

Agriculture de conservation et performances des exploitations agricoles en Afrique de l'Ouest

Patrice Djamen Nana¹
Nadine Andrieu²
Ibrahima Zerbo³
Yacouba Ouédraogo⁴
Pierre-Yves Le Gal²

¹ African Conservation Tillage Network (ACT)
01 BP 1607
Ouagadougou 01
Burkina Faso
<patrice.djamen@act-africa.org>

² Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD)
UMR Innovation
TA C-85 / 15
73, avenue Jean-François Breton
34398 Montpellier Cedex 5
France
<nadine.andrieu@cirad.fr>
<pierre-yves.le_gal@cirad.fr>

³ Université polytechnique de Bobo
Dioulasso / Institut de développement rural (UPB/IDR)
01 BP 1091
Bobo-Dioulasso 01
Burkina Faso
<ibrahima_zerbo@yahoo.fr>

⁴ Centre international de recherche sur l'élevage en zone subhumide (CIRDES)
01 BP 454
Bobo-Dioulasso 01
Burkina Faso
<yackpalma200@yahoo.fr>

Résumé

En Afrique de l'Ouest, l'agriculture de conservation apparaît comme une voie pour l'intensification écologique des systèmes de production, sous réserve pour la recherche de produire plus de références sur ses effets à l'échelle de l'exploitation agricole. Cette étude conduite au Burkina Faso analyse *ex ante* les effets de l'agriculture de conservation sur les performances d'exploitations virtuelles représentatives de cas-types identifiés sur le terrain. Deux outils de simulation sont utilisés : Cikedra et Olympe. Les effets de l'adoption de l'agriculture de conservation sur 50 % de la sole céréalière sur le revenu, les bilans céréalier et fourrager et la charge de travail sont simulés : elle améliore le revenu et le bilan fourrager, mais augmente la charge de travail. Pour les producteurs, l'adoption de l'agriculture de conservation représente un moyen de faire évoluer leurs exploitations en développant par exemple les activités d'élevage. L'introduction de l'embouche peut être un moteur pour les exploitations ayant des charges inférieures à 1,5 animal/ha. Mais des innovations collectives sont aussi nécessaires pour améliorer la gestion des résidus de culture.

Mots clés : Afrique Occidentale ; polyculture-élevage ; agroécologie ; modélisation ; pratiques agricoles.

Thèmes : méthodes et outils ; productions végétales.

Abstract

Conservation agriculture and performance of farms in West Africa

In West Africa, conservation agriculture can contribute to achieving ecological intensification of farming systems if research produces more references on its effects at the farm level. This study conducted in Burkina Faso assesses *ex ante* the effects of conservation agriculture on the performance of virtual farms representing the different types identified in the area. Two whole-farm simulation tools were used: Cikedra and Olympe. The effects of applying conservation agriculture on 50% of the cereal area were simulated for income, cereal and fodder balances and labour. Simulations show that conservation agriculture has positive effects on income and the fodder balance, but it increases the demand for labour. For producers, adopting conservation agriculture is a means of engaging their farms in an evolution pathway, for example through the development of livestock activities. The introduction of cattle fattening can therefore trigger investment in conservation agriculture for farms with a stocking rate lower than 1.5 animal per ha. There is also, however, a need to develop collective organizational innovations, particularly for the management of crop residues.

Key words: West Africa; agroecology; modelling; mixed farming; farming practices.

Subjects: tools and methods; vegetal productions.

Tirés à part : P. Djamen Nana

doi: 10.1684/agr.2015.0743

Pour citer cet article : 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. *Cah Agric* 24 : 113-22. doi : 10.1684/agr.2015.0743

L'intensification écologique repose sur une plus grande mobilisation par l'agriculteur des processus écologiques au sein des agrosystèmes (Griffon, 2013 ; Duru *et al.*, 2014). L'agriculture de conservation (AC) est considérée comme l'un des systèmes techniques pouvant permettre l'intensification écologique de l'agriculture (Scopel *et al.*, 2005 ; Affholder *et al.*, 2013). Elle désigne des systèmes de culture où le travail minimal du sol, la couverture végétale permanente du sol et la diversification des cultures à travers les associations et/ou rotations de cultures sont appliqués simultanément à l'échelle de la parcelle.

En Afrique de l'Ouest, de tels systèmes pourraient être une alternative au modèle productiviste de la révolution verte pour améliorer la sécurité alimentaire des ménages, leurs capacités d'adaptation aux changements climatiques et préserver les ressources agropastorales (Tiftonell *et al.*, 2012 ; Djamen *et al.*, 2013).

À ce jour, les recherches menées en Afrique de l'Ouest sur ces systèmes de culture ont produit principalement des références techniques et biophysiques à l'échelle de la parcelle (Naudin, 2010) sans étudier leurs interactions avec les autres composantes des systèmes de production, en particulier le système d'élevage. Notre hypothèse est que l'adoption de l'AC par les agriculteurs familiaux dans cette région butte sur le manque de références locales concernant les gains potentiels attendus de l'AC, en termes d'amélioration des performances techniques et économiques des exploitations.

L'enjeu pour la recherche est donc de générer de telles références pour accompagner les producteurs dans le raisonnement de l'introduction de l'AC au sein de leurs exploitations et pour fournir des éléments de prise de décision aux responsables des politiques agricoles de plus en plus intéressés par ce type de systèmes (Djamen *et al.*, 2013). Les outils de modélisation à l'échelle de l'exploitation permettent d'analyser *ex ante* les effets de l'introduction d'un changement technique avec les acteurs (Le Gal *et al.*, 2011 ; Andrieu *et al.*, 2012) et donc de les impliquer dans l'élaboration de ces références.

Cet article présente une analyse *ex ante* des effets de l'introduction de l'AC sur les performances technico-

économiques de divers types d'exploitations, en vue de dégager avec les producteurs des pistes pour favoriser son adoption. Après avoir présenté les modèles utilisés, nous montrons que l'introduction de l'AC produit des résultats simulés contrastés. Nous présentons ensuite les pistes proposées par les producteurs et simulons l'une d'entre elles. Enfin, nous discutons du potentiel de l'AC pour améliorer les performances agricoles de cette région.

