

Pratiques actuelles de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la production du cotonnier et sur le sol dans les exploitations cotonnières du Centre et de l'Ouest du Burkina Faso

Mathias Bouinzemwendé Pouya¹
 Moussa Bonzi¹
 Zacharia Gnankambary²
 Karim Traoré³
 Jean Sibiri Ouédraogo⁴
 Antoine N. Somé⁴
 Michel Papaoba Sédogo¹

¹ Inera
 Centre de recherches environnementales,
 agricoles et de formation de Kamboinsé
 01 BP 476
 BF Ouagadougou
 Burkina Faso
 <pouyabmathias@gmail.com>
 <bouabonzi@yahoo.fr>
 <michel_sedogo@yahoo.fr>

² Bureau national des sols (Bunasol)
 03 BP 7142
 BF-Ouagadougou 03
 Burkina Faso
 <gnank_zach@hotmail.com>

³ Inera
 Programme Coton
 01 BP 208
 BF-Bobo-Dioulasso 01
 Burkina Faso
 <karim_traore24@yahoo.fr>

⁴ Institut du Sahel
 BP 1580
 Bamako
 Mali
 <sibiri.ouedraogo@insah.org>
 <dginsah@insah.org>

Résumé

La gestion durable des sols est devenue une préoccupation majeure pour les exploitations cotonnières du Burkina Faso du fait de la croissance démographique, de l'expansion de la culture du coton et des pratiques suboptimales de gestion de la fertilité des sols. L'étude de ces pratiques et l'évaluation de leur impact sur le sol et la production cotonnière a été réalisée dans le Centre et l'Ouest du Burkina Faso. L'analyse des pratiques et de leurs impacts a été réalisée par enquêtes auprès de 315 exploitants agricoles et l'évaluation des impacts agronomiques et pédologiques sur 45 champs de paysans dans chaque zone cotonnière. À terme, on a identifié des pratiques conservatoires des eaux et des sols, et des successions culturales variables en fonction des atouts naturels de chaque zone. Sept régimes de fertilisation ont été identifiés en zone Centre contre 6 en zone Ouest. Ces régimes de fertilisation sont le plus souvent inférieurs aux recommandations formulées par les sociétés cotonnières. En moyenne, ils ont minoré les rendements de 20 à 40 % en zone Centre et de 35 à 90 % en zone Ouest. Les fumures organo-minérales ont en revanche amélioré les rendements de l'ordre de 14 à 25 % au Centre et de 6 à 33 % à l'Ouest par rapport aux fumures minérales, et elles ont induit les teneurs en éléments nutritifs du sol les plus élevées (carbone total, azote total). La durée optimale de mise en culture des champs est de 10 ans en zone cotonnière. Au-delà de 10 ans, les rendements du cotonnier et les teneurs en nutriments du sol baissent. Parmi les régimes de travail du sol, les cultures attelées et motorisées semblent plus adaptées aux conditions pédoclimatiques du Centre. À l'Ouest le travail minimum du sol permet de mieux préserver la fertilité du sol, mais il ne permet pas d'avoir des rendements élevés. Les pratiques paysannes actuelles de gestion de la fertilité des sols dans les zones cotonnières ne sont pas favorables à l'accroissement durable de la production agricole. Cependant les techniques de conservation des sols et des eaux et l'utilisation des fumures organo-minérales constituent les germes d'une gestion mieux intégrée et plus durable du capital productif.

Mots clés : Burkina Faso ; coton ; fertilité ; pratiques agricoles ; rendements.

Thèmes : productions végétales ; sols.

Abstract

Current soil fertility management practices and their effects on the cotton production and soil on the cotton farms of Central and Western Burkina Faso

Sustainable soil management is a major concern for cotton farms in Burkina Faso due to population growth, the expansion of cotton cultivation and suboptimal practices of soil fertility management. The study of these practice and the evaluation of their impacts on soil and cotton production was performed in the centre and west of Burkina Faso. The analysis of practices and their impacts were implemented by surveys at 315 farms and the evaluation of agronomic and soil impacts was conducted in each cotton zone on 45 fields.

Pour citer cet article : Pouya MB, Bonzi M, Gnankambary Z, Traoré K, Ouédraogo JS, Somé AN, Sédogo MP, 2013. Pratiques actuelles de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la production du cotonnier et sur le sol dans les exploitations cotonnières du Centre et de l'Ouest du Burkina Faso. *Cah Agric* 22 : 282-92. doi : 10.1684/agr.2013.0643

Tirés à part : M.B. Pouya

doi: 10.1684/agr.2013.0643

We identified soil and water management practices, as well as crop rotation practices of variable proportions according to the natural assets of each cotton zone. In the western and central cotton zones, six and seven fertilization regimes were identified, respectively. These fertilization regimes were often lower than the recommendations formulated by the cotton companies. On an average, they involved a decrease in yield from 20-40% in the Centre and 35 to 90% in the West. Only the organo-mineral fertilizations increased yields by 14-25% and 6-33% respectively in the Centre and West compared to mineral fertilization. Application of organo-mineral fertilization led to the highest soil nutrient contents (total carbon, total nitrogen). The optimal duration of cultivation fields is 10 years in the cotton zone. Beyond 10 years, cotton yields and soil nutrient contents decline. Among tillage systems, both animal and motorized ploughing are suitable for the Central zone. In the West, minimum tillage better preserves soil fertility but with low yields. Current farming practices of soil fertility management in the cotton zones are not favourable to the sustainable increase of crop production. However, the soil conservation and water techniques and the use of organo-mineral fertilizers are the germs of a better integrated and a more sustainable management of productive capital.

Key words: agricultural practices; Burkina Faso; cotton; fertility; yield.

Subjects: soils; vegetal productions.

La culture cotonnière s'est révélée au fil du temps comme un véritable moyen de lutte contre la pauvreté et d'amélioration des conditions d'existence des populations rurales d'Afrique de l'Ouest (Mbetid-Bessane *et al.*, 2010). Au Burkina Faso, elle représente 60 % en valeur des produits exportés et fait vivre environ 3 millions de personnes (IPE, 2011). Malgré la place socio-économique qu'elle occupe, la filière cotonnière est confrontée à des problèmes de production dus en partie à des pratiques culturales suboptimales et à la détérioration de la fertilité des sols cultivés. De fait, sous l'effet d'une agriculture minière suscitée par une faible utilisation d'engrais minéraux trop onéreux pour les producteurs et par les phénomènes d'érosion, les sols des zones cotonnières perdent beaucoup de nutriments et sont moins productifs (Traoré *et al.*, 2007 ; Autfray *et al.*, 2012). Par ailleurs, dans la zone Centre les ressources naturelles sont soumises à une forte pression anthropique (Zougmore *et al.*, 2006) et l'état de dégradation des sols est très avancé. En zone Ouest, les sols sont relativement fertiles mais ils sont soumis à une forte pression foncière consécutive à un important flux migratoire des populations du Nord et du Centre du pays. Durant la dernière décennie, les recherches menées surtout en zone cotonnière Ouest ont été axées sur les

carences minérales, les bilans de nutriments, l'acidification des sols cultivés, les enquêtes socio-économiques sur la motorisation (Koulibaly, 2010) et la formulation de fumures adaptées du cotonnier en milieu contrôlé (Alvarez, 2005). En revanche, nous n'avons pas connaissance d'études sur les impacts des pratiques paysannes de gestion des terres dans les zones cotonnières du Burkina Faso. L'objectif de cette étude est d'identifier pour deux zones cotonnières les pratiques actuelles de gestion des sols et d'évaluer leurs effets sur les propriétés chimiques des sols et les rendements des cultures de cotonnier. Une telle investigation a pour avantage d'identifier, en dialogue avec les paysans, de bonnes pratiques régionalisées susceptibles de contribuer à une gestion durable des sols cultivés, et à une augmentation et à une stabilisation de la production cotonnière au Burkina Faso.

