

Arrières-effets de la fertilisation du cotonnier sur les cultures de rotation et les propriétés du sol au Burkina Faso

Bazoumana KOULIBALY^{1*}, Adama OUATTARA¹, Clézanga Adama TRAORE¹, Mamadou TRAORE², Déhou DAKUO¹ et François LOMPO¹

¹ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Programme Coton et Fibres Textiles,
01 BP 208 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso

² Université Nazi Boni (UNB), Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol et les Systèmes de Production (LERF/SP), BP 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

(Reçu le 10 Septembre 2025 ; Accepté le 29 Octobre 2025)

* Correspondance, courriel : bazoumana@hotmail.com

Résumé

Cette étude a pour objectif d'évaluer les arrières-effets de la fertilisation du cotonnier sur les rendements des cultures en rotation et les propriétés du sol. Dans un dispositif en split-plot, trois types de rotations ont été combinées à trois niveaux de fertilisation du cotonnier en tête des rotations. Les arrières-effets de ces fumures sur les rendements des cultures, les bilans culturaux et les propriétés du sol ont été évalués sur deux campagnes agricoles. Les résultats indiquent que la fertilisation minérale (T2) et organo-minérale (T3) ont significativement amélioré le rendement en coton graine, le nombre de capsules et le poids moyen capsulaire par rapport au témoin sans engrais (T1). Les arrières-effets de ces fertilisations sur les cultures subséquentes (AE1) ont amélioré les rendements du maïs (+3 % et +7 %), du sorgho (+18 % et 20 %) et du niébé (+11 % et +24 %) dans les rotations. Au niveau des parcelles sous les arrière-effets, les bilans culturaux en azote, phosphore et potassium ont été déficitaires et la plupart des caractéristiques physico-chimiques du sol ont baissé surtout sur 0-20 cm, indiquant un appauvrissement du sol. L'étude souligne les limites des arrière-effets et la nécessité d'une fertilisation organo-minérale plus adéquate.

Mots-clés : *fertilisation, rotation cotonnier-céréales-légumineuse, rendements, arrières-effets, fertilité du sol.*

Abstract

Residual effects of cotton fertilization on rotational crops and soil properties in Burkina Faso

The objective of this study is to evaluate the rear-effects of cotton fertilization on the yields of crops in rotation and soil properties. The trial was conducted in a split-plot experimental design including three crop rotations system and three levels of fertilization of cotton grown at the top of each rotation. The rear-effects of these fertilizations on crop yields, nutrients balances, and soil properties were evaluated over two cropping seasons. Results indicate that the application of mineral fertilization (T2) and organo-mineral fertilization (T3) in the first year, significantly improved seed-cotton yields, bolls number, and average boll weight. As for

subsequent crops, the fertilizations rear-effects (AE1) improved yields of maize (+3 % and +7 %), sorghum (+18 % and +20 %) and cowpea (+11 % and +24 %) sown in the rotations. In plots affected by the rear-effects of fertilization, the nutrients balance for nitrogen, phosphorus and potassium were deficient, and the soil main physico-chemical characteristics declined, especially at 0-20 cm depth, indicating a depletion trend. This study highlights the limits of rear-effects and the need for more adequate organo-mineral fertilization.

Keywords : *fertilization, cotton-cereal-legume rotation, yields, rear effects, soil fertility.*