Matériel et méthode

Zone d'étude

L'étude a été menée dans deux villages contrastés du Burkina Faso : Sindri (1° 37' 40" Ouest ; 13° 04' 18" Nord) situé dans la zone sahélo-soudanienne et Koumbia (38° 41' 15" Ouest ; 11° 14' 47" Nord) situé en zone soudanienne. Outre les différences de pluviosité (*figure 1*), ces deux villages se distinguent par leur densité de population (*tableau 1*), leurs systèmes de culture dominants et la charge animale susceptibles de jouer un rôle dans l'adoption des principes de l'AC.

La démarche globale

La démarche globale de cette étude repose :

- sur la simulation du fonctionnement d'exploitations virtuelles représentatives de différents types identifiés sur le terrain ;
- des entretiens de groupes avec des agriculteurs pour échanger sur les résultats des simulations et les stratégies qu'ils envisagent pour intégrer les effets potentiels de l'AC (de type « nouvelle contrainte » ou « valorisation d'une production supplémentaire ») dans leurs décisions.

Modèles utilisés

Le choix a été fait d'utiliser des modèles de simulation du fonctionnement de l'exploitation préalablement testés dans chacune des zones dans le cadre d'études antérieures distinctes, à savoir Olympe (Penot, 2012 ; <http://www.olympe-project.net/>) à Sindri, et Cikeda (Andrieu *et al.*, 2012) à Koumbia (*tableau 2*). Ces deux modèles permettent d'agrèger, à l'échelle de l'exploitation, l'ensemble des données de production des différentes cultures et lots d'animaux. Ils présentent des similitudes dans les modes de calcul des sorties utilisées pour analyser les performances technico-économiques des exploitations à savoir le bilan céréalier (utilisé comme indicateur de sécurité alimentaire), le revenu et la charge de travail (*tableau 2*). Cikeda se distingue cependant par la prise en compte des flux entre systèmes de culture et d'élevage (production de

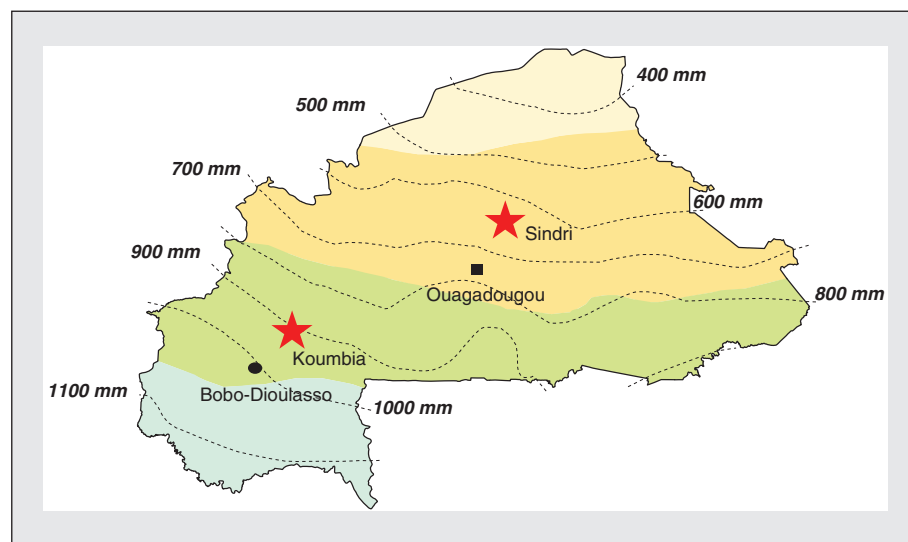


Figure 1. Localisation des villages de Koumbia et Sindri sur la carte des isohyètes du Burkina Faso.

Figure 1. Location of the villages of Koumbia and Sindri on the isohyet map of Burkina Faso.

Tableau 1. Quelques caractéristiques des villages d'étude.

Table 1. Some characteristics of the study sites.

Caractéristiques	Sindri	Koumbia
Pluviométrie (mm/an)	700	900
Densité de la population (hab/km ²)	70	40
Charge animale (UBT/ha)	2	4
Système de culture dominant	Cultures associées (sorgho + niébé) chaque année	Rotation coton//maïs

UBT = unité bétail tropical

fumure à partir des résidus de culture et des déjections animales, usage des pailles par les animaux). Ces aspects ont néanmoins été considérés par Olympe en rajoutant une équation similaire à Cikeda pour calculer le bilan fourrager.

Types d'exploitations considérés

L'identification des différents types d'exploitations agricoles (EA) s'est basée sur des enquêtes concernant la structure de production et la conduite des systèmes de culture (type de travail

du sol, type de rotation, assolement, mode de gestion des résidus de culture) de 50 producteurs à Sindri et 35 à Koumbia. Les données d'enquête ont été codées et utilisées pour réaliser une analyse factorielle suivie d'une classification ascendante hiérarchique. Les variables *assolement* et *niveau d'équipement*, très opérantes à Koumbia pour différencier les exploitations, se sont révélées peu discriminantes à Sindri où il a fallu également considérer des critères de taille (superficies, nombre de personnes) et de performances des exploitations (sécurité alimentaire et revenu).

Cinq types d'exploitations ont été identifiés à Sindri et quatre à Koumbia (tableau 3).

- Type AS : exploitations de superficie moyenne obtenant de bonnes performances technico-économiques (PTE) ;
- Type BS : exploitations de superficie moyenne et aux PTE moyennes ;
- Type CS : petites exploitations à faibles PTE ;
- Type DS : exploitations de superficies moyennes en situation précaire (déficit céréalier chronique) ;
- Type ES : grandes exploitations aux PTE moyennes.
- Type AK : exploitations équipées en culture attelée à stratégie cotonnière ;
- Type BK : exploitations équipées en culture attelée à stratégie céréalière ;
- Type CK : exploitations non équipées à stratégie céréalière ;
- Type DK : exploitations équipées en culture attelée à stratégie d'élevage.

Tableau 2. Principales caractéristiques des deux modèles utilisés.

Table 2. Main characteristics of the two models used.