Matériel et méthode

Choix des sites de l'étude

L'étude a été conduite en milieu paysan dans les zones où interviennent les sociétés cotonnières FASO COTON au centre et SOFITEX (Société burkinabè des fibres textiles) à l'Ouest (*figure 1*).

La zone FASO COTON est dominée par un climat de type subsahélien à nord-soudanien. Elle est située entre les isohyètes 400 mm et 1 000 mm. Les sols sont généralement peu profonds et peu fertiles, de types ferrugineux tropicaux, à fort taux de ruissellement et érodibles dans sa partie Nord et Centre. Ceux du Sud sont assez fertiles, de types peu évolués d'érosion et vertisols (Bunazol, 1985).

La zone SOFITEX (9° 30' Sud - 14° 00' Nord), est située entre les isohyètes 900 et 1 100 mm. Les sols rouges faiblement ferrallitiques y sont majoritaires. Ils sont pour la plupart aptes à la culture cotonnière avec une faible pression foncière.

Treize villages ont été sélectionnés de manière concertée avec les responsables des sociétés cotonnières intervenant dans ces deux zones. Ce choix s'est fait suivant le gradient Nord-Sud de chaque agrosystème cotonnier. Ces villages sont représentatifs de la diversité climatique et pédologique du Centre et de l'Ouest du Burkina Faso.

Matériel végétal

Les cultures de cotonnier étudiées sont des variétés K 37 et STAM 89 A, vulgarisées et cultivées respectivement dans les zones Ouest et Centre du Burkina Faso.

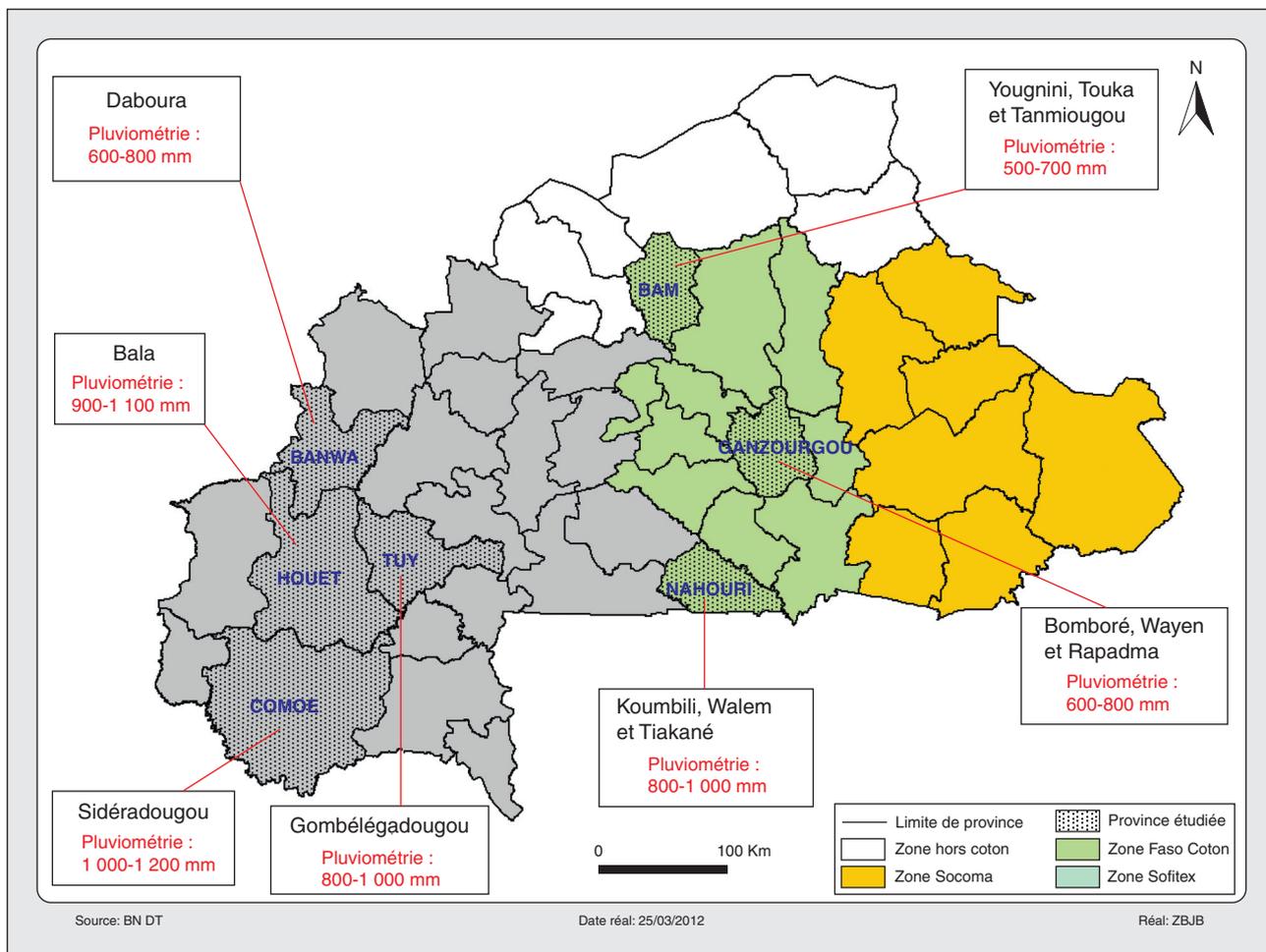


Figure 1. Présentation des sites d'étude.

Figure 1. Presentation of the studied sites.

Amendements et engrais

Les composts échantillonnés dans les exploitations cotonnières sont composés essentiellement de tiges de coton broyées et de résidus de céréales coupés mélangés aux déjections des bœufs. Les caractéristiques chimiques moyennes de ces composts sont consignées dans le *tableau 1*.

Les engrais couramment appliqués sont l'engrais minéral NPKSB (14-23-14-6S-1B) et l'urée (46 % N).

