types d'exploitations identifiés.

Une faible adoption de l'AC

Le bilan de l'adoption de l'AC à l'échelle mondiale établi par Friedrich *et al.* (2012) montre que les petites agricultures familiales des pays du Sud sont encore très peu concernées par cette innovation. Les travaux présentés dans ce numéro confirment cette faible adoption de l'AC avec ses trois principes de base et dans la durée. À Madagascar, au Cameroun et au Burkina Faso, la concurrence entre agriculteurs, agro-éleveurs et éleveurs, tant pour la gestion des résidus de récolte (conservation de sols *vs* alimentation du bétail) que pour l'usage des terres (terres cultivées *vs* parcours naturels), est toujours forte et explique en partie cette situation. La conservation des *mulchs* en saison sèche reste encore une gageure (pertes liées au maintien de la vaine pâture, à des dégâts d'animaux d'élevage dans des parcelles encloses, mais aussi à des feux de brousse). Mais la concurrence entre ces usages s'observe aussi fréquemment au sein des exploitations de polyculture-élevage. L'agriculteur arbitre entre différents objectifs : assurer la fertilité du sol (*mulch* de couverture, production de fumure organique), nourrir son bétail (vaine pâture et/ou stockage des résidus de culture, culture pure fourragère) et renouveler ses toitures ou faire du feu. En fonction de ses objectifs et de ses contraintes, il fait des compromis entre ces usages dont les effets à court et moyen termes doivent être analysés (fertilité du sol, revenu, performances du troupeau, etc.).

Un autre facteur explique la non-adoption de l'AC dans le cas des études présentées dans ce numéro. La gestion du *mulch* de couverture et de l'enherbement des cultures en SCV restent difficiles. Le faible taux de couverture du sol par le *mulch* favorise le développement des adventices. Il peut être dû à une production de biomasse insuffisante, notamment les premières années d'expérimentation de l'AC et/ou aux difficultés de sa conservation en saison sèche (Dugué *et al.*, 2015). Dans ce cas, le contrôle des adventices engendre alors un accroissement du temps de travail qui limite fortement l'intérêt de l'AC (Djamen Nana *et al.*, 2015). Dans les quatre cas d'adoption de l'AC pré-

sentés dans ce numéro, l'accès aux herbicides est ainsi considéré par les techniciens et les agriculteurs comme indispensable à la conduite de ces systèmes. Les herbicides totaux à base de glyphosate sont présents dans trois cas (Brésil, Cameroun, Maroc). Seuls les agriculteurs malgaches (Lac Alaotra) n'y ont pas encore accès pour des raisons de coût élevé. L'usage des herbicides est considéré par les agriculteurs de ces régions comme un progrès technique. Mais certains d'entre eux s'interrogent sur les effets à long terme de leurs épandages répétés sur leur santé et leur environnement (Olina, 2010). L'accompagnement de l'usage des herbicides dans ces régions se limite à la vulgarisation des règles de base pour la protection des utilisateurs et à la gestion des emballages. Pourtant plusieurs travaux de recherche au nord (Owen *et al.*, 2005 ; Mamy *et al.*, 2011 ; Menzies *et al.*, 2012), et dans une moindre mesure au sud (Tran Duc Toan *et al.*, 2013), mettent en évidence leurs effets indésirables sur l'environnement : pollution des nappes phréatiques par l'atrazine et des sols par les produits dérivés de la décomposition du glyphosate, résistance de mauvaises herbes à cette matière active.