Pas de temps	Annuel
Entrées	Caractéristiques structurelles de l'exploitation : surface totale cultivée, nombre d'animaux par lots Assolement : surface par culture Main-d'œuvre Surface en AC Intrants : quantité d'engrais minéral par ha et coûts des fertilisants, soins vétérinaires des animaux Achat/vente d'animaux par saison Nombre/type d'animaux affouragés à base de résidus de culture
Règles de décisions simulées	Achat des compléments de céréale si bilan céréalier négatif Vente des surplus de sorgho et niébé Mobilisation de la main-d'œuvre salariée si bilan travail négatif (Olympe)
Principales sorties	Bilan fourrager en MAD et en UF : résidus produits et stockés et cultures fourragères - demande en fourrage des animaux complémentés en saison sèche Bilan céréalier en kg : grains de céréales produits - moins de demande en céréale de la famille Bilan travail en homme-jour : offre de main-d'œuvre familiale - temps de travaux des différentes activités de l'exploitation Revenu en FCFA : surplus issus des systèmes de culture et d'élevage une fois déduites les parts autoconsommées par la famille - charges des systèmes de cultures et d'élevage (engrais, herbicides, insecticides, soins vétérinaires, aliments, main-d'œuvre, équipements)

AC : agriculture de conservation ; MAD : matières azotées digestibles ; UF : unités fourragères.

Scénarios simulés

Les performances, initiales et après insertion de l'AC, de neuf exploitations virtuelles (une par type) ont été comparées. Nous avons alors considéré que 50 % de la sole céréalière de l'exploitation était cultivée selon les principes de l'AC. Le système de culture en AC retenu pour la simulation est basé sur le système choisi et testé en 2012 par les producteurs de chacune des zones (n = 20 à Koumbia, n = 25 à Sindri), à savoir le semis direct de la principale céréale (sorgho à Sindri et maïs à Koumbia) associée au niébé, dans un paillage issu des résidus de céréale de l'année précédente à raison de 4t/ha. Les résultats de ce système AC sont comparés à

Tableau 3. Caractéristiques structurelles des types d'exploitations et importance des principes de l'AC dans leurs pratiques agricoles.

Table 3. structural characteristics of farm types and importance of Conservation Agriculture (CA) principles in their farming practices.

Village	Type d'EA	Nombre d'EA enquêtées	Sup. cultivée (ha)	Sup. cultivée (ha) / actif	(%) en cultures céréalières	Effectifs bovins (UBT)	% sup. paillées	% sup. travail minimal du sol	% sup. cultures associées
Sindri	AS : Exploitations sup.* moyenne et bonnes performances**	10	6,4	0,6	84	10,6	29	9,2	60
	BS : Exploitations sup. et performances moyennes	5	10,2	0,4	78	16,9	15	6,2	59
	CS : Petites exploitations à faibles performances	12	3,7	0,3	97	6	31	6,5	66
	DS : Exploitations de sup. moyenne en situation précaire	10	8	0,7	76	4	27	2,8	52
	ES : Grandes exploitations aux performances moyennes	13	16,2	0,9	68	22,5	17	1,2	56
Koumbia	AK : Équipé en culture attelée à stratégie cotonnière	14	11	1,2	33	11	0	9	0
	BK : Équipé en culture attelée à stratégie céréalière	6	8	1,1	47	4	0	9,5	22
	CK : Non équipé à stratégie céréalière	7	2,5	0,8	56	0	0	65	58
	DK : Équipé en culture attelée à stratégie d'élevage	3	5	0,5	50	41	0	0	25

* Superficie cultivée

** Performances technico-économiques

EA = exploitation agricole ; Sup. = superficie ; Assoc. = association de cultures.

ceux du système conventionnel pratiqué dans chaque zone (labour et culture pure de maïs à Koumbia, labour et sorgho associé au niébé à Sindri). Les tests réalisés chez les paysans montrent que la quantité de paille permet une couverture du sol d'environ 60 %. Ce taux de couverture du sol permet de contrôler l'érosion et de limiter l'évaporation, mais s'avère insuffisant pour affecter significativement la levée des mauvaises herbes et rend plus difficile le sarclage (pas de mécanisation possible, gêne du sarclage manuel). Les rendements et les temps de travaux des systèmes conventionnels (scénario initial) et AC utilisés pour les simulations sont ceux obtenus dans les essais menés avec les producteurs des deux villages les années précédentes (tableau 4). On constate que les rendements de la céréale en AC augmentent à Sindri, du

fait d'une meilleure infiltration de l'eau dans le sol et d'une moindre évaporation dues au paillage. Par contre à Koumbia, bien que la densité de maïs reste la même en AC qu'en situation initiale, les rendements du maïs diminuent, probablement du fait de la compétition entre cultures associées (maïs, niébé) pour les éléments minéraux, alors qu'en système conventionnel la céréale est en culture pure. À Sindri, l'augmentation des temps de travaux est plus élevée car les producteurs n'utilisent pas d'herbicides, contrairement à Koumbia où les agriculteurs ont facilement accès aux herbicides par la société cotonnière. Les performances des autres composantes des systèmes de culture (les 50 % de la surface de céréale en culture conventionnelle, les cultures en rotation à Koumbia, en particulier le coton) n'ont pas été

modifiées entre le scénario initial et le scénario AC.

Des entretiens individuels et collectifs ont été réalisés avec les producteurs. Ils ont proposé des stratégies pour faire face aux effets (positifs ou non) de l'introduction de l'AC sur chacune des sorties considérées (bilan céréalier, bilan fourrager, charge de travail et revenu). L'une de ces stratégies a été simulée pour les deux zones et les différents types d'exploitation pour en évaluer la faisabilité.

Résultats

Pratiques agricoles actuelles selon les types

À Sindri, les cultures associées couvrent généralement plus de 50 % de

Tableau 4. Valeur des principaux paramètres utilisés dans les modèles Cikeda et Olympe.

Table 4. Value of the main parameters used in the Cikeda simulation model.