Collecte des données agropédologiques et enquêtes

Mesures des paramètres agronomiques et pédologiques

Au total, 90 champs, soit 45 pour chaque zone cotonnière (Centre et

Ouest), ont été choisis de façon concertée et participative avec les responsables des deux zones cotonnières et des producteurs. Ensuite, dans chaque village les champs ont été sélectionnés afin de couvrir la variabilité géographique du village. Les champs ont été choisis selon un gradient d'âge – 0-5 ; 5-10 ; ≥ 10 ans – et de pratiques actuelles de gestion de la fertilité des sols (fertilisation ; travail du sol ; mesures de conservation des eaux et des sols, et successions culturales). Les champs ont été sélectionnés de façon randomisée parmi les champs de cotonniers sur chaque exploitation. La superficie moyenne des champs de cotonniers suivis était de 1 hectare. Cinq placettes de 9 m² ont été placées de façon randomisée dans chaque champ où la plupart des mesures agropédologiques ont été effectuées.

Les *mesures agronomiques* ont concerné la hauteur des plants, et le rendement en coton-graine. Des échantillons de sols ont été prélevés sur la profondeur de 0-20 cm à l'aide d'une tarière en cinq points sur chacune des cinq placettes de chaque champ pour des analyses *de paramètres physico-chimiques*. Les échantillons de chaque placette ont été mélangés pour constituer un échantillon moyen par placette. Puis, les échantillons des cinq placettes ont été mélangés pour obtenir un échantillon représentatif par champ. Les analyses ont porté sur le pH, le carbone total, l'azote total, les phosphores total et assimilable et le potassium total qui ont été déterminés selon les mesures classiques, respectivement : la mesure potentiométrique ; la méthode Walkley-Black (1934) ; la colorimétrie automatique

Tableau 1. Caractéristiques chimiques des composts paysans.

Table 1. Chemical characteristics of farming compost.

Région	pH	C	N	P	K
		g/kg		mg/kg	
Ouest	7,4	388,5	13,2	3 100	13 500
Centre	7,7	408,5	15,3	4 890	11 380

au Skalar SANplus Segmented flow analyzer (Model4000-02, Breda, The Netherlands) ; la photométrie à flamme (Jencons PFP 7, Jenway LTD, Felsted, England) ; et selon la méthode BRAY I (Bray et Kurtz, 1945).

Enquêtes

Des interviews semi-structurées ont été réalisées pour la caractérisation des pratiques paysannes de gestion de la fertilité des sols. Elles ont concerné

135 producteurs au Centre et 180 producteurs à l'Ouest, répartis respectivement dans 9 et 4 villages.

Analyses des données

Les données agropédologiques collectées ont été soumises à une analyse de variance (Anova) à l'aide du logiciel GENSTAT, 9^e édition. Le test de Student-Newman Keuls au seuil de 5 % a été utilisé pour la comparaison des moyennes lorsque l'analyse de

variance révèle des différences significatives. Pour les données d'enquêtes, le logiciel Sphinx a servi au calcul des moyennes.

Résultats

Pratiques de gestion de la fertilité des sols dans les zones Centre et Ouest du Burkina

On observe une grande diversité de pratiques agricoles dans les agrosystèmes Centre et Ouest du Burkina (*tableau 2*). Ces pratiques comprennent les modes de fertilisation, les mesures conservatoires des sols, le travail du sol et les successions culturales.

Régimes de fertilisation en zones cotonnières du Burkina Faso

Sept stratégies de fertilisation ont été identifiées dans la zone Centre contre 6 dans celle de l'Ouest (*tableau 2*). La quasi-totalité des régimes de fertilisation utilise exclusivement des engrais

Tableau 2. Pratiques agricoles en zones cotonnières du Burkina Faso.

Table 2. Agricultural practices in cotton zones of Burkina Faso.

Modes de gestion de la fertilité des sols	Centre (FASOCOTON)	Ouest (SOFITEX)
Fumures minérales et organo-minérales	D.r. = 150 kg NPK + 50 kg urée R1 = 40 kg NPK R2 = 50 kg NPK + 40 kg urée R3 = 100 kg NPK + 60 kg urée R4 = 1,25 t fo + 25 kg NPK R5 = 2,5 t fo + 100 kg NPK + 40 kg urée R6 = 3 t fo + 175 kg NPK + 60 kg urée	D.r. = 150 kg NPK + 50 kg urée R1 = 100 kg NPK R2 = 90 kg NPK + 40 kg urée R3 = 125 kg NPK + 40 kg urée R4 = 0,75 t fo + 125 kg NPK + 50 kg urée R5 = 5 t fo + 150 kg NPK + 50 kg urée
Mesures conservatoires antiérosives	Cordons pierreux Bandes enherbées Zai Demi-lune Agroforesteries	Bandes enherbées Cordons pierreux Agroforesteries
Type de travail du sol	Manuel Attelé Motorisé Semis direct	Manuel Attelé Motorisé Semis direct
Successions culturales	Coton-maïs Coton-sorgho Coton-maïs-sorgho/mil	Coton-maïs Coton-maïs-niébé/arachide Coton-maïs-sorgho

D.r. = dose recommandée ; fo : fumure organique ; Ri = régimes de fertilisation identifiés (ce sont des moyennes de différentes classes de champs issus d'une méthode d'analyse "Functions for Classification" qui a permis d'obtenir des classes de champs homogènes exprimées par les moyennes représentées ci-dessus).

minéraux. Seuls trois régimes de fertilisation associent la matière organique et les engrais en zone du Centre et deux en zone de l'Ouest. D'une manière générale les doses d'engrais appliquées par les producteurs sur le cotonnier sont inférieures aux doses conseillées par les sociétés cotonnières qui sont de 150 kg/ha de NPK et de 50 kg/ha d'urée et à celle de la matière organique recommandée par la recherche, correspondant à un apport bisannuel de 5 t/ha.

L'analyse de variance des quantités de matière organique et d'urée apportées par zone (tableau 3) n'a pas montré de différence significative entre les zones Centre et Ouest qui sont respectivement de 0,71 et 0,53 t/ha pour la matière organique ; 38 et 47 kg/ha pour l'urée. Quant à la quantité de NPK apportée, l'analyse de variance a révélé une différence significative entre les régions Centre et Ouest respectivement 97 et 124 kg/ha.

Adoption des techniques de mesures conservatoires des eaux et des sols (CES) en zones cotonnières du Burkina Faso

Les mesures conservatoires des eaux et des sols (figure 2) sont plus fréquentes dans la zone Centre (85 % d'adoptants) que dans la zone Ouest (25 %). Parmi les mesures conservatoires des sols, les pratiques des cordons pierreux et le zaï sont les plus répandues dans la zone Centre (57 et 23 % d'adoptants). Les bandes enherbées (67 %) et les autres pratiques comme l'agroforesterie, les haies vives (21 %) sont plus pratiquées par les paysans de l'Ouest. On note que les mesures conservatoires des eaux et des sols qui impliquent un travail du sol (zaï, demi-lune) sont pratiquées dans la zone Centre.

Régimes de travail du sol en zones cotonnières du Burkina Faso

Les régimes de travail du sol en zones cotonnières sont le houage manuel, le labour attelé et le labour mécanisé (figure 3). La pratique du houage manuel est marginale : respectivement 7 % pour la zone Centre et 11 % pour la zone Ouest. Au Centre, le labour en traction animale est le plus pratiqué (52 %) par les paysans, alors qu'à l'Ouest c'est la culture motorisée qui est la plus utilisée (47 %).