Des dynamiques d'innovation effectives mais diverses dans leurs expressions

Même si l'adoption de l'AC est faible, des dynamiques d'innovation sont à souligner dans ces régions tropicales et méditerranéennes, qu'elles soient induites par des projets ou par les agriculteurs eux-mêmes. L'expérience indienne (Pandey *et al.*, 2002 ; Erenstein, 2011) et dans une moindre mesure marocaine (Labacci *et al.*, 2015) montrent que les agriculteurs familiaux peuvent adopter le semis direct des céréales sur de grandes surfaces si des entrepreneurs ou des organisations de producteurs réalisent ce type de semis avec un équipement motorisé et sous forme de prestation de service. En Afrique de l'Est et australe, des systèmes de culture innovants proches de l'AC sont en cours de diffusion. Ils se caractérisent par un travail du sol localisé manuel

(les cuvettes de semis rappelant la technique du *zai* du Burkina Faso et du Niger) ou en culture attelée (sous-solage ou labour sur la ligne de semis) (Corbeels *et al.*, 2015 ; Pedzisa *et al.*, 2015), et l'intégration de ligneux (Garrity *et al.*, 2010). Djamen Nana *et al.* (2013) ont constaté en Afrique de l'Ouest et du Centre que les agriculteurs appuyés par des projets sont intéressés par l'AC, moins pour l'amélioration attendue à moyen ou long terme des propriétés du sol et des performances de leurs exploitations, que pour les bénéfices immédiats (même faibles) que peut générer cette technologie (productions vivrières ou fourragères issues de la culture associée secondaire, conservation de l'eau dans le sol, etc.).

Dans le cas des études présentées dans ce numéro, les producteurs ayant collaboré avec des projets de diffusion de l'AC ont innové et certains ont soit abandonné totalement ou temporairement le travail du sol, soit utilisé des plantes de couverture pour produire du fourrage, soit adopté des rotations et parfois réinséré les associations de cultures dans les systèmes de culture. Ces combinaisons techniques produisent des systèmes de culture innovants (SCI) plus ou moins proches des SCV proposés. Ces faits témoignent à la fois de la capacité d'innovation des paysans et de l'intérêt de certaines propositions techniques faites par les projets.

Les études conduites au Brésil, Cameroun et à Madagascar montrent que les SCI sont très largement orientés par des objectifs de production de fourrages pour les animaux : avoine en vert au Brésil pour l'élevage laitier, *Stylosanthes* et *Brachiaria* à Madagascar pour des exploitations de polyculture-élevage produisant du lait ou de la viande, *Brachiaria* au Cameroun, soit en culture associée au sorgho ou au maïs, soit en culture pure pour les bovins d'élevage ou de traction animale. De ce fait, la co-conception de systèmes agricoles durables innovants ne peut pas se limiter aux modifications des systèmes de culture et la prise en compte de l'élevage dans ces exploitations est indispensable. Mais d'autres innovations paysannes sont en émergence avec l'usage de plantes de couverture (*Stylosanthes* ou *Brachiaria* associés au manioc) pour régénérer la fertilité des sols des terres

de pente (Penot *et al.*, 2015), ou à travers le développement de cultures associées permettant une meilleure occupation des parcelles (Djamen Nana *et al.*, 2015).

Sur la base de ces résultats on peut conclure qu'en fonction de leur facilité d'accès aux intrants et équipements, de leurs besoins en fourrage et du temps de travail disponible, les agriculteurs familiaux adaptent généralement les propositions qui leur sont faites pour mettre en place des SCI pouvant éventuellement évoluer au fil des ans vers les SCV. Si l'émergence des SCI est compréhensible car ils répondent à une logique des agriculteurs, la recherche doit cependant préciser les performances environnementales et technico-économiques de ces systèmes ainsi que leur devenir. Il s'agit aussi d'encourager ces innovations paysannes (diffusion) ou d'amener les agriculteurs à apporter les ajustements nécessaires. Par exemple, une fertilisation raisonnée des SCI fourragers au sud du Brésil, nord du Cameroun et à Madagascar est à mettre au point pour compenser les importantes exportations de nutriments dues à la récolte du fourrage : apport de phosphates naturel ou soluble, d'urée ou d'une partie de la fumure animale. De ce fait, il ne s'agit plus d'accompagner le développement de l'AC mais d'accompagner une agriculture fondée sur les principes de l'agroécologie (Wezel *et al.*, 2011) et plus ouverte en termes de choix techniques. L'agroécologie se définit comme la valorisation de processus biologiques et l'usage raisonné et donc limité des intrants et des machines pour assurer la production agricole. Elle s'appuie sur une large gamme de systèmes techniques (agroforesterie, intégration agriculture-élevage, agriculture biologique, agriculture de conservation, etc.). Une telle option correspond à un élargissement important du champ des recherches.