	Paramètres	Koumbia	Sindri
Scénario initial	Rendement céréale culture pure (kg/ha)	2000	-
	Rendement céréale associée (kg/ha)	-	1470
	Rendement niébé associé (kg/ha)	-	182
	Durée du semis (Hj/ha)	7	5
	Durée du sarclage (Hj/ha)	15	15
	Durée de la récolte (Hj/ha)	19	11
Scénario AC	Rendement céréale associée (kg/ha)	1500	1882
	Rendement niébé associé (kg/ha)	200	245
	Durée du semis (Hj/ha) *	11	12
	Durée du sarclage (Hj/ha)	28	24
	Durée de la récolte (Hj/ha)	35	23
	Valeur fourragère paille céréale g MAD kg ⁻¹	13	
	UF kg ⁻¹	0,35	
	Valeur fourragère niébé g MAD kg ⁻¹	88	
	UF kg ⁻¹	0,64	
	Besoins fourragers journaliers d'un bœuf d'embouche g MAD UBT ⁻¹	485	
	UF UBT ⁻¹	5,3	
	Prix de vente d'un kg de grains de niébé (FCFA)	240	275
	Prix de vente d'un kg de grains de céréale (FCFA)	110	175
	Prix d'achat d'un animal maigre pour l'embouche (FCFA)	190 000	200 000
	Prix de vente d'un animal engraisé (FCFA)	290 000	350 000
	Prix d'achat d'un sac de tourteau de coton (FCFA)	8 000	7 500

AC = agriculture de conservation ; Hj = homme-Jour ; MAD : matières azotées digestibles ; UBT : unité bétail tropical ; UF = unités fourragères.

* = maïs à Koumbia, sorgho à Sindri

1 Euro = 656 FCFA

l'assolement dans tous les types d'exploitations. Les types AS (superficie moyenne avec bonnes performances), CS (petite surface et faibles performances) et DS (superficie moyenne et en déficit céréalier chronique) sont les plus proches en termes de pratiques culturales du modèle technique de l'AC du fait d'une fréquence plus importante du paillage

et du semis sans travail du sol que chez les autres types, sur respectivement 30 % et 6 % en moyenne de leur surface cultivée. Dans les exploitations ES (grandes superficies) et BS (superficie et performances moyennes) les effectifs animaux plus élevés se traduisent par un prélèvement important des résidus de cultures et une pratique du paillage plus réduite.

À Koumbia, aucun des types d'exploitation ne pratique le paillage. Le type CK (non équipée et stratégie céréalière) est le plus proche du modèle d'AC, avec un assolement essentiellement constitué de cultures associées et une forte fréquence du semis direct sur 30 à 100 % de la surface totale cultivée annuellement. Les exploitations AK (équipées et à stratégie

cotonnière) ont des pratiques très éloignées de l'AC, elles ne pratiquent ni le paillage ni l'association culturale, alors que les exploitations BK (équipées et à stratégie céréalière) et DK (équipées à stratégie d'élevage) présentent près de 20 % de leur assolement en cultures associées. Les exploitations BK se distinguent par la pratique du semis direct sur environ 10 % des superficies cultivées.

Dans l'ensemble, il apparaît que les exploitations les moins dotées en facteurs de production (main-d'œuvre, équipement, foncier) et avec une faible capacité d'investissement (peu d'élevage) tels que les types CS et CK ont les pratiques agricoles les plus proches des principes de l'AC. Le semis direct est mis en œuvre pour faire face à un manque d'équipement et dans une moindre mesure, à l'irrégularité des pluies, mais pas pour lutter contre

l'érosion des sols. L'association des cultures permet à la fois de valoriser des surfaces limitées et de diversifier la production pour faire face aux risques climatiques ou économiques.

Effets simulés de l'AC sur les performances des EA

À Sindri, l'introduction de l'AC sur 50 % de la sole céréalière d'une campagne agricole conduit à des effets positifs en termes de bilans céréalière et fourrager (matières azotées digestibles - MAD), et de revenu (de + 15 à + 45 %) pour tous les types d'EA (figure 2). L'amélioration du bilan fourrager s'explique par l'augmentation de la production du niébé dont les fanes constituent un fourrage plus riche en azote que les pailles de céréales, et qui sont donc récoltées pour le bétail. L'amélioration

du bilan céréalière et du revenu s'expliquent par l'augmentation des rendements permise par le paillage (tableau 4), qui engendre une hausse de la production céréalière de l'ordre de 10 à 30 % et de niébé grain de l'ordre de 35 % en moyenne.

À Koumbia l'introduction de l'AC conduit à des résultats positifs en termes de bilan fourrager MAD et de revenu (de + 2 à + 30 %) mais diminue le bilan céréalière (de - 10 à - 50 kg de grain/an/personne), du fait de la baisse des rendements en céréales (figure 3, tableau 4). L'amélioration du bilan fourrager en MAD (figure 3) s'explique également par l'augmentation de la production de fanes de niébé, du fait de l'introduction de cette culture dans la sole céréalière. L'augmentation du revenu est liée aux ventes de niébé (+ 4 à + 38 kg de grain de niébé produit/an/personne) et à la diminution des achats