1. Introduction

A l'instar de plusieurs pays d'Afrique sub-saharienne, le secteur agricole du Burkina Faso qui assure 35,3 % du PIB, occupe une place très importante dans l'économie. Les productions agricoles du pays sont basées sur les céréales qui couvrent 4,2 millions d'hectares [1] et sur les cultures de rente, dont la plus importante est le coton [2, 3]. La consommation alimentaire des populations est centrée sur le riz et les céréales sèches (mil, sorgho, maïs surtout) qui sont beaucoup cultivées dans les zones cotonnières [4, 5]. Cependant, les rendements agricoles sont faibles à cause de la pauvreté générale des sols, du bas niveau d'utilisation d'intrants agricoles [6] et des changements climatiques se manifestant par une forte irrégularité de la pluviosité, et l'augmentation des événements pluvieux extrêmes dommageables à la plupart des cultures produites en condition pluviale stricte [7 - 9]. Par ailleurs, la demande alimentaire est de plus en plus focalisée sur les céréales et la question de la sécurité alimentaire se pose encore de nos jours dans plusieurs pays d'Afrique au sub-saharienne [10]. Au Burkina Faso, le taux de couverture céréalier bien que jugé satisfaisant, est déficitaire et il est important d'inverser cette tendance pour permettre à l'agriculture de jouer pleinement son rôle dans le bien-être des populations [11]. La production des céréales y est relativement importante dans les zones cotonnières pour diverses raisons, incluant les arrières-effets des fertilisations du cotonnier [2]. A l'instar du Mali [10], au Burkina Faso, la culture du coton a contribué au développement des cultures vivrières (céréales et légumineuses) et à l'intégration de l'agriculture à l'élevage, par le développement de la culture attelée. En général, les agriculteurs de la zone cotonnière dégagent un excédent céréalier qui dépasse légèrement la norme de consommation de 190 kg par personne et par an de céréales [12]. Au Burkina Faso, la plupart des exploitants agricoles sont confrontées à des contraintes d'accès aux intrants, au faible niveau d'équipement et aux problèmes de financement [11]. Les engrains mis à la disposition des producteurs par les sociétés cotonnières pour le cotonnier, profitent également à d'autres cultures, surtout le maïs [2]. A l'exception du maïs, les autres cultures en rotation avec le cotonnier ne bénéficient souvent pas d'engrais minéraux. Ainsi, des cultures comme le mil et le sorgho sont rarement fertilisés, et leur production reposent sur les arrières-effets des fertilisations du cotonnier ce qui conduit à la dégradation des sols et à de faibles rendements agricoles [13, 14]. La sous-utilisation des engrains serait l'une des principales causes de la baisse des rendements du cotonnier dont l'arrière-effet de la fertilisation bénéficie aux céréales en rotation [4, 15]. Au vu de ce qui précède, une gestion rationnelle de la fertilité des sols dans les zones cotonnières permettrait de renforcer les productions vivrières pour satisfaire l'alimentation des populations [16, 17]. La présente étude vise à évaluer les arrières-effets des fertilisations du cotonnier sur les propriétés du sol et les rendements des cultures dans un système de rotation à base de cotonnier-céréales-légumineuse.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'étude et matériel végétal

L'étude a été conduite pendant trois années (2015 à 2017) à la station de recherches agricoles de Farako-Bâ, sur un sol ferrugineux tropical ou lixisol [18] ($4^{\circ}20$ Longitude W, $11^{\circ}06$ Latitude N, 405 m au-dessus du niveau de la mer). Le climat est du type sud-soudanien, avec une saison pluvieuse allant de mai à octobre, et une saison sèche, de novembre à avril. Les pluviométries enregistrées s'élèvent à 1063,9 mm en 2015, 948 mm en 2016 et 1290 mm en 2017, réparties respectivement sur 65, 67 et 75 jours de pluie. Les caractéristiques du sol, au début de l'expérimentation, indiquent de faibles teneurs en matière organique ($8,40 \pm 0,40$ g kg⁻¹) en azote ($0,41 \pm 0,03$ g kg⁻¹) sur les 0-20 premiers centimètres de profondeur. Ce sol est pauvre en phosphore avec des teneurs en P total ($92,54 \pm 4,79$) et P assimilable ($4,83 \pm 2,09$) faibles et très faibles respectivement. Seules, les teneurs en K total (2081 ± 321 mg kg⁻¹) et K disponible ($67,87 \pm 5,87$ mg kg⁻¹) étaient jugées moyennes. La Somme des bases échangeables (SBE) ($1,77 \pm 0,26$ cmol⁺ kg⁻¹) indique de faibles réserves en bases échangeables ainsi qu'une faible Capacité d'échange cationique (CEC)-($3,22 \pm 0,66$ cmol⁺ kg⁻¹) pour ce sol. Au cours de la présente expérimentation, le matériel végétal utilisé était constitué du maïs (*Zea mays* L.), du sorgho (*Sorghum bicolor* L.) et du niébé (*Vigna unguiculata*) cultivées en rotation avec le cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.). La variété de cotonnier FK37, cultivée en tête de rotation, a un cycle semis-récolte de 150 jours et un rendement potentiel de $3,5$ t ha⁻¹ de coton graine. La variété améliorée de maïs FBC6, d'un cycle semis-maturité de 91 jours, et d'un rendement potentiel de $5,6$ t ha⁻¹ de maïs grain, a été également utilisée. La variété de sorgho Sariasso 01 dont le cycle est de 149 jours et le rendement de 3 t ha⁻¹ de sorgho grain ainsi que la variété de niébé KVX 61-1 qui a un cycle de 70 jours et un rendement de $1,5$ t ha⁻¹ de graine, ont été cultivées.