Perspectives de recherche et d'action

L'analyse de la littérature scientifique récente et les résultats présentés dans ce numéro permettent d'identifier des thématiques de recherche encore peu traitées, mais nécessaires pour évaluer

et concevoir des systèmes agricoles durables dans les pays du Sud, en particulier relevant de l'agroécologie, y compris l'agriculture de conservation.

Passer de l'AC à l'agroécologie et mieux prendre en compte le territoire

Penser les projets de recherche, non plus en termes exclusifs d'AC, mais en termes d'agroécologie pour l'action demande, en particulier, de mettre l'accent sur le nécessaire changement d'échelle qu'implique cette option. Même si cette nécessité est reconnue par certains auteurs (Giller *et al.*, 2011 ; Tittonel *et al.*, 2012 ; Corbeels *et al.*, 2014), les recherches relatives à l'AC privilégient d'abord l'échelle « parcelle cultivée » et dans une moindre mesure celle de l'exploitation agricole. Le territoire ou le paysage sont pourtant des échelles à prendre en compte. Par exemple, la gestion de la biomasse au sol et des cultures fourragères semi-pérennes en lien avec les dynamiques des troupeaux, et l'aménagement agroforestier et antiérosif des zones cultivées s'appréhendent à l'échelle de territoires où interagissent des acteurs aux préoccupations différentes. Ces besoins militent pour travailler à différentes échelles emboîtées (bloc de parcelles contiguës, bassin versant, terroir villageois et territoire plus vaste si nécessaire) en constituant des équipes pluridisciplinaires composées d'agronomes, sociologues, géographes, spécialistes du foncier et des hydrologues, par exemple).

Améliorer les systèmes techniques en AC

Même s'il est nécessaire d'élargir la gamme des options techniques comme le propose l'agroécologie, il doit être possible d'améliorer les systèmes d'AC. Nous citerons deux domaines d'investigation prioritaires parmi d'autres. Premièrement, le semis direct des cultures dans les *mulchs* constitue une contrainte pour l'agriculteur sauf dans les grandes exploitations bien équipées. Les recherches sur la mécanisation du semis en agriculture familiale et dans différentes conditions de culture (manuelle, attelée, motorisée)

doivent se poursuivre en termes de mise au point technique des semoirs, mais aussi d'acceptabilité économique (organisation de la filière d'équipement, crédit et subvention, utilisation de semoirs en commun comme au Maroc). Deuxièmement, la gestion de l'enherbement dans les SCV pose la question de l'usage raisonné des herbicides, voire de leur substitution par du travail manuel et mécanique ou si possible l'obtention d'un *mulch* épais et couvrant bien le sol. L'épandage localisé, l'augmentation de leur fréquence et la réduction des doses d'herbicides sont à étudier. Le renforcement des *mulchs* par des apports d'émondes des arbres des champs est aussi une piste à explorer. De plus, malgré l'essor de la consommation des herbicides dans les pays du Sud, peu de recherches y sont menées sur leurs effets possibles sur l'environnement et la santé humaine. Ces effets indésirables conduisent d'ailleurs certains États à pousser à une réduction de leur usage, à travers par exemple le plan Écophyto en France. Quels systèmes de culture en AC concevoir, qui respectent ces objectifs de réduction ?