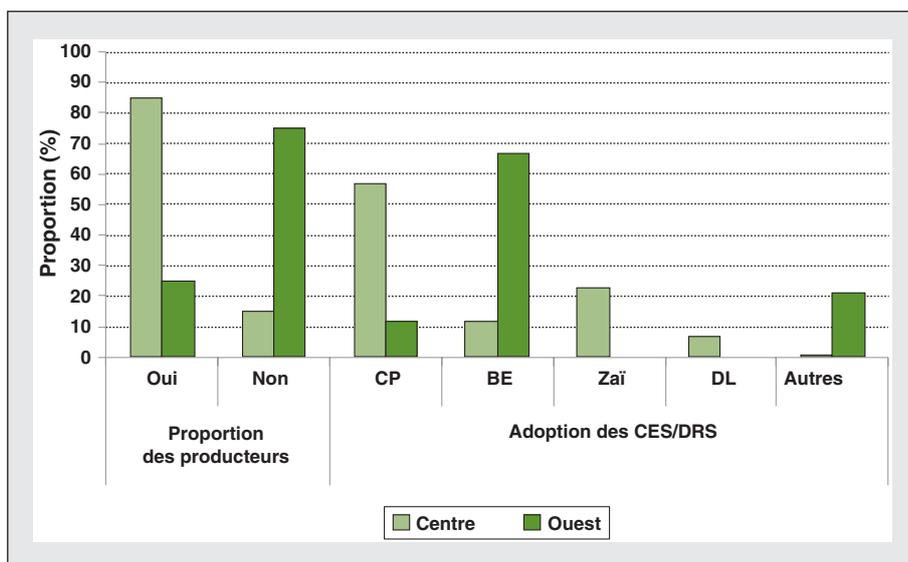


Figure 2. Taux d'adoption des mesures conservatoires des sols dans le Centre et l'Ouest du Burkina Faso.

Figure 2. Adoption rate of soil conservation measures in the centre and west of Burkina Faso.

CP = cordons pierreux ; BE = bandes enherbées ; DL = demi-lune ; Autres = haies vives ; CES/DRS : conservation des eaux et des sols/défense, restauration des sols.

Successions culturales en zones cotonnières Centre et Ouest du Burkina Faso

Le tableau 4 indique les différentes successions culturales à base de cotonnier. Deux types de rotations sont prédominants dans les deux zones cotonnières : les rotations biennales coton-sorgho au Centre et coton-maïs à l'Ouest. Celles-ci sont pratiquées par 59 % des paysans au Centre et 63 % à l'Ouest. À l'Ouest, on note une rotation triennale incluant une légumineuse (soit le niébé soit l'arachide). Elle est pratiquée par seulement 11 % des paysans.

Incidences des pratiques de gestion de la fertilité sur la croissance et le rendement du cotonnier

Effet des régimes de fertilisation sur la production de coton

Les différentes pratiques identifiées en zone Centre n'induisent pas de différences significatives pour le rendement et la hauteur du cotonnier entre régimes de fertilisation avec le test de Student-Newman Keuls au seuil de 5 % (figure 4). Cependant, les rendements obtenus avec les modes de fertilisation

Tableau 3. Doses des différents fertilisants utilisés sur le cotonnier au Burkina Faso.

Table 3. Doses of different fertilizers used on cotton in Burkina Faso.

Zone	Matière organique			Engrais	
	Oui	Non	Quantité	NPK	urée
	%			kg/ha	
Centre	27	73	0,71	97,44	37,82
Ouest	26	74	0,53	123,70	46,88
Valeur de p Anova			0,46	0,018	0,067

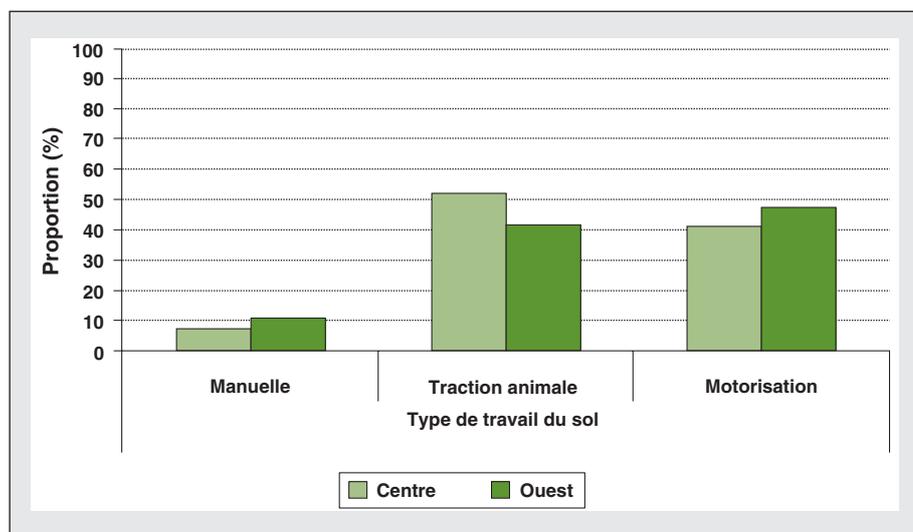


Figure 3. Types de travail du sol pratiqués en zones cotonnières Centre et Ouest du Burkina Faso.

Figure 3. Different types of tillage practiced in central and western cotton zones of Burkina Faso.

associant engrais minéral et matière organique (2,5 t fo + 100 kg NPK + 40 kg urée ; 3 t fo + 175 kg NPK + 60 kg urée) sont supérieurs à ceux qui sont obtenus avec la fumure minérale recommandée (150 kg NPK + 50 kg urée), soit respectivement 1 641, 1 876, et 1 413 kg/ha.

Dans la région Ouest (tableau 5), les pratiques de fertilisation ont un effet significatif sur la croissance et le rendement du cotonnier. Les fumures

organo-minérales (0,75 t fo + 125 kg NPK + 50 kg urée ; 5 t fo + 150 kg NPK + 50 kg urée) et la fumure minérale recommandée ont induit les rendements les plus élevés, soit respectivement 1 914, 2 447, et 2 031 kg/ha.

Effet de l'âge des champs sur la production du coton

Le tableau 6 présente l'effet de la durée de culture continue des champs sur la croissance et le rendement en

coton-graine du cotonnier. Sur la croissance du cotonnier, la durée de culture n'a pas induit de différence significative, quel que soit l'agrosystème. En zone Centre, les rendements sont en revanche significativement différents. Ils sont plus élevés dans les champs jeunes et moyennement jeunes (1 619 et 1 189 kg/ha). En zone Ouest, on n'observe pas de différences significatives entre les rendements. Les moyennes révèlent que les champs âgés de plus de 5 ans ont les rendements en coton-graine les plus élevés, soit 2 102 et 2 046 kg/ha respectivement pour les champs cultivés depuis 5-10 ans et plus de 10 ans.