2-2. Compost et engrais minéraux

Le compost utilisé comme amendement organique, est issu du recyclage des résidus de récolte (tiges de maïs et sorgho) par un compostage en tas. La composition chimique de ce compost présentait des teneurs moyennes en carbone et en azote, respectives, de $490,74 (\pm 27,79)$ et $24,13 (\pm 4,52)$ g kg⁻¹; légèrement acide (pH eau = $6,37 \pm 0,09$) et le rapport C/N de $21,05 (\pm 4,76)$. Les teneurs en phosphore de $3,03 (\pm 1,19)$ g kg⁻¹, en potassium de $4,43 (\pm 1,99)$ g kg⁻¹ et en soufre de $1,09 (\pm 0,25)$ g kg⁻¹, indiquaient une pauvreté du compost en ces éléments. Par ailleurs, la fertilisation minérale des cultures (cotonnier, maïs, sorgho et niébé) a été assurée par l'engrais NPK+S+B de formule 14-18-18+6S+1B, complété par l'urée [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] titrant 46 % d'azote.

2-3. Dispositif expérimental et conduite de l'étude

L'essai a été conduit suivant un dispositif statistique en split-plot, comportant trois systèmes de rotation, combinées à trois niveaux de fertilisation, en trois répétitions. Les rotations cotonnier//maïs//sorgho (R1), cotonnier//sorgho//maïs (R2) et cotonnier//niébé//maïs (R3) ont été étudiées. Comme traitements secondaires, les modes de fertilisation testées étaient : i) le témoin sans engrais (T1), ii) la fumure minérale vulgarisée : 150 kg ha⁻¹ 14-18-18+6S+1B + 50 kg ha⁻¹ d'urée (T2) et iii) 6 t ha⁻¹ de compost/trois ans + fumure minérale vulgarisée (T3). La parcelle élémentaire comportait huit lignes de 20 m de long, écartées l'une de l'autre de $0,80$ m, soit une superficie de 128 m². La parcelle principale d'une superficie de 324 m² était constituée de 24 lignes de 20 m de long. La superficie totale utile de cet essai était de 3456 m². En première année, le sol a été labouré au tracteur à une profondeur moyenne de 25 cm avant d'être hersé. Le compost (6 t ha⁻¹) a été incorporé au sol à une profondeur de 5 à 10 cm par un enfouissement manuel pour le traitement T3. En deuxième et troisième années d'expérimentation, le labour été réalisé par la traction bovine à une profondeur moyenne de 15 cm. Le cotonnier cultivé en tête des trois rotations (R1, R2 et R3) a été démarié à 15 jours après la levée, à deux pieds par poquet, ce qui correspond à une densité théorique de

62 500 plantes à l'hectare. Cette même densité a été retenue pour le maïs, le sorgho et le niébé cultivés en rotation avec le cotonnier. La lutte contre l'enherbement a été assurée par des herbicides de prélevée des cultures et des adventices (800 g ha^{-1} de diuron sur le cotonnier, 1200 g ha^{-1} de pendiméthaline sur le maïs et le sorgho), complétés par des désherbagés mécaniques. La protection phytosanitaire du cotonnier a été assurée par les insecticides vulgarisés en culture cotonnière.