Co-conception et évaluation des systèmes de production

Quels que soient les systèmes techniques envisagés, la conception de systèmes agricoles innovants et durables nécessite pour l'agronome de considérer différentes échelles d'analyse et d'action et d'interagir avec les producteurs. Il s'agit de proposer une démarche visant à amener l'agriculteur à faire évoluer son système de production afin qu'il soit plus durable et réponde à ses objectifs et ceux d'autres acteurs (communauté locale, filière, société). Cette démarche est nécessairement participative dans la mesure où c'est l'agriculteur qui décide des évolutions de son exploitation. Diagnostics et modélisations prospectives et d'accompagnement sont à la base de la co-conception et permettent aussi à l'agronome d'évaluer les systèmes agricoles innovants (Le Gal *et al.*, 2011). Cette démarche appliquée à l'agroécologie pose toutefois deux questions : comment prendre en compte des composantes qui dépassent l'échelle de l'exploitation agricole, comme les paysages et la

biodiversité dans les écosystèmes (régulation des pathogènes, optimisation des cycles biogéochimiques), et les dynamiques territoriales (conflits/concurrence *vs* coordination) ? Comment définir et accompagner des trajectoires individuelles et collectives de transition agroécologique dans le temps et dans un contexte socioprofessionnel caractérisé par une diversité de producteurs ?

Les filières de commercialisation, en tant que dispositifs ancrés dans des territoires, sont également des ensembles à considérer dans le développement de systèmes de production plus agroécologiques, que ce soit par les ressources supplémentaires qu'ils permettent de mobiliser (mesures incitatives ou réglementaires comme les cahiers des charges) et ou par les nouveaux marchés qu'ils permettent d'atteindre, comme en agriculture biologique. L'intérêt économique des innovations agroécologiques devient alors plus perceptible pour les agriculteurs car elles améliorent leurs revenus. Mais ces dynamiques supposent que les questions de respect de certaines pratiques et d'organisation collective pour la commercialisation ou la transformation des produits, soient traitées conjointement avec la co-conception des systèmes agricoles à mettre en place.

Agriculteurs et sociétés rurales : représentation, formation et accompagnement

Longtemps cantonnés à l'explicitation des raisons du faible taux d'adoption des techniques proposées, les chercheurs en sciences humaines et sociales sont aujourd'hui de plus en plus sollicités pour concevoir et accompagner des dispositifs de recherche participative ou recherche-action (Faure *et al.*, 2010), et étudier les systèmes d'innovation ou contribuer à leur conception (Triomphe *et al.*, 2013). Cependant, deux questions restent à approfondir.

La première porte sur les méthodes d'intervention pour accompagner les transitions agroécologiques en prenant en compte la complexité des systèmes de production, l'incertitude, et le temps long. La démarche « champ école » est souvent mise en avant par les acteurs de la recherche et du

développement (Davis *et al.*, 2012). Si cette démarche opérationnelle a fait ses preuves, elle est focalisée sur le niveau « parcelle » et les itinéraires techniques envisageables. Il est nécessaire de construire d'autres méthodes qui permettent de prendre en compte l'exploitation, comme celle relative au Conseil à l'Exploitation Familiale (Faure *et al.*, 2014). Mais il reste à mieux comprendre quels sont les apprentissages en jeu dans les processus de transition vers l'agroécologie au niveau des agriculteurs et aussi des conseillers, et qui impliquent une forte valorisation des savoirs locaux. Il reste aussi à mieux comprendre et accompagner, avec des méthodes d'intervention adaptées, les dynamiques sociales locales permettant de gérer les conflits ou de construire de nouveaux modes de coordination induits par l'apparition de nouveaux « objets », comme le *mulch* de couverture ou le semoir de semis direct (Goulet, 2011).