Effet des pratiques sur les caractéristiques physico-chimiques du sol

Effet des régimes de fertilisation sur le sol dans les zones cotonnières Centre et Ouest du Burkina Faso

Les tableaux 7 et 8 présentent l'effet des modes de fertilisation sur le sol respectivement dans les zones cotonnières Centre et Ouest. D'une manière générale, les sols ayant reçu la fumure minérale vulgarisée et les fumures organo-minérales ont des teneurs relativement élevées en

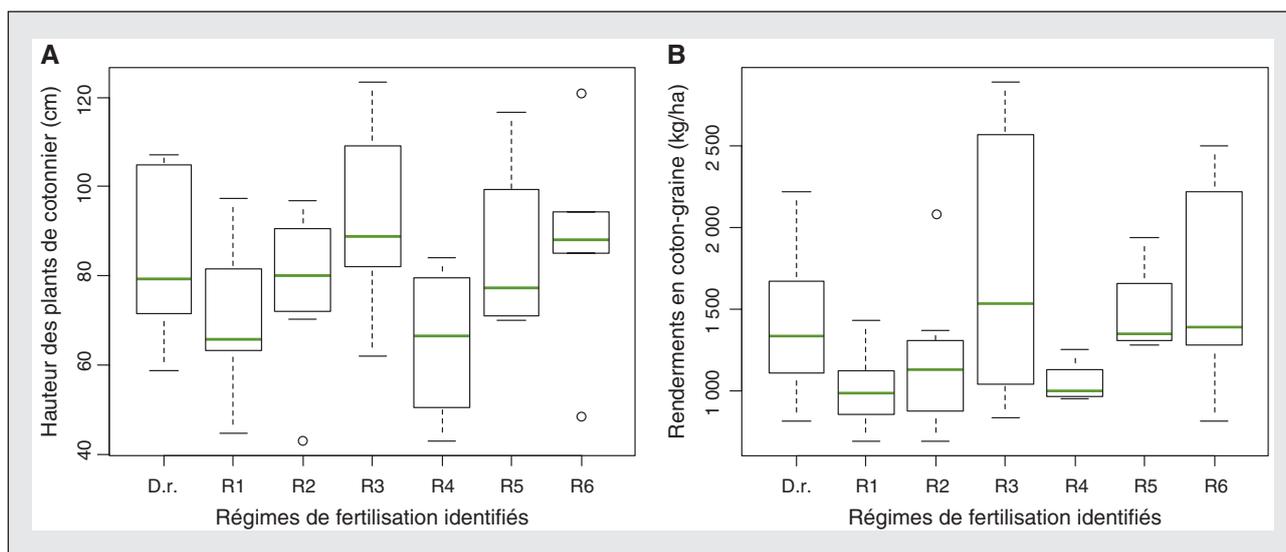


Figure 4. Influence des régimes de fertilisation sur la croissance (A) et le rendement (B) du cotonnier dans le Centre du Burkina Faso.

Figure 4. Influence of fertilization regimes on the growth (A) and the yield (B) of cotton in Central Burkina Faso.

D.r. (dose recommandée) = 150 kg NPK + 50 kg urée ; Ri = régimes de fertilisation identifiés, soit : R1 = 40 kg NPK ; R2 = 50 kg NPK + 40 kg urée ; R3 = 100 kg NPK + 60 kg urée ; R4 = 1,25 t fo (fumure organique) + 25 kg NPK ; R5 = 2,5 t fo + 100 kg NPK + 40 kg urée ; R6 = 3 t fo + 175 kg NPK + 60 kg urée.

Tableau 4. Successions culturales en zones cotonnières du Burkina Faso.

Table 4. Cropping successions in cotton zones of Burkina Faso.

Zones cotonnières	Successions culturales	Proportion (%)
Centre	Coton-sorgho	59
	Coton-maïs	25
	Coton-sorgho-maïs	16
Ouest	Coton-maïs-sorgho/mil	26
	Coton-maïs	63
	Coton-maïs-niébé/arachide	11

matière organique (> 1 %), en azote (> 0,6 g/kg), et en phosphore total (> 200 g/kg). Celles-ci ont été comparées, d'une part, à la teneur des sols issus des autres régimes de fertilisation, et, d'autre part, aux normes du Bunasols (1985).

Effet de l'âge d'exploitation des champs sur les caractéristiques chimiques du sol

Les teneurs en éléments nutritifs (azote, phosphore assimilable) des sols dans les agrosystèmes cotonniers Centre et Ouest du Burkina Faso sont relative-

ment faibles (tableau 9). Hormis la matière organique et le potassium qui présentent des teneurs élevées, les teneurs en azote et phosphore sont faibles. On note que les champs les plus récents, dont l'âge est compris entre 0 et 10 ans, présentent les teneurs les plus élevées en éléments nutritifs dans la région Centre. En revanche, à l'Ouest ce sont dans les champs relativement vieux (> 5 ans) qu'on enregistre les teneurs les plus élevées.

Discussion

Pratiques actuelles de gestion de la fertilité des sols en zones cotonnières Centre et Ouest du Burkina

Les producteurs des zones Centre et Ouest du Burkina mettent en œuvre

Tableau 5. Influence des régimes de fertilisation sur la croissance (a) et le rendement (b) du cotonnier à l'Ouest du Burkina Faso.

Table 5. Effects of fertilization regimes on the growth (a) and the yield (b) of cotton in western Burkina Faso.

Régimes de fertilisation	Hauteur (cm)	Rendements en coton-graine (kg/ha)
D.r. = 150 kg NPK + 50 kg urée	92,8 ± 1,1 ab	2 030,8 ± 164,8 b
R1 = 100 kg NPK	91,9 ± 1,8 ab	619,3 ± 246,3a
R2 = 90 kg NPK + 40 kg urée	84,4 ± 9,6 a	1 435,9 ± 330,9 ab
R3 = 125 kg NPK + 40 kg urée	94,4 ± 0,6 ab	1 914,3 ± 148,3 ab
R4 = 0,75 t fo + 125 kg NPK + 50 kg urée	114,5 ± 10,3 b	2 847,4 ± 182,4 b
R5 = 5 t fo + 150 kg NPK + 50 kg urée	100,7 ± 6,9 b	1 528,5 ± 238,2 ab
Valeur de p Anova	0,022	0,015
Test de Student-Newman-Keuls (5 %)	S	S

D.r. = dose recommandée ; Ri = régimes de fertilisation identifiés ; fo : fumure organique ; S : significatif.

Tableau 6. Effet de la durée d'exploitation des champs sur la croissance et le rendement du cotonnier.

Table 6. Effect of land use on the growth and the yield of cotton.

Âge des champs (année)	Agrosystème Centre		Agrosystème Ouest	
	Hauteur des plants (cm)	Rendement coton (kg/ha)	Hauteur des plants (cm)	Rendement coton (kg/ha)
0-5	80 ± 1,5 ^a	1 619 ± 225 ^{ab}	92 ± 0,7 ^a	1 717 ± 147 ^a
5-10	93 ± 12,2 ^a	1 789 ± 397 ^a	65 ± 26 ^a	2 102 ± 239 ^a
≥ 10	76 ± 4,8 ^a	1 141 ± 251 ^b	96 ± 4,3 ^a	2 046 ± 183 ^a
Valeur de p Anova	0,088	0,014	0,088	0,253
Test de Student-Newman-Keuls (5 %)	NS	S	NS	NS

NS : non significatif.