2-4. Évaluation des arrières-effets et de l'efficacité de la fertilisation minérale

Après les fertilisations du cotonnier en première année, les arrières-effets ont été évalués en deuxième et troisième années d'expérimentation selon le plan de fertilisation du **Tableau 1**. Pour cela, chaque parcelle secondaire (8 lignes) a été subdivisée en deux. Une moitié sans aucune fertilisation (AE1 et AE2) pour apprécier les arrières-effets pendant deux années (Témoin négatif) et l'autre moitié est fertilisée par la fumure minérale vulgarisée (FV) (Témoin positif). Comme fumure minérale vulgarisé, 150 kg ha^{-1} 14-18-18+6S+1B + 50 kg ha^{-1} d'urée ont été appliqués sur le maïs et le sorgho, tandis que le niébé a uniquement reçu une dose de 100 kg ha^{-1} de 14-18-18+6S+1B.

Tableau 1 : Schématique des fertilisations des systèmes de rotation durant l'expérimentation

Année 1 (2015)	Année 2 (2016)	Année 3 (2017)
T1. Témoin sans engrais	Sans engrais (AE1)	Sans engrais (AE2)
	FV	FV
T2. FV	Sans engrais (AE1)	Sans engrais (AE2)
	FV	FV
T3. 6 t ha^{-1} + FV	Sans engrais (AE1)	Sans engrais (AE2)
	FV	FV

$FV = 150 \text{ kg ha}^{-1}$ 14-18-18-6-1 à 15 jal + 50 kg ha^{-1} d'urée 40 jal (Fumure minérale vulgarisée); AE1 : Arrière-Effet de 1^{ère} année (sans engrais); AE2 : Arrière-Effet de 2^{ème} année ou arrière-arrière-effet (sans engrais).

2-5. Paramètres mesurés et traitement des données

2-5-1. Situation de référence des paramètres pédologiques et leur évolution

A la mise en place de l'essai, le sol a été prélevé à la tarière sur 0-20 cm de profondeur, en 12 points de sondage, regroupés pour constituer un échantillon composite de sol. Après la récolte en troisième année, les prélèvements de sol (0-20 cm et 20-40 cm) ont été réalisés sur toutes les parcelles élémentaires. Les échantillons de sol prélevés ont été broyés et tamisés à 2 mm, pour la détermination au laboratoire des caractéristiques physico-chimiques du sol en début et en fin d'expérimentation.

2-5-2. Rendements des cultures et bilans culturaux

Les rendements des cultures ont été déterminés à partir de la récolte de deux lignes centrales (16 m^2) de chaque sous-parcelle en fonction des rotations et des fertilisations appliquées. La production de capsules et le poids moyen capsulaire ont été déterminées sur le cotonnier en première année. La détermination des exportations des éléments minéraux par récoltes a été faite après trois années d'expérimentation à partir d'un bilan cultural partiel selon la méthode décrite par [19]. Ce bilan se calcule par la différence entre les éléments minéraux apportés par les fertilisations des traitements d'une part, et d'autre part, les exportations d'éléments minéraux (N, P et K) par les récoltes des cultures pratiquées dans les rotations. Pour chaque élément, le bilan cultural est déficitaire s'il est négatif, et excédentaire lorsqu'il est positif.

2-5-3. Traitement statistique des données

Les données collectées ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA), à l'aide du logiciel XL STAT 2007. Le test de Fisher a été utilisé pour la comparaison des moyennes lorsque l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les traitements, au seuil de probabilité de 5 %.