La deuxième question porte sur les dispositifs de conseil aux agriculteurs. Dans un environnement marqué par le désengagement des États, peu de recherches portent sur l'évolution de ces dispositifs et leur nécessaire recomposition pour accompagner la transition agroécologique en tenant compte des spécificités des différents types d'exploitation. Il s'agit aussi de renouveler les méthodes d'intervention de ces dispositifs pour laisser une plus grande place au renforcement des capacités des producteurs et de leurs organisations (Faure *et al.*, 2013). Mais au-delà, l'enjeu est de comprendre comment construire des systèmes locaux d'innovation associant organisations de producteurs, recherche, conseil, firmes de l'amont et de l'aval. Il s'agit de permettre à ces différentes catégories d'acteurs d'interagir pour construire des connaissances utiles pour l'action et mobiliser les ressources nécessaires (Klerkx *et al.*, 2010). Le champ d'investigation en sciences sociales est donc large et il faudra certainement mieux le circonscrire pour que ces recherches soient utiles aux acteurs de terrain.

Conclusion

Le bilan de la diffusion de l'AC auprès des exploitations familiales des pays du

Sud est mitigé si l'on s'en tient au taux d'adoption des systèmes de culture intégrant les trois principes de ce concept. Toutefois, les agriculteurs en relation avec les projets de développement de l'AC, ont innové en adoptant certains éléments de ces systèmes. Ils ont ainsi conçu des systèmes agricoles innovants qui restent à mieux caractériser et évaluer. Ces processus d'innovation paysans nous amènent à replacer les débats sur l'AC dans celui plus large sur l'agroécologie. Ce modèle de production, mais aussi d'organisation sociale, embrasse une large gamme de systèmes techniques (agriculture biologique, agriculture raisonnée, agriculture de conservation, agroforesterie, etc.) qui procèdent tous d'une volonté des producteurs, mais aussi des acteurs qui les environnent, de changer les pratiques agricoles, de mieux valoriser les processus biologiques pour la production. L'objectif de diminution de l'utilisation des intrants chimiques dans les agricultures qui en font un usage immodéré, pour réduire leurs impacts sur l'environnement et la santé, est aussi à inscrire dans cette évolution vers l'agroécologie. Dans ce contexte, la recherche agronomique ne peut se limiter à la conception de systèmes de culture durables. Elle doit également se préoccuper de la manière dont les dynamiques de transition agroécologique, dont les agriculteurs sont les acteurs principaux, peuvent être accompagnées. Cela implique de renforcer les recherches sur l'accompagnement des agriculteurs, depuis la co-conception des systèmes techniques jusqu'à l'appui aux processus d'apprentissage des producteurs, le conseil agricole et le développement territorial et des filières. ■

Références

- Bamberger M, Rugh J, Mabry L, 2006. *Real world evaluation*. Sage publications, 2006.
- Boahen P, Addo Dartey B, Delali Dogbe G, Asare Boadi E, Triomphe B, Daamgard-Larsen S, *et al.*, 2007. *Conservation agriculture as practised in Ghana*. Nairobi: African Conservation Tillage Network, (Conservation agriculture in Africa series). http://www.fao.org/ag/ca/doc/Ghana_casestudy.pdf
- 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.011>