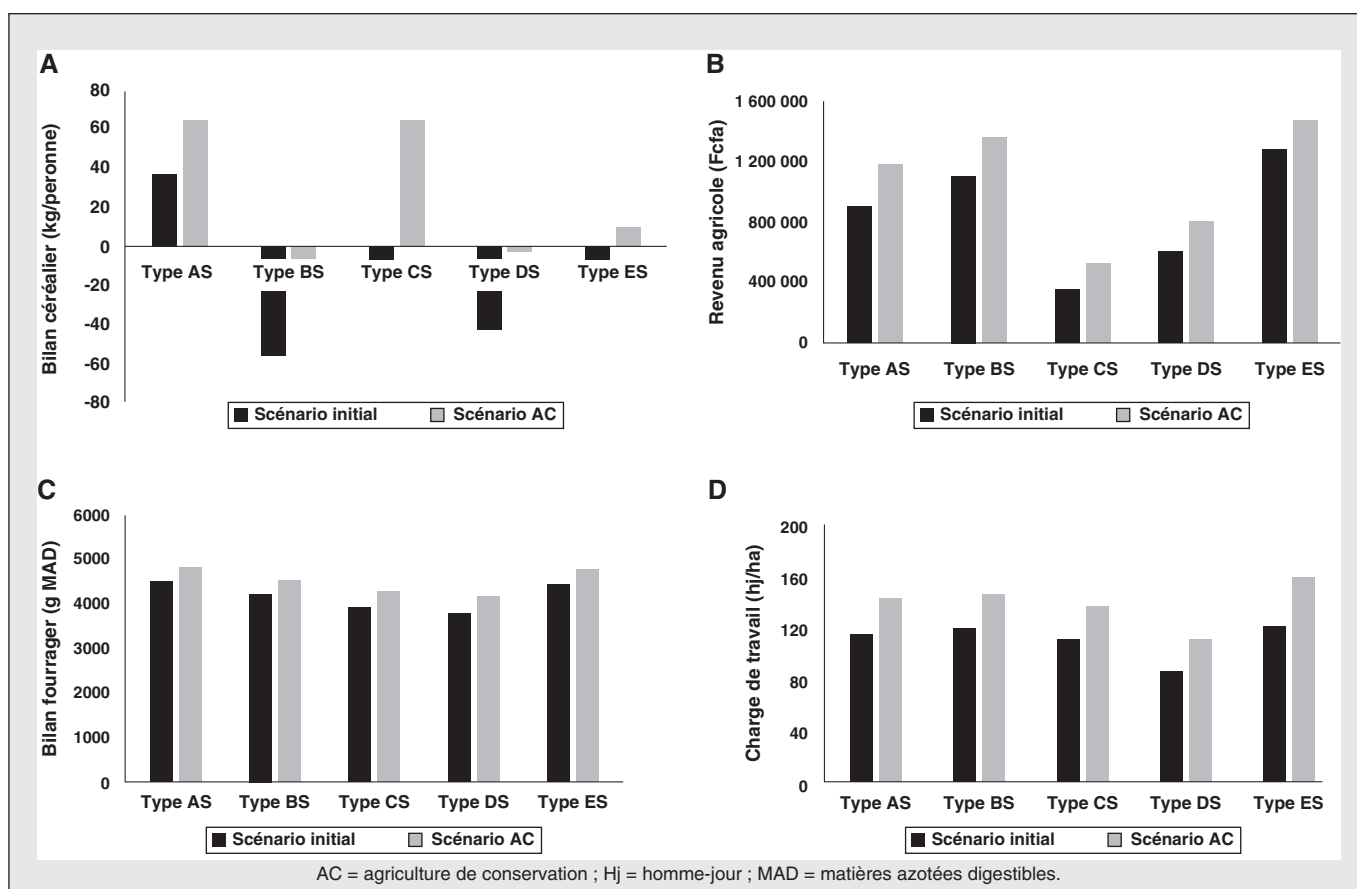


Figure 2. Effets simulés de l'introduction de l'agriculture de conservation à Sindri sur bilan céréalière (A), le revenu agricole (B), le bilan fourrager (C) et la charge de travail (D).

Figure 2. Simulated effects of the introduction of CA in Sindri on cereal balance (A), farm income (B), fodder balance (C) and labour requirements (D).

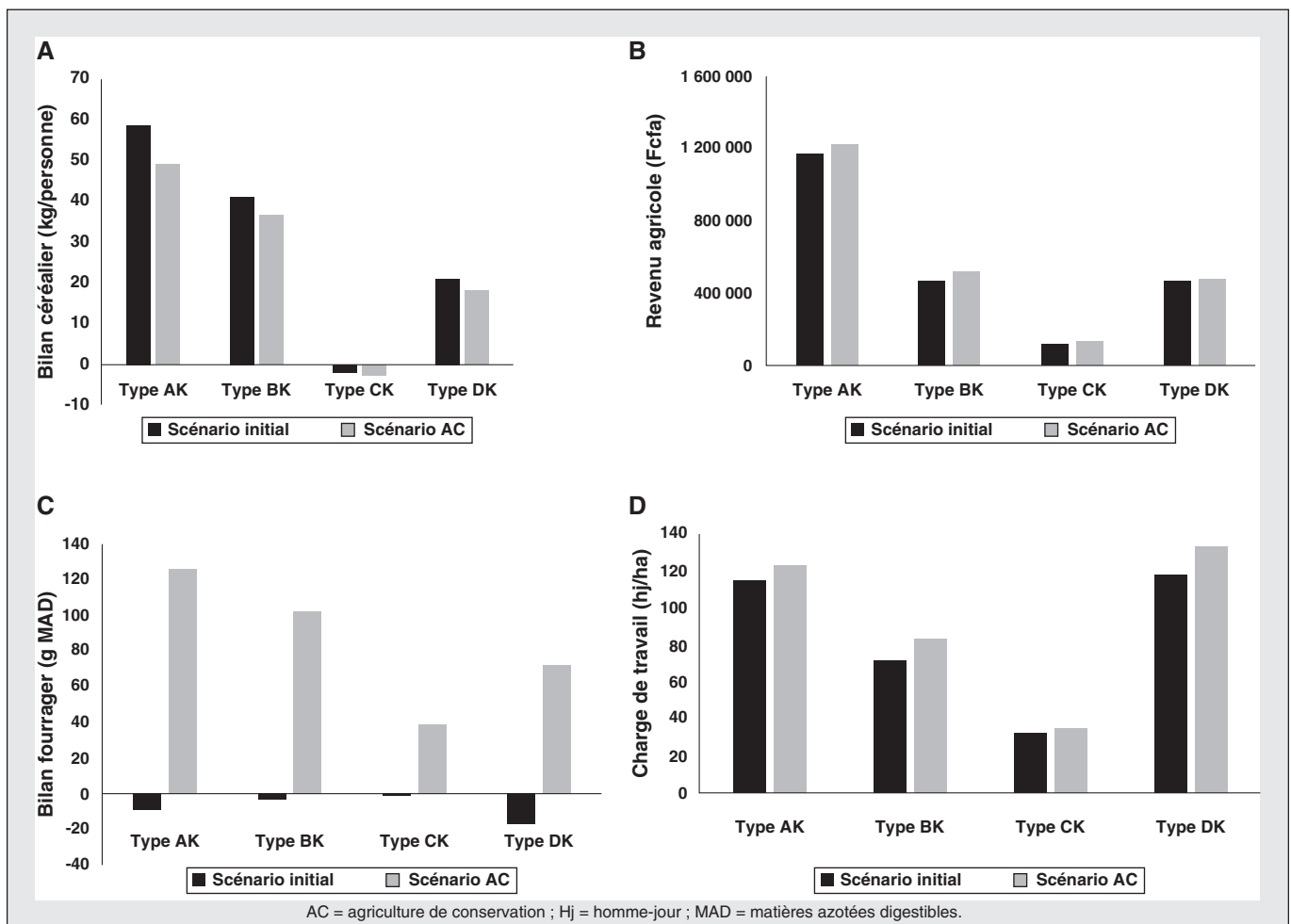


Figure 3. Effets simulés de l'introduction de l'agriculture de conservation à Koumbia sur le bilan céréalier (A), le revenu (B), le bilan fourrager (C) et la charge de travail (D).