3. Résultats

3-1. Effets des fertilisations sur le rendement du cotonnier et ses composantes

Sur le cotonnier en tête des trois types de rotations culturales (R1, R2 et R3), la fumure minérale vulgarisée seule (T2) et associée à 6 t ha⁻¹ de compost (T3) ont amélioré de façon significative le rendement en coton graine, le nombre de capsules et les poids moyens capsulaires (**Tableau 2**). Sur ces deux derniers paramètres, la fumure minérale vulgarisée (T2) et cette fumure associée à 6 t ha⁻¹ de compost (T3) ont été statistiquement équivalents. Le traitement témoin sans engrais (T1) a enregistré un rendement significativement faible en coton graine ($p < 0,0001$), en nombre de capsules ($p = 0,0004$) et poids moyen capsulaire ($p < 0,0001$) par rapport aux deux autres traitements. La fertilisation minérale (T2) et la fertilisation organo-minérale (T3) ont respectivement amélioré les rendements en coton graine (+14 % et +42 %), le nombre de capsules (+33 % et +54 %) ainsi que les poids moyens capsulaires (+11 % et +17 %) par rapport au traitement témoin sans engrais (T1).

Tableau 2 : Rendements en coton graine, nombre de capsules et poids moyens capsulaires en première année d'expérimentation

Traitements	Rendement coton graine	Nombre de capsules	Poids moyen capsulaire (PMC)
	kg ha ⁻¹	capsules ha ⁻¹	g
T1. Sans engrais	700 ± 253 ^c	202358 ± 74048 ^b	3,48 ± 0,37 ^b
T2. FV	1038 ± 271 ^b	269470 ± 74227 ^a	3,88 ± 0,54 ^a
T3. FV + 6 t/ha Compost	1262 ± 318 ^a	312104 ± 83622 ^a	4,08 ± 0,47 ^a
F	18,110	9,170	7,889
p-value (5%)	< 0,0001	0,0004	0,001

FV: 150 kg ha⁻¹ 14-18-18-6-1 à 15 jal + 50 kg ha⁻¹ d'urée 40 jal. Dans chaque colonne les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de probabilité de 5%. Les valeurs précédées du ± désignent les écarts-types.

3-2. Arrières-effets des fertilisations du cotonnier sur les rendements des cultures en rotation

L'arrière-effet de la fertilisation minérale du cotonnier (T2) l'année suivante (AE1), s'est traduite par des accroissements de rendements de +3 %, +18 % et +11 %, respectivement sur le maïs (R1), le sorgho (R2) et le niébé (R3) par rapport au témoin sans engrais (T1) (**Tableau 3**). Comparativement à ce témoin et à la fumure minérale (T2), les arrières-effets (EA1) de la fumure organo-minérale (T3) ont été plus importants avec des améliorations de rendements de +7 % sur le maïs dans la rotation R1(c-m-s), +20 % pour le sorgho dans la rotation R2(c-s-m) et +24 % sur le niébé dans la rotation R3(c-n-m). Selon les cultures subséquentes dans les rotations, les arrières-effets de la fumure minérale (T2) et organo-minérale (T3) ont davantage amélioré les rendements du sorgho (R2) et du niébé (R3) par rapport au maïs (R1) dont les gains de rendements étaient les plus faibles. Dans les trois rotations, à partir des arrières-effets des fumures du cotonnier (AE1), les rendements obtenus ont été faibles pour le maïs (256 à 579 kg/ha) et le niébé (557 à 692 kg ha⁻¹) et

acceptables pour sorgho ($673 \text{ à } 811 \text{ kg ha}^{-1}$) (**Tableau 3**). Deux années après l'application des fumures sur le cotonnier, des arrière-effets (AE2) positifs ont été notés sur les rendements des cultures qui affichent une tendance à la baisse par rapport à l'année antérieure (**Tableau 3**). La fumure minérale (T2) et organo-minérale (T3) ont montré comme arrières-effets (AE2), des gains de rendement de +13 % et +17 % sur le sorgho dans la rotation coton-maïs-sorgho (R1), contre des suppléments de maïs grain de +15 % et +21 % dans la rotation coton- sorgho-maïs (R2) et de +43 % et +98 % dans la rotation coton-niébé-maïs (R3). Suite à l'insertion dans la rotation R3 du niébé qui est une légumineuse, les arrière-effets (AE2) enregistrés sur le maïs subséquent ont été plus élevés par rapport aux arrières-effets induits par le sorgho comme précédent cultural du maïs dans la rotation R2. Il ressort que la fertilisation organo-minérale (T3) a tendance à générer sur les rendements des cultures, des arrières-effets (AE1 et AE2) supérieurs à ceux de la fumure minérale seule (T2).