- Corbeels M, Thierfelder C, Rusinamhodzi L, 2015. Conservation agriculture in Sub-Saharan Africa. In: Farooq M, Siddique KHM, eds. *Conservation agriculture*. Switzerland: Springer International Publishing;443-76.
- Davis K, Nkonya E, Kato E, Mekonnen DA, Odendo M, Miiró R, *et al.*, 2012. Impact of farmer field schools on agricultural productivity and poverty in East Africa. *World Development* 40(2):402-13.
- de Tourdonnet S, Brives H, Denis M, Omon B, Thomas F, 2013. Accompagner le changement en agriculture : du non labour à l'agriculture de conservation. *Agronomie, environnement et sociétés* 3. <http://www.agronomie.asso.fr/carrefour-international-professionnel/evenements-de-lafa/revue-en-ligne>
- Derpsch R, 2007. No-tillage and conservation agriculture : a progress report. In: Goddard T, Zebish M, Gan Y, Ellis W, Watson A, Sombatpanit S, eds. *No-till farming systems*. Special publication n°3. WASWC: 7-42.
- Djamen Nana P, Dugué P, Mkomwa S, Da SJB, Essecofy G, Bougoum H, *et al.*, 2013. Conservation agriculture in West and Central Africa. In: Jat RA, Sahrawat LK, Kassam A, eds. *Conservation agriculture: global prospects and challenges*. United Kingdom: CAB International;311-38.
- Djamen Nana P, Andrieu N, Zerbo I, Ouédraogo Y, Le Gal PY, 2015. Agriculture de conservation et performances des exploitations agricoles en Afrique de l'Ouest. *Cahiers Agricultures* 24:113-22. doi: 10.1684/agr.2015.0743
- Dugué P, Bassala JPO, 2015. Processus d'innovation et recomposition des territoires agricoles : le cas du semis sous couvert végétal au nord du Cameroun. *Cahiers Agricultures* 24:93-101. doi: 10.1684/agr.2015.0738
- Erenstein O, 2009. Specification effects in zero tillage survey data in South Asia's rice-wheat systems. *Field Crops Research* 111(1):166-72.
- Erenstein O, 2011. Cropping systems and crop residue management in the trans-gangetic plains: issues and challenges for conservation agriculture from village surveys. *Agricultural Systems* 104 (1):54-62.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2014. *Conservation agriculture homepage*. <http://www.fao.org/ag/ca>
- Farooq M, Siddique KHM, eds, 2015. *Conservation agriculture*. Switzerland: Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-11620-4_1.
- Faure G, Gasselin P, Gasselin P, Triomphe B, Temple L, Hocdé H, eds, 2010. *Innovover avec les acteurs du monde rural : la recherche-action en partenariat*. Versailles : Éditions Quae, CTA, Presses agronomiques de Gembloux.
- Faure G, Penot E, Rakotondravelo JC, Ramahatrakana HA, Dugué P, Toillier A, 2013. Which advisory system to support innovation in conservation agriculture? The case of Madagascar's Lake Alaotra. *Journal of Agricultural Education and Extension* 19:257-70. <http://dx.doi.org/10.1080/1389224X.2013.782169>
- Faure G, Havard M, Toillier A, Djamen Nana P, Moumouni I, 2014. Innovations dans les services de conseil aux exploitations agricoles familiales. In: Sourisseau Jean-Michel, ed. *Agricultures familiales et mondes à venir*. Versailles: Éditions Quae; 257-67.
- Friedrich T, Derpsch R, Kassam A, 2012. Overview of the global spread of conservation agriculture. *Field Actions Science Reports*, special issue 6.
- Garrity DP, Akinifesi FK, Ajayi OC, Weldesemayat SG, Mowo JG, Kalinganire A, *et al.*, 2010. Evergreen agriculture: a robust approach to sustainable food security in Africa. *Food Security* 2 (3):197-214.
- Giller KE, Witter E, Corbeels M, Titttonell P, 2009. Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the heretics' view. *Field Crops Research* 114(1):23-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.017>
- Giller KE, Corbeels M, Nyamangara J, Triomphe B, Affholder F, Scopel E, *et al.*, 2011. A research agenda to explore the role of conservation agriculture in African smallholder farming systems. *Field Crops Research* 121(3):468-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2011.04.010>
- Goulet F, Vinck D, 2012. L'innovation par retrait. Contribution à une sociologie du détachement. *Revue Française de Sociologie* 2:195-224.
- Goulet F, 2011. Accompagner et vendre. Les firmes de l'agrofourmure dans l'innovation et le conseil en agriculture. *Cahiers Agricultures* 20(5):382-6. <http://dx.doi.org/10.1684/agr.2011.0503>
- Hauswirth D, Pham TS, Wery J, Titttonell P, Jourdain D, Affholder F, 2015. Apports des typologies d'exploitations aux démarches de conception en agriculture de conservation : une étude de cas dans le nord du Vietnam. *Cahiers Agricultures* 24:102-12. doi: 10.1684/agr.2015.0744
- Ito M, Matsumoto T, Quinones MA, 2007. Conservation tillage practice in sub-Saharan Africa: the experience of Sasakawa Global 2000. *Crop Protection* 26:417-23.