Figure 3. Simulated effects of the introduction of CA in Koumbia on cereal balance (A), farm income (B), fodder balance (C) and labour requirements (D).

de tourteaux de coton nécessaires en saison sèche pour l'alimentation des bovins d'élevage, permise par les apports de fanes de niébé (figure 3). Dans les deux villages, on constate une augmentation générale de la charge de travail variant de + 7 à + 16 % à Koumbia et de + 22 à + 30 % à Sindri, lorsque l'on passe du scénario initial au scénario AC (figures 2 et 3). Cette augmentation est liée au surcroît de travail pour la réalisation des opérations de semis lorsque l'on passe des cultures pures aux cultures associées, mais surtout à la durée du sarclage (tableau 4). Les effets de l'AC varient d'un type d'exploitation à l'autre en lien avec leurs caractéristiques structurelles. L'augmentation du revenu est la plus

faible (2 %) pour le type AK (exploitation équipée à Koumbia), car la vente des surplus de niébé, même à un prix élevé (tableau 4), ne compense que légèrement la baisse importante des surplus céréaliers commercialisables pour ce type d'exploitation cultivant de grandes surfaces en céréales. L'augmentation du revenu est la plus élevée (25 %) pour le type DK disposant des plus grands effectifs animaux, grâce à la diminution des achats de fourrages et concentrés. Pour le type CK, l'introduction supplémentaire du paillage sur 50 % de la sole céréalière permet d'augmenter le revenu de 10 % sans accroître la charge de travail (figure 3). À Sindri, l'augmentation de la production céréalière permet

d'accroître significativement les surplus commercialisables dans les exploitations qui initialement étaient déjà auto-suffisantes (type AS) ou qui avaient des déficits relativement faibles (types CS et ES). Par contre, le bilan céréalier s'améliore dans les exploitations fortement déficitaires (type BS et DS), mais reste négatif avec un déficit de - 16 et - 3 kg/personne respectivement dans les deux types.

Stratégies pour répondre aux effets de l'AC

Les producteurs ont proposé une diversité de stratégies pour répondre aux effets de l'introduction de l'AC simulés par les modèles (figure 4). Les

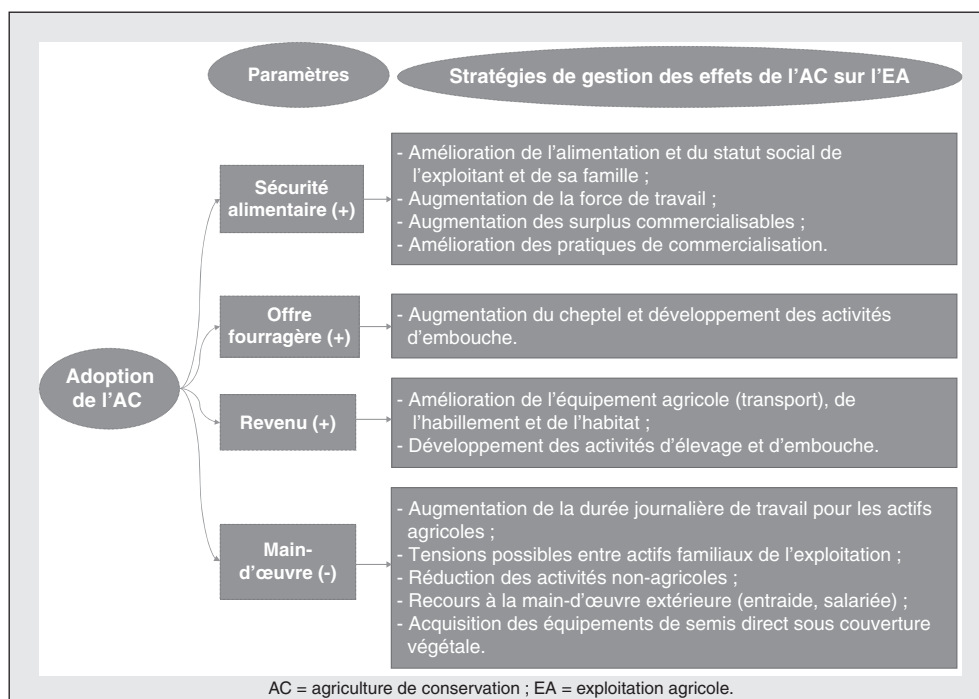


Figure 4. Stratégies paysannes de gestion des effets de l'adoption de l'agriculture de conservation.

Figure 4. Farmer strategies to manage the effects of CA adoption.

effets positifs de l'AC sur le bilan céréalier, le bilan fourrager et le revenu permettraient selon les producteurs de mieux couvrir les besoins de base de la famille (objectif d'auto-suffisance alimentaire en priorité), et démarrer une phase de croissance et d'accumulation à travers l'acquisition de matériels de transport agricole, le développement de l'élevage et l'amélioration des pratiques de commercialisation des surplus de production. Les producteurs adoptant l'AC et obtenant une amélioration de leurs performances technico-économiques suscitent de l'intérêt chez leurs pairs pour leurs capacités à innover. Les exploitants BS, CS et DS à Sindri, qui sont régulièrement en situation d'insécurité alimentaire et qui dépendent de l'aide de leurs proches, du gouvernement ou des organisations internationales, relèvent que c'est « *très humiliant et risqué de confier la gestion de son ventre à quelqu'un d'autre* ».

Trois pistes sont identifiées pour faire face à l'augmentation de la charge de travail :

– un allongement de la durée journalière de travail (passage de 5 heures à 7 heures/jour) des actifs familiaux, sou-

haité en particulier par les producteurs à la tête des grandes exploitations ;

– la mobilisation d'une main-d'œuvre complémentaire (membres de l'exploitation occupés saisonnièrement ou à temps plein par des activités non-agricoles) ;

– l'acquisition d'équipements (canne planteuse, semoir attelé pour le semis direct) pour faciliter les opérations de semis sur les parcelles AC.