Tableau 3 : Influence des arrières effets de la fertilisation du cotonnier sur les rendements des cultures dans les différents systèmes de rotation

Traitements (2015)	Rendements en arrière-effets (sans engrais)			
	Année 2 (2016)		Année 3 (2017)	
R1 : Coton//maïs//sorgho	Maïs grain (kg ha^{-1})	AE1 (%)	Sorgho grain (kg ha^{-1})	AE2 (%)
T1. Sans engrais	$535 \pm 15^{\text{a}}$	100	$564 \pm 86^{\text{a}}$	100
T2. FV	$552 \pm 59^{\text{a}}$	103	$635 \pm 100^{\text{a}}$	113
T3. FV + 6 t/ha Compost	$571 \pm 129^{\text{a}}$	107	$662 \pm 151^{\text{a}}$	117
Pr > F	0,941 (ns)		0,939 (ns)	
R2 : coton//sorgho//maïs	Sorgho (kg ha^{-1})	AE1 (%)	Mais (kg ha^{-1})	AE2 (%)
T1. Sans engrais	$673 \pm 52^{\text{b}}$	100	$479 \pm 95^{\text{a}}$	100
T2. FV	$792 \pm 46^{\text{a}}$	118	$550 \pm 89^{\text{a}}$	115
T3. FV + 6 t/ha Compost	$811 \pm 44^{\text{a}}$	120	$579 \pm 36^{\text{a}}$	121
Pr > F	0,013 (s)		0,428	
R3 : Coton//niébé//maïs	Niébé (kg ha^{-1})	AE1 (%)	Mais (kg ha^{-1})	AE2 (%)
T1. Sans engrais	$557 \pm 148^{\text{a}}$	100	$256 \pm 36^{\text{b}}$	100
T2. FV	$619 \pm 179^{\text{a}}$	111	$366 \pm 44^{\text{b}}$	143
T3. FV + 6 t/ha Compost	$692 \pm 183^{\text{a}}$	124	$507 \pm 41^{\text{a}}$	198
Pr > F	0,773 (ns)		0,009 (s)	