- Jat RA, Sahrawat KL, Kassam H, eds, 2014. *Conservation agriculture : global prospects and challenges*. Wallingford: CABI.
- Klerkx L, Aarts N, Leeuwis C, 2010. Adaptive management in agricultural innovation systems: the interactions between innovation networks and their environment. *Agricultural Systems* 103(6): 390-400.
- Labbaci T, Dugué P, Kemoun H, Rollin D, 2015. Innovation et action collective : le semis direct des cultures pluviales au Moyen Sébou (Maroc). *Cahiers Agricultures* 24:76-83. doi: 10.1684/agr.2015.0742
- Le Gal PY, Dugué P, Faure G, Novak S, 2011. How does research address the design of innovative agricultural production systems at the farm level? A review. *Agricultural Systems* 104:714-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2011.07.007>
- Lestrelin G, Tran Quoc H, Jullien F, Rattanatravay B, Khamxaykhay C, Tivet F, 2012. Conservation agriculture in Laos : diffusion and determinants for adoption of direct seeding mulch-based cropping systems in smallholder agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems* 27(1):81-92. <http://dx.doi.org/10.1017/S174217051100055X>
- Lienhard P, Panyasiri K, Sayphoummie S, Leudphanane B, Lestrelin G, Séguy L, *et al.*, 2014. Profitability and opportunity of conservation agriculture in acid savannah grasslands of Laos. *International Journal of Agricultural Sustainability* 12(4):391-406.
- Mamy L, Barriuso E, Gabrielle B, 2011. Impacts sur l'environnement des herbicides utilisés dans les cultures génétiquement modifiées. *Courrier de l'Environnement de l'Inra* 60:15-24.
- Menzies N, Verrell A, Kirchoff G, 2012. Can conservation farming practices ensure agricultural ecosystem stability ? In: Hauswirth *et al.*, eds. *Conservation agriculture and sustainable upland livelihoods innovations for, with and by farmers to adapt to local and global changes : proceedings the 3rd International Conference on Conservation Agriculture in Southeast Asia, Hanoi, Vietnam, 10th-15th December 2012*. Montpellier: CIRAD. <http://www.conservation-agriculture2012.org/>
- Olina Bassala JP, 2010. *Le semis direct sans labour et avec utilisation des herbicides dans la zone cotonnière au Nord Cameroun : diffusion, impacts agronomiques et socio-économiques d'une innovation en pleine expansion*. Thèse de doctorat. Toulouse 2. <http://www.theses.fr/2010TOU020027>
- Owen MD, Zelaya IA, 2005. Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. *Pest Management Science* 61(3):301-11.
- Pandey S, Velasco L, 2002. Economics of direct seeding in Asia: patterns of adoption and research priorities. In: Pandey S, Mortimer M, Wade L, Tuong TP, Lopez K, B Hardy, eds. *Direct seeding: research strategies and opportunities*. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute, 3-14.
- Pannell DJ, Marshall GR, Barr N, Curtis A, Vanclay F, Wilkinson R, 2006. Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46:1407-24. www.publish.csiro.au/journals/ajea
- Pedzisa T, Rugube L, Winter-Nelson A, Baylis K, Mazvimavi K, 2015. Abandonment of conservation agriculture by smallholder farmers in Zimbabwe. *Journal of Sustainable Development* 8(1):69-82.
- Peigné J, Lefèvre V, Craheix D, Angevin F, Capitaine M, 2015. Évaluation participative de prototypes de systèmes de culture combinant agriculture de conservation et agriculture biologique. *Cahiers Agricultures* 24:134-41. doi: 10.1684/agr.2015.0737
- Penot E, Domas R, Fabre J, Poletti S, Macdowall C, Dugué P, *et al.*, 2015. Le technicien propose, le paysan dispose. Le cas de l'adoption des systèmes de culture sous couverture végétale au lac Alaotra, Madagascar. *Cahiers Agricultures* 24:84-92. doi: 10.1684/agr.2015.0745
- Ratnadass A, Randriamanantsoa R, Rajaonera TE, Rabearisoa MY, Rafamatantsoa E, Moussa N, Michellon R, 2013. Interaction entre le système de culture et le statut (ravageur ou auxiliaire) des vers blancs (*Coleoptera* : *Scarabeoidea*) sur le riz pluvial. *Cahiers Agricultures* 22(5):432-41. <http://dx.doi.org/10.1684/agr.2013.0649>
- Ribeiro MFS, Benassi DA, Triomphe B, 2015. Concevoir des systèmes de culture adaptés aux agricultures familiales. Le cas du semis direct dans l'État du Parana (Brésil). *Cahiers Agricultures* 24:69-75. doi: 10.1684/agr.2015.0740
- Scopel E, Triomphe B, Affholder F, Silva F, Corbeels M, Xavier J, *et al.*, 2013. Conservation agriculture cropping systems in temperate and tropical conditions, performances and impacts. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33:113-30. <http://dx.doi.org/10.1007/s13593-012-0106-9>
- Séguy L, Loyer D, Richard JF, Millet E, 2007. Sustainable soil management : agro-ecology in Laos and Madagascar. In: Goddard T, Zebish M, Gan Y, Ellis W, Watson A, Sombatpanit S, eds. *No-till farming systems*. Special publication n°3. WASWC : 207-22.