L'une des stratégies mentionnées pour valoriser à la fois l'amélioration du revenu et le surplus de fourrage de qualité (riche en MAD), à savoir l'introduction d'une activité d'embouche, a été simulée. Nous avons identifié le nombre d'animaux pouvant être embouchés à partir des surplus fourragers produits par l'AC, en simulant l'introduction d'un animal d'embouche bovine et en augmentant de façon itérative ce nombre.

Le *tableau 5* montre que, à Koubmbia, l'introduction d'un atelier d'embouche se traduit par une marge positive pour tous les types d'exploitation, liée au différentiel important entre le prix d'achat d'un animal maigre et le prix de vente d'un animal gras. À Sindri, l'introduction d'un atelier d'embouche

ne permet de générer une marge positive que pour trois (AS, DS et ES) des cinq types considérés.

Pour les types AK et BK, caractérisés par des charges animales inférieures à 1 UBT/ha (nombre d'unités de bétail tropical rapporté à la surface cultivée), les surplus fourragers (en MAD et en unité fourragères - UF) ont permis de couvrir les besoins fourragers de respectivement un et deux animaux d'embouche pendant trois mois. En revanche, pour le type CK, le déficit initial du bilan fourrager en UF s'est accru du fait de la baisse du rendement en paille de maïs. Pour le type DK, le surplus fourrager n'est pas suffisant pour couvrir les besoins d'un animal d'embouche additionnel. Dans ces deux types (CK et DK), des achats de compléments (tourteaux, etc.) sont nécessaires pour conduire l'activité d'embouche à terme. À Sindri, l'introduction de l'AC permet de disposer de suffisamment de fourrages (MAD et UF) pour l'embouche de deux animaux dans les exploitations caractérisées par les plus faibles charges animales (< 1,4 UBT/ha, types DS et ES). Dans les exploitations BS et CS, caractérisées respectivement par un

Tableau 5. Effet de l'introduction d'une activité d'embouche pour valoriser les surplus fourragers produits par l'agriculture de conservation.

Table 5. Effects of the introduction of a cattle fattening activity in order to valorise the fodder surplus produced by CA.

	Bilan fourrager (UF)	Bilan fourrager (MAD en g)	Nombre d'animaux embouchés	Revenus nets générés par l'activité d'embouche (FCFA*)
Type AS	-281	89 556	1	29 495
Type BS	-609	131 204	1	-17 835
Type CS	-505	33 475	1	-2 848
Type DS	367	126 665	2	140 000
Type ES	90	233 951	2	140 000
Type AK	217	55 427	2	200 000
Type BK	134	66 961	1	100 000
Type CK	-122	4 098	1	100 000
Type DK	-770	36 947	1	32 853

*1 Euro = 656 FCFA

MAD : matières azotées digestibles ; UF = unités fourragères.

cheptel d'élevage important et des superficies cultivées faibles, l'introduction d'un animal d'embouche se traduit par des achats importants de concentrés et de fourrages conduisant à des revenus nets négatifs. Dans les exploitations du type AS, l'achat des compléments est nécessaire mais les résultats nets restent positifs.

Discussion

Performances de l'AC à l'échelle de l'exploitation et pistes pour en favoriser l'adoption

L'effet de l'adoption de l'AC sur la charge de travail est négatif dans les deux villages. Ce résultat s'explique en grande partie du fait que la diversification des cultures ne repose pas sur la rotation, mais sur leur association qui engendre un doublement du temps de réalisation des opérations culturales telles que le semis, le démarrage et la récolte (Djamen *et al.*, 2013). L'augmentation de la charge de travail suite à l'adoption de l'AC est fréquemment

observée dans les systèmes manuels et en culture attelée, qui ne disposent pas de semoir adapté et peu onéreux et de pratiques de contrôle de l'enherbement efficaces à base d'herbicides (Giller *et al.*, 2009). Les effets contrastés observés dans les deux villages en matière de bilan céréalier sont liés au fait que les gains obtenus en 1^{re} année par le passage de la culture conventionnelle aux systèmes AC sont meilleurs en zone sahélo-soudanienne (Sindri) où la pluviométrie est plus faible et irrégulière qu'en zone soudanienne (Koumbia). Corbeels *et al.* (2014) et Naudin *et al.* (2010) mentionnent pour d'autres régions d'Afrique subsaharienne un effet plus marqué du paillage sur l'alimentation hydrique des cultures, et donc sur leur rendement, dans les zones où la pluviométrie est erratique.

Au sein de chaque village, les effets les plus favorables suite à l'introduction de l'AC n'ont pas été observés pour les EA limitées en capital ayant des pratiques déjà proches de l'AC mais plutôt pour les EA déjà autosuffisantes, du fait d'une augmentation des surplus commercialisables en zone sahélo-soudanienne, ou celles ayant un important déficit fourrager initial en zone

soudanienne et qui ont diminué les achats de concentrés avec l'amélioration qualitative de la ration. Néanmoins, dans ce dernier cas, la valorisation de l'amélioration qualitative du bilan fourrager (en MAD) peut être limitée par la diminution du fourrage grossier (UF) qui ne provient désormais que des 50 % de la sole céréalière conduits en système conventionnel, les pailles du système AC étant réservées pour le paillis de l'année n+1. Les surplus de fourrages de haute qualité (fanés de légumineuses riches en MAD) peuvent permettre de développer une activité d'embouche bovine pour les EA ayant une charge inférieure à 1,5 UBT/ha. Pour celles-ci le développement de l'élevage peut représenter une motivation pour adopter l'AC. Pour les autres producteurs, l'augmentation de la charge animale est limitée par un déficit de fourrage grossier (les pailles de céréales renfermant des UF). Dans les territoires où les productions végétales cohabitent avec l'élevage et où les résidus de culture constituent un bien collectif (vaine pâture), l'introduction simultanée de l'AC et de l'embouche impliquerait une appropriation individuelle de ces résidus qui peut entraîner des tensions entre types d'EA du village, entre ces exploitations et les éleveurs transhumants et enfin, entre les adoptants de l'AC et les autres producteurs (Corbeels *et al.*, 2014). Le développement de l'AC va alors nécessiter des innovations techniques (révision des rations animales et des modalités de distribution des résidus de récolte, fabrication de foin de brousse) et organisationnelles (chartes foncières, espaces dédiés à l'AC) qui permettent de gérer collectivement au niveau du territoire (village, petite région) la répartition des résidus de cultures entre l'alimentation des animaux et le paillage du sol (Andriarimalala *et al.*, 2013 ; Baudron *et al.*, 2014).