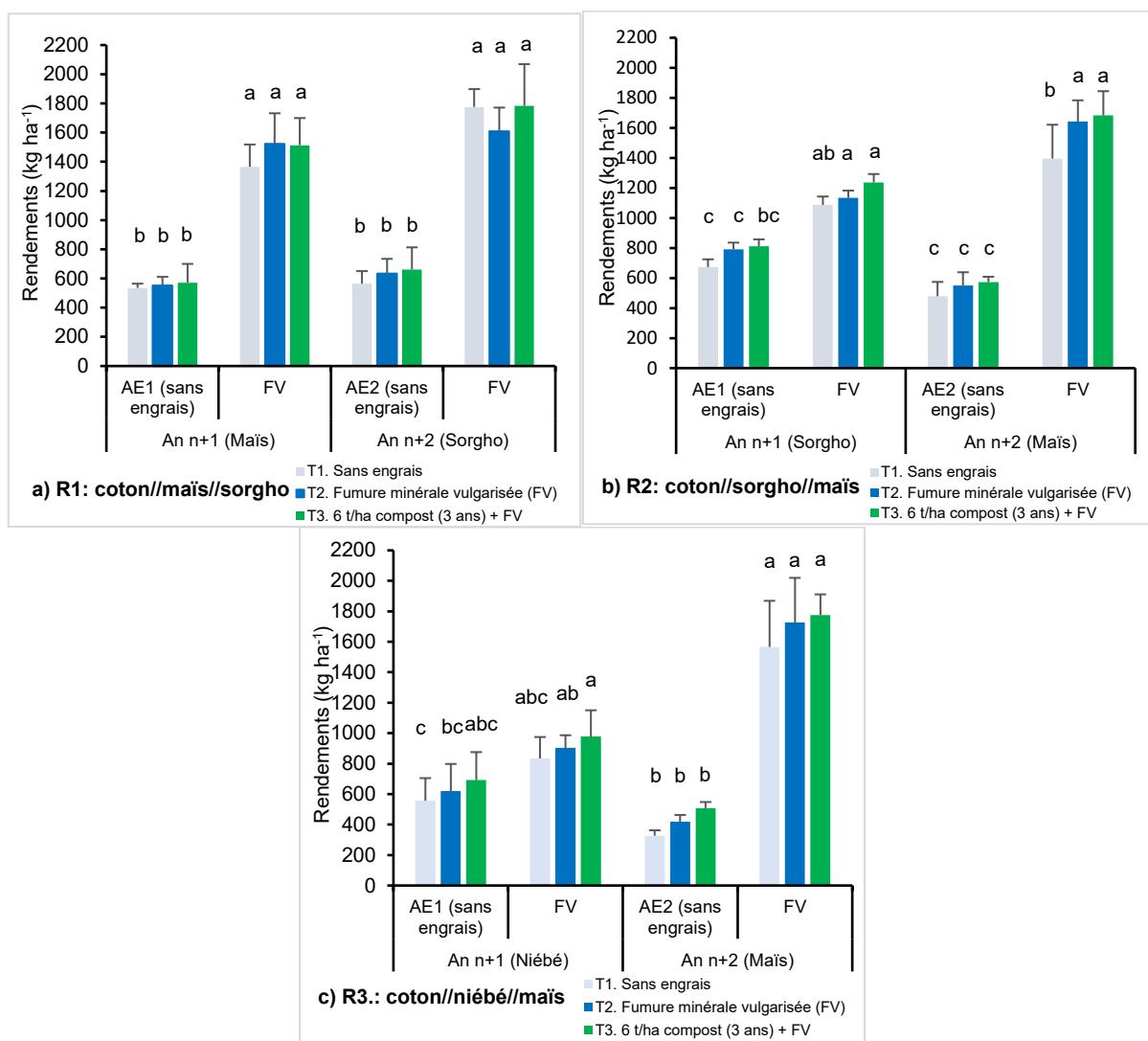
FV: 150 kg ha^{-1} 14-18-18-6-1 à 15 jal + 50 kg ha^{-1} d'urée 40 jal. Dans chaque colonne les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de probabilité de 5 %.

3-3. Effets comparés de la fertilisation minérale et des arrières-effets sur les rendements

Les rendements résultant des arrières-effets sans engrais (AE1 et AE2) et des parcelles ayant reçu la fumure minérale en deuxième et troisième années sont résumés dans la **Figure 1**. Comparativement aux arrières-effets, les apports réguliers de la fumure minérale vulgarisée (150 kg ha^{-1} 14-18-18+6S+1B + 50 kg ha^{-1} d'urée) ont significativement amélioré les rendements des cultures dans les trois rotations (**Tableau 4**). Les interactions entre les arrières-effets (AE1 et AE2) et la fumure minérale vulgarisée ont induit des variations statistiquement significatives des rendements. En première année des arrières-effets (AE1), l'application de la fumure minérale vulgarisée (FV) a permis d'accroître les rendements du niébé, du sorgho et du maïs de 150 %, 162 % et 276 %, respectivement dans les rotations R3, R2 et R1 (**Figure 1**). Pour ce qui concerne les arrières-effets de deuxième année (AE2), la fumure vulgarisée a permis de multiplier le rendement du sorgho par 3,15 dans la rotation R1 alors que ceux du maïs cultivé dans les rotations R2 et R3 ont été multipliés par 2,98 et 4,79 respectivement. Dans les trois rotations culturales, les rendements issus des arrières-effets (AE1 et AE2) se sont révélés de 1,42 à 4,79 fois inférieurs à ceux obtenus avec l'apport régulier de la fertilisation minérale vulgarisée (**Figure 1**).