- Serpantié G, 2009. L'agriculture de conservation à la croisée des chemins. *Vertigo* 9:21.
- Sester M, Craheix D, Daudin G, Sirdey N, Scopel E, Angevin F, 2015. Évaluer la durabilité de systèmes de culture en agriculture de conservation à Madagascar (région du lac Alaotra) avec MASC-Mada. *Cahiers Agricultures* 24:123-33. doi: 10.1684/agr.2015.0741
- Tittonell P, Gérard B, Erenstein O, 2015. Tradeoffs around crop residue biomass in smallholder crop-livestock systems – What's next? *Agricultural systems* 134:119-28. <http://dx.doi.org/10.106/j.agry.2015.02.003>
- Tittonell P, Scopel E, Andrieu N, Posthumus H, Mapfumo P, Corbeels M, *et al.*, 2012. Agroecology-based aggradation-conservation agriculture (ABACO): targeting innovations to combat soil degradation and food insecurity in semi-arid Africa. *Field Crops Research* 132:168-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2011.12.011>
- Tran Duc Toan, Tran Sy Hai, Pham Dinh Rinh, Nguyen Duy Phuong, Orange D, Janeau JL, *et al.*, 2013. *Direct seeding mulch based cropping (DMC) system on sloping lands in Northern Vietnam. Impacts on runoff, soil losses and mobility of glyphosate and its metabolite AMPA*. Atelier de capitalisation projet RIME/PAMPA Montpellier, 6-8/11/2013. http://www.rime-pampa.net/images/4%20Glyphosate_TranDucToan.
- Triomphe B, Floquet A, Kamau G, Letty B, Davo Vodouhe S, N'gan'ga T, *et al.*, 2013. What does an inventory of recent innovation experiences tell us about agricultural innovation in Africa? *Journal of Agricultural Extension and Rural Development* 19(3): 311-24. <http://dx.doi.org/10.1080/1389224X.2013.782181>
- 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.2012.05768
- Wezel A, Bellon S, Doré T, Francis C, Vallod D, David C, 2011. Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. In: *Agronomy for Sustainable Agriculture*. Germany: Springer Verlag.