Forces et faiblesses de la méthode

Notre démarche méthodologique repose sur une typologie d'EA pour identifier leur diversité et les différents cas-types à simuler, des essais agronomiques pour paramétrer les outils de simulation, et l'extrapolation à

l'échelle de l'exploitation des résultats d'essais en milieu paysan au regard des caractéristiques des EA. Cette démarche permet de mettre en perspective l'effet des résultats obtenus à l'hectare sur la demande en fourrage des troupeaux ou en céréales de la famille. Par ailleurs, elle permet d'analyser la pertinence des stratégies envisagées par les producteurs pour gérer les effets de l'adoption de l'AC. L'analyse comparative entre types d'exploitation aide de plus à analyser les conditions d'exploitation les plus favorables à l'insertion de l'AC.

Les simulations réalisées portent uniquement sur la première année du processus d'adoption avec pour base le passage de 50 % de la sole de la céréale principale en AC. En deuxième année, on peut s'attendre à un gain supplémentaire de production en particulier pour le cotonnier en AC à Koumbia et par une meilleure couverture du sol à Sindri. Il serait donc intéressant de réaliser une simulation pluriannuelle prenant en compte les effets cumulatifs des rotations combinées à l'augmentation des rendements et donc de résidus de cultures, et de l'amélioration progressive de couverture du sol. Mais pour réaliser ce type de simulation il faudrait disposer de résultats d'expérimentations de longue durée (sur 5 ans et plus) pour calibrer les modèles ou se baser sur des références obtenues dans des régions similaires.

Conclusion

Cette étude est basée sur une méthode combinant la prise en compte de la diversité des exploitations dans deux terroirs contrastés (sahélo-soudanien très peuplé et soudanien moins peuplé mais avec plus d'animaux) et l'évaluation *ex ante* des effets de l'agriculture de conservation à l'échelle de l'exploitation. Elle a mis en évidence que les situations les plus favorables à l'introduction de l'AC sont rencontrées pour les exploitations déjà autosuffisantes

du fait d'une augmentation des surplus céréaliers commercialisables en zone sahélo-soudanienne ou celles ayant un important déficit fourrager initial lié à un important cheptel bovin en zone soudanienne et qui ont pu diminuer leurs achats de concentrés grâce à l'introduction du niébé associé. S'ils acceptent d'investir plus de temps de travail par unité de surface, les producteurs, en adoptant l'AC, peuvent donc s'engager dans une trajectoire d'amélioration progressive de la production et donc de leur revenu et sécurité alimentaire. Les résultats différenciés des effets de l'AC en fonction des types d'exploitation et de situation montrent la nécessité d'un accompagnement adapté à chaque cas (productions végétales et/ou animales, conseil individuel et/ou action collective) et pouvant intégrer d'autres techniques de gestion durable des terres comme l'agroforesterie, les aménagements anti-érosifs etc. L'adoption des systèmes d'AC entraîne une augmentation de la charge de travail en 1^{re} année, acceptable pour les chefs d'exploitation, mais qui risque d'entraîner des tensions entre eux et les actifs familiaux (épouses et jeunes actifs). Enfin, l'évolution des règles de la vaine pâture constitue un défi important pour l'amélioration des systèmes agropastoraux (et en particulier pour l'adoption de l'AC) qui nécessite des concertations entre les producteurs du terroir villageois, mais aussi à une autre échelle avec les éleveurs transhumants de la région. ■

Références

- Andriarimalala J, Rakotozandriny JDN, Andriamandroso ALH, Penot E, Naudin K, Dugué P, *et al.*, 2013. Creating synergies between conservation agriculture and cattle production in crop-livestock farms: a study case in the lake Alaotra region of Madagascar. *Experimental Agriculture* 49(3):352-65. <http://dx.doi.org/10.1017/S0014479713000112>
- Affholder F, Parrot L, Jagoret P, 2013. Acquis et perspectives de l'intensification écologique. In: Sourisseau JM, eds. *Agricultures familiales et mondes à venir*. Versailles : Éditions Quae: 303-13.
- Andrieu N, Dugué P, Le Gal PY, Rueff M, Schaller N, Sempore A, 2012. Validating a whole farm

modelling with stakeholders : evidence from a West African case. *Journal of Agricultural Science* 4:159-73.

Baudron F, Jaleta M, Okitoi O, Tegegn A, 2014. Conservation agriculture in African mixed crop-livestock systems: expanding the niche. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 187:171-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.020>

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>

Djamen NP, 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.

Duru M, Fares M, Therond O, 2014. Un cadre conceptuel pour penser maintenant (et organiser demain) la transition agroécologique de l'agriculture dans les territoires. *Cahiers Agricultures* 23:84-95. doi: 10.1684/agr.2014.0691

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.

Griffon M, 2013. *Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ?* Versailles: Éditions Quae.

Le Gal PY, Andrieu N, Dugué P, Kuper M, Taher Srairi M, 2011. Des outils de simulation pour accompagner des agroéleveurs dans leurs réflexions stratégiques. *Cahiers Agricultures* 20(5):413-20. <http://dx.doi.org/10.1684/agr.2011.0509>

Naudin K, Gozé E, Balarabe O, Giller KE, Scopel E, 2010. Impact of no tillage and mulching practices on cotton production in North Cameroon: a multi-localational on-farm assessment. *Soil & Tillage Research* 108:68-76.

Penot E (Coord), 2012. *Exploitations agricoles, stratégies paysannes et politiques publiques - Les apports du modèle Olympe*. Versailles : Éditions Quae.

Scopel E, Douzet JM, Macena Da Silva FA, Cardoso A, Alves Moreira JA, Findeling A, *et al.*, 2005. Impacts des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) sur la dynamique de l'eau, de l'azote minéral et du carbone du sol dans les Cerrados brésiliens. *Cahiers Agricultures* 14(1):71-5. http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/agr/e-docs/00/04/0D/6F/article.md?type=text.html

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>