Tableau 7. Effet sur le sol des régimes de fertilisation identifiés en zone Centre.

Table 7. Effect of fertilization regimes identified on soils in the central zone.

Régimes de fertilisation identifiés	Nt g/kg	Pass	Pt mg/kg	K	C/N	MO (%)	pH KCl
D.r. = 150 kg NPK + 50 kg urée	0,6 ± 0,1	5,3 ± 0,6	153,8 ± 9,8 bc	757,8 ± 18,8	16,3 ± 0,1	1,6 ± 0,1 bc	5,4 ± 0,2
R1 = 40 kg NPK	0,5 ± 0,1	2,9 ± 1,8	164,4 ± 38,4 ab	504,7 ± 37,7	13,5 ± 1,8	1,0 ± 0,5 cd	4,7 ± 0,1
R2 = 50 kg NPK + 40 kg urée	0,4 ± 0,2	1,9 ± 0,8	198,7 ± 4,7ab	683,7 ± 55,7	13,1 ± 2,2	1,1 ± 0,3cd	4,6 ± 0,5
R3 = 100 kg NPK + 60 kg urée	0,4 ± 0,1	6,0 ± 1,3	186,8 ± 16,8 ab	497,4 ± 142,4	16,4 ± 1,1	1,2 ± 0,2 cd	5,5 ± 0,4
R4 = 1,25 t fo + 25 kg NPK	0,5 ± 0,1	4,0 ± 0,7	157,4 ± 45,4 ab	594,3 ± 45,3	12,9 ± 2,4	1,4 ± 0,1bc	5,4 ± 0,2
R5 = 2,5 t fo + 100 kg NPK + 40 kg urée	0,6 ± 0,2	5,7 ± 1,1	224,3 ± 22,3 ab	942,8 ± 103,81	16,5 ± 1,2	1,6 ± 0,1	5,4 ± 0,3
R6 = 3 t fo + 175 kg NPK + 60 kg urée	0,7 ± 0,2	7,2 ± 2,5	319,7 ± 1,7 a	1 155,4 ± 116,4	16,3 ± 0,9	2,0 ± 0,6 ab	5,7 ± 0,1
Valeur de p Anova	0,135	0,135	0,059	0,842	0,237	0,032	< 0,001

Nt = azote total ; Pass = phosphore assimilable ; Pt = phosphore total ; MO = matière organique ; D.r. = dose recommandée ; Ri = régimes de fertilisation identifiés ; fo : fumure organique.

Tableau 8. Effet sur le sol des régimes de fertilisation identifiés en zone Ouest.

Table 8. Effect on soils of fertilization regimes identified in the western zone.

Régimes de fertilisation identifiés	Nt g/kg	Pass	Pt mg/kg	K	C/N	MO (%)	pHKCl
D.r. = 150 kg NPK + 50 kg urée	0,7 ± 0,2	11,5 ± 1,4	173,9 ± 9,2	1 160,7 ± 117,4	15,4 ± 0,2	1,92 ± 0,41	5,7 ± 0,2
R1 = 100 kg NPK	0,4 ± 0,2	4,7 ± 5,5	91,2 ± 10,2	614,2 ± 129,2	15,3 ± 0,1	0,94 ± 0,57	5,6 ± 0,2
R2 = 90 kg NPK + 40 kg urée	0,4 ± 0,2	8,3 ± 1,9	164,2 ± 28,2	534,9 ± 109,9	14,2 ± 1,1	1,04 ± 0,49	5,1 ± 0,3
R3 = 125 kg NPK + 40 kg urée	0,5 ± 0,1	7,7 ± 2,5	144,3 ± 47,3	330,2 ± 113,2	16,0 ± 0,7	1,49 ± 0,023	5,2 ± 0,2
R4 = 0,75 t fo + 125 kg NPK + 50 kg urée	0,6 ± 0,1	13,7 ± 3,5	293,4 ± 13,4	1 041,3 ± 98,3	15,9 ± 0,7	1,95 ± 0,44	5,7 ± 0,3
R5 = 5 t fo + 150 kg NPK + 50 kg urée	0,8 ± 0,2	13,6 ± 3,5	213,7 ± 22,7	1 880,4 ± 138,4	17,4 ± 2,2	2,01 ± 0,51	5,5 ± 0,1
Valeur de p Anova	0,15	0,623	0,722	0,14	0,833	0,333	0,59

Nt = azote total ; Pass = phosphore assimilable ; Pt = phosphore total ; MO = matière organique ; D.r. = dose recommandée ; Ri = régimes de fertilisation identifiés ; fo : fumure organique.

Tableau 9. Effet de la durée d'exploitation des champs sur les caractéristiques chimiques des sols.

Table 9. Effect of land use duration on soil chemical characteristics.

Zone	Âge des champs	Nt	Pass	Pt	K	C/N	MO (%)	pH Kcl
		g/kg		mg/kg				
Centre	0-5 ans	0,65 ± 0,11	6,3 ± 1,7	172,7 ± 29,7	653,7 ± 93,7	16,7 ± 1,29 ab	1,8 ± 0,4 a	5,7 ± 0,5
	5-10 ans	0,54 ± 0,03	5,5 ± 0,9	177,3 ± 24,7	341,7 ± 22,7	18,3 ± 2,95 bc	1,7 ± 0,2 ab	5,5 ± 0,4
	> 10 ans	0,51 ± 0,03	3,9 ± 0,7	216,25 ± 15,20	886,3 ± 13,1	14,2 ± 1,18 a	1,2 ± 0,2 bc	4,9 ± 0,2
	Valeur de ρ Anova	0,22	0,343	0,529	0,26	0,007	0,015	0,001
Ouest	0-5 ans	0,4 ± 0,16	8,3 ± 1,9	118,7 ± 7,7	457,7 ± 86,7	16,4 ± 1,2	1,2 ± 0,3	5,3 ± 0,2
	5-10 ans	0,8 ± 0,3	18,2 ± 8,1	376,3 ± 8,5	1 517,3 ± 174,3	18,4 ± 3,13	2,6 ± 1,1	5,9 ± 0,4
	> 10 ans	0,6 ± 0,1	9,5 ± 0,6	189,1 ± 2,2	1 041,7 ± 99,17	14,2 ± 1,1	1,5 ± 0,1	5,4 ± 0,02
	Valeur de ρ Anova	0,111	0,102	0,042	0,171	0,056	0,087	0,042

Nt = azote total ; Pass = phosphore assimilable ; Pt = phosphore total ; MO = matière organique.

une large palette de pratiques agricoles pour la gestion de la fertilité de leurs champs. Des études antérieures réalisées dans la zone Nord du Burkina mentionnent également ce comportement adaptatif (Zougmore *et al.*, 2006). Cette diversité serait imputable aux conditions socio-économiques et aux savoir-faire des paysans qui ajustent les différents modes de gestion des terres agricoles aux conditions locales.

Effet des régimes de fertilisation sur les cultures de cotonnier et sur le sol

Deux modes de fertilisation coexistent dans les régions Centre et Ouest du Burkina Faso : la fertilisation exclusivement minérale et la fertilisation organo-minérale. D'une manière générale, les doses d'engrais et de matière organique sont inférieures à celles que recommandent la recherche et les sociétés cotonnières. L'utilisation de la matière organique reste peu répandue (26 % des coton-culteurs) malgré le rôle fondamental de celle-ci pour assurer aux cultures une fourniture optimale en nutriments et oligo-éléments. Cela peut être dû à la difficulté d'approvisionnement en résidus culturels et à un manque de cheptel pour fournir les fèces nécessaires pour leur compostage. En effet, l'agriculture n'est pas systématiquement associée à l'élevage (Vall *et al.*, 2010 ; Autfray *et al.*, 2012). Il s'agit d'activités distinctes qui peuvent être pratiquées par des acteurs

différents, surtout en région Centre. Pour les engrais, leur utilisation demeure limitée pour plusieurs raisons résumées par Tschirley *et al.* (2009). Dans l'agriculture des pays d'Afrique subsaharienne comme le Burkina Faso, les engrais minéraux sont peu utilisés par les paysans surtout à cause de leurs coûts élevés et de leur disponibilité irrégulière. L'utilisation des engrais est surtout limitée aux cultures de rente et aux cultures irriguées. Pour être durable, l'intensification agricole doit procéder à une fertilisation combinant les engrais minéraux à la fumure organique. En particulier, l'intensification s'accompagne dans presque tous les cas d'une intégration poussée de l'agriculture et de l'élevage (Dugué *et al.*, 2004). Ces régimes de fertilisation inférieurs aux doses conseillées risquent à long terme d'hypothéquer la durabilité du capital productif. C'est ce qui explique les diminutions de rendements observées de l'ordre de 20 à 40 % dans la zone du Centre et de 35 à 90 % dans celle de l'Ouest quand les apports de fertilisation minérale sont en deçà des doses recommandées. Avec les fumures organo-minérales, en revanche, on note une augmentation des rendements en coton-graine de 14 à 25 % ou de 6 à 33 % respectivement au Centre et à l'Ouest.

De même, sur les sols, le régime de fertilisation minérale faible a entraîné une baisse des teneurs en éléments nutritifs du sol comparée à celui de la dose recommandée. Les doses appliquées ne couvrent pas les besoins

nutritionnels du cotonnier. Les plantes sont obligées de combler leur besoin nutritionnel en puisant les nutriments des stocks du sol. C'est avec les fumures organo-minérales que les teneurs en nutriments du sol sont les plus élevées. Pour Bationo *et al.* (2002), comme pour Sawadogo *et al.* (2008), la fumure minérale est indispensable mais n'est pas suffisante pour une production durable. Elle peut à long terme entraîner une diminution des teneurs en éléments nutritifs du sol, la diminution des teneurs en matière organique (Samaké *et al.*, 2005 ; Mando *et al.*, 2005), une acidification des sols et des risques de toxicité aluminique pour les cultures sensibles (Vanlauwe *et al.*, 2001). Cependant, quand des engrais minéraux sont combinés avec des amendements organiques, le risque d'acidification du sol est amoindri et on peut obtenir des systèmes de production offrant de bons rendements et durables (Zhang *et al.*, 2008).

Mesures conservatoires des eaux et des sols en zones cotonnières du Burkina

Avec l'évolution des systèmes agraires, les producteurs adoptent de plus en plus les techniques de conservation des eaux et des sols pour s'adapter aux phénomènes de changement climatique et à la dégradation des terres. Le niveau d'adoption de ces pratiques varie suivant la zone. Il semble lié au

potentiel des sols et au climat de chaque zone. En effet dans la zone Centre où la dégradation des ressources naturelles est perceptible, les producteurs appliquent plus les mesures conservatoires des eaux et des sols (85 %) comparativement à la zone Ouest (15 %) où la pluviosité est plus favorable. Si la pratique des cordons pierreux par les producteurs est très répandue au Centre (67 %), à l'Ouest ce sont les bandes enherbées qui sont les plus répandues (74 %). Pour Barro *et al.* (2009), les superficies de sols dégradés dans les zones Centre et Nord du Burkina Faso représentent plus de 24 % de la surface agricole totale. Ce phénomène contribue à diminuer les surfaces agricoles utiles et le niveau de la production, d'où la nécessité de pratiquer les techniques de conservation des eaux et des sols telles que les cordons pierreux, les bandes enherbées pour améliorer le bilan hydrique des cultures, ou encore le zaï pour accroître la fertilité des sols très dégradés.

Successions culturales en zones cotonnières du Burkina

Les successions culturales constituent des stratégies de lutte contre l'infestation parasitaire et les adventices et surtout une stratégie de gestion de la fertilité des champs. Le maïs et le sorgho sont utilisés dans les rotations à base de cotonnier parce qu'ils constituent la base de la ration alimentaire dans la zone Ouest. Au Centre, ce sont plutôt le sorgho et le mil qui sont les principales cultures vivrières destinées à la consommation familiale. Leur intégration dans la rotation, où ces céréales succèdent généralement au cotonnier, leur permet de bénéficier des arrières-effets de la fumure apportée sur la culture de rente. À l'Ouest, l'arachide et le niébé trouvent place occasionnellement dans la rotation, ou en association dans les systèmes de culture céréalières. Ces légumineuses fixatrices intègrent une part d'azote atmosphérique dans le système. En effet, les racines des légumineuses restant au sol après récolte sont riches en azote et contribuent à enrichir le sol en cet élément (Bationo *et al.*, 2002). L'intégration des légumineuses dans les systèmes de produc-

tion à base de cotonnier reste cependant à promouvoir. Outre leur rôle de fertilisant, les légumineuses comme le niébé et l'arachide peuvent procurer des revenus complémentaires aux exploitants aussi bien par la vente des graines que par celle des fanes, en particulier en situations périurbaines.

Incidence de l'âge des champs sur les cotonniers et sur le sol

La durée de culture des champs a un effet sur les rendements en coton-graine. Au Centre, les champs relativement jeunes (0-5 ; 5-10 ans après mise en culture) fournissent les rendements les plus élevés. À l'Ouest, ce sont les champs âgés de plus de 5 ans qui ont une bonne productivité. L'analyse des caractéristiques chimiques du sol montre les mêmes tendances. Les faibles teneurs en éléments nutritifs des sols sont observées dans les vieux champs au Centre et les champs jeunes à l'Ouest. Ces résultats sont imputables d'une part aux conditions pédoclimatiques et d'autre part à la technicité des producteurs.

Les résultats concernant l'adoption des mesures conservatoires des eaux et des sols montrent que dans la zone Centre, la dégradation des ressources naturelles est bien perçue par les exploitants, d'où le fort taux d'adoption de ces mesures (85 %). Ces résultats montrent aussi que le temps optimal d'exploitation des terres dans cette zone est de 10 ans. Au-delà, les sols soumis à une exploitation minière accusent une baisse de fertilité organique entraînant une acidification des sols préjudiciable à la production du cotonnier. En revanche, dans la zone cotonnière Ouest les champs cotonniers, malgré un âge moyen de mise en culture de 25 ans, ne présentent pas d'indicateurs de baisse de la fertilité. Cette différence dans la gestion de la fertilité des champs résulte de la technicité des exploitants. Elle est le fruit de nombreuses années d'apprentissage, et d'accumulation de savoirs empiriques. Si les champs âgés produisent mieux que les champs jeunes, c'est que les exploitants ont su développer des stratégies et des modes de gestion leur permettant de préserver et d'améliorer leur fertilité. Des résultats

similaires ont été obtenus dans le Sud du Mali (Gigou *et al.*, 2004). Pour Djenontin *et al.* (2003) et pour Vall *et al.* (2010) l'évolution des pratiques et des stratégies de gestion de la fertilité des sols témoigne de la capacité des exploitants à résoudre les problèmes de fertilité en s'adaptant à de nouvelles situations climatiques et économiques.

Conclusion

Cette étude a mis en évidence une diversité de pratiques et de stratégies paysannes de gestion de la fertilité des sols, et a permis de saisir les impacts des pratiques agricoles sur les agrosystèmes cotonniers du Centre et de l'Ouest du Burkina Faso. Cette diversité témoigne des changements socio-économiques opérés dans le milieu rural (Havard et Djamen, 2010). Ces changements ont entraîné l'adoption de pratiques diversifiées de culture et de gestion du milieu (sols et eaux), en fonction des atouts pédoclimatiques de chaque agrosystème cotonnier et des savoirs paysans accumulés au fil des années. Les agriculteurs appliquent des fumures organiques et/ou minérales qui sont, dans leur diversité, très souvent inférieures aux doses conseillées pour optimiser la production du coton et préserver le capital productif des terres, excepté dans le cas des apports de fumures organo-minérales bien raisonnées. Ainsi l'application des fumures organo-minérales, accompagnée des travaux du sol et des techniques de conservation du sol adaptées à chaque agrosystème, constitue le germe d'une gestion intégrée de la fertilité des sols (GIFS). ■

Références

- Alvarez R, 2005. A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. *Soil Use and Management* 21 : 38-52.
- Autfray P, Sissoko F, Falconnier G, Ba A, Dugué P, 2012. Usages des résidus de récolte et gestion intégrée de la fertilité des sols dans les systèmes de polyculture élevage : étude de cas au Mali-Sud. *Cahiers Agricultures* 21 : 225-34. doi: 10.1684/agr.2012.0568.
- Barro A, Zougmore R, Sédogo MP, 2009. Évaluation de la faisabilité de trois types de travail du sol : application du modèle Sarra dans le Plateau central au Burkina Faso. *Sécheresse* 20 : 338-45. doi: 10.1684/sec.2009.0202.

- Bationo A, Ntare BR, 2002. Rotation and nitrogen fertilizer effects on pearl millet, cowpea and groundnut yield and soil chemical properties in a sandy soil in the semi-arid tropics, West Africa. *Journal of Agricultural Science* 134 : 277-84.
- Bray RH, Kurtz LT, 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* 59 : 39-45.
- Bunaso, 1985. *État de connaissance de la fertilité des sols du Burkina Faso*. Document technique n° 1. Ouagadougou (Burkina Faso) : Bunaso.
- Djenontin JA, Wennink B, Dagbenongbakin G, Ouinkoun G, 2003. *Pratiques de gestion de fertilité dans les exploitations agricoles du Nord-Bénin*. Actes du colloque, 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun.
- Dugué P, Vall E, Lecomte P, Klein HD, Rollin D, 2004. Évolution des relations entre l'agriculture et l'élevage dans les savanes d'Afrique de l'Ouest et du Centre : Un nouveau cadre d'analyse pour améliorer les modes d'intervention et favoriser les processus d'innovation. *Oléagineux, Corps gras, Lipides* 11 : 268-76.
- Gigou J, Giraudy F, Doucoure CO, Healy S, Traoré K, Guindo O, 2004. L'âge des champs : un indicateur du passage de la culture itinérante à la culture permanente dans le bassin cotonnier du Mali. *Cahiers Agricultures* 13 : 467-73.
- Havard M, Djamen NP, 2010. *Réforme de l'accompagnement des producteurs au Nord-Cameroun : leçons d'un partenariat entre Recherche – Développement – Producteurs*. www.agriculturesnetwork.org/magazines/west-africa.
- IPE/BURKINA, 2011. *Évaluation économique de l'environnement et des ressources naturelles au Burkina Faso : Analyse du secteur coton*. Rapport final, août 2011.
- Koulibaly B, Traoré O, Dakuo D, Zombré PN, Bondé D, 2010. Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso. *Tropicicultura* 28 : 184-9.
- Mando A, Ouattara B, Somado AE, Wopereis MCS, Stroosnijder L, Breman H, 2005. Long-term effects of fallow tillage and manure application on soil organic matter and nitrogen fractions and on sorghum yield under sudano-sahelian conditions. *Soil Use and Management* 21 : 25-31.
- Mbetid-Bessane E, Djondang K, Havard M, Kadekoy TD, 2010. Impacts des changements de politique dans un contexte de crise mondialisée sur les acteurs des filières cotonnières d'Afrique centrale. *Cahiers Agricultures* 19 : 21-7. doi: 10.1684/agr.2009.0339.
- Samaké O, Smaling EMA, Kropff MJ, Stomph TJ, Kodio A, 2005. Effects of cultivation on spatial variation of soil fertility and millet yields in the Sahel of Mali. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 109 : 335-45.
- Sawadogo H, Bock L, Lacroix D, Zombré NP, 2008. Restauration des sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnology Agronomy Society and Environment* 12 : 279-90.
- Traoré O, Koulibaly B, Dakuo D, 2007. Effets comparés de deux formes d'engrais sur les rendements et la nutrition minérale en zone cotonnière au Burkina Faso. *Tropicicultura* 25 : 200-3.
- Tschirley D, Poulton C, Gergely N, Labaste P, Baffes J, Boughton D, *et al.*, 2009. Méthode d'analyse des effets différentiels des réformes sur les filières cotonnières en Afrique. *Cahiers Agricultures* 18 : 385-92. doi: 10.1684/agr.2009.0334.
- Vall E, Blanchard M, Diallo MA, Dongmo AL, Bayala I, 2010. *Savoirs techniques locaux, sources d'innovations ? Production de savoirs actionnables dans une démarche de recherche action en partenariat*. 20-23 avril 2009, Garoua, Cameroun.
- Vanlauwe B, Aihou K, Aman S, Iwuafor ENO, Tossah BK, Diels J, *et al.*, 2001. Maize yield as affected by organic inputs and urea in the West African moist savanna. *Agronomy Journal* 93 : 1191-9.
- Walkley A, Black A, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37 : 29-38.
- Zhang H, Xu M, Zhang F, 2008. Long-term effects of manure application on grain yield under different cropping systems and ecological conditions in China. *The Journal of Agricultural Science* 147 : 31.
- Zougmore R, Nagumo F, Hosikawa A, 2006. Nutrient uptakes and maize productivity as affected by tillage system and cover crops under the subtropical climate at Ishigaki, Okinawa, Japan. *Soil Science & Plant Nutrition* 52 : 509-18.