Tableau 4 : Interactions arrières-effets x fumure vulgarisée sur les rendements des cultures

Rotations	Année n+1 (AE1 x FV)		Année n+2 (AE2 x FV)	
	Maïs	Sorgho	Sorgho	Maïs
R1 : Coton//maïs//sorgho				
F	47,357		200,452	
P-value	<0,0001		<0,0001	
	Sorgho		Maïs	
R2 : coton//sorgho//maïs				
F	30,063		253,664	
P-Value	0,0001		<0,0001	
	Niébé		Maïs	
R3 : Coton//niébé//maïs				
F	10,55		95,126	
P-Value	0,0007		<0,0001	

**Figure 1 : Rendements cultures dans les trois rotations de cultures.**

FV: 150 kg ha⁻¹ 14-18-18 + 6S + 1B + 50 kg ha⁻¹ d'urée. AE1 = arrières-effets en année n+1, AE2 = arrières-effets en année n+2. Les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas statistiquement au seuil de probabilité de 5 %

3-4. Variations des bilans culturaux sous les arrière-effets et la fertilisation minérale

Les bilans culturaux partiels basés uniquement sur les exportations des éléments minéraux par les récoltes et les apports par les fumures minérale et organo-minérale sont présentés dans le **Tableau 5**. Pour les productions réalisées sous les arrières-effets, des bilans culturaux déficitaires de -29,91 à -35,14 kg ha⁻¹ de N, -8,07 à -9,87 kg ha⁻¹ de P et -16,61 à -19,96 kg ha⁻¹ de K ont été notés dans les trois rotations pour le témoin absolu (T1) qui n'a reçu aucune fertilisation durant toute l'expérimentation. Après la fertilisation minérale du cotonnier (T2) en première année, les bilans culturaux des parcelles sous les arrières-effets ont affiché des déficits en potassium de -0,63 kg ha⁻¹, -3,28 kg ha⁻¹ et -4,29 kg ha⁻¹ de K, respectivement dans les rotations R3, R1 et R2. L'apport initial de la fumure organo-minérale (T3) en première année, a permis de dégager des bilans culturaux positifs dans les parcelles sous les arrières-effets dans les trois rotations. Par contre, avec l'application de fumure minérale vulgarisée (FV) sur les cultures en pendant les deux années de rotation après le cotonnier (témoin positif), il a été noté des bilans culturaux positifs pour l'azote (+13,99 à +130,34 kg ha⁻¹ N), le phosphore (+34,50 à +98,2 kg ha⁻¹ de P) et le potassium (+1,18 à +86,45 kg ha⁻¹ de K) dans les trois rotations. Avec l'apport initial de la fertilisation organo-minérale (T3), il se dégage les meilleurs bilans culturaux en condition de culture sous les arrières-effets ou avec la fumure minérale vulgarisée. On observe une timide amélioration des bilans culturaux en azote dans la rotation coton-niébé-maïs (R3) par rapport aux autres rotations sans légumineuse.

Tableau 5 : Bilan cultural de l'azote, du phosphore et du potassium sous arrière-effets (AE) et fumure minérale vulgarisée (FV) après trois années de rotation

Rotations	Traitements	Apports par les fertilisants en 3 ans						Exportations par les récoltes en 3 ans						Bilan cultural sur 3 ans					
		AE (Sans engrais)			Fumure minérale vulgarisée (FV)			AE (Sans engrais)			Fumure minérale vulgarisée (FV)			AE (Sans engrais)			Fumure minérale vulgarisée (FV)		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
kg ha ⁻¹																			
R1	T1	0,00	0,00	0,00	88,00	69,00	42,00	34,29	9,87	19,96	74,08	20,36	46,01	-34,29	-9,87	-19,96	+13,92	+48,64	-4,01
	T2	44,00	34,50	21,00	132,00	103,50	63,00	42,29	12,74	24,28	79,93	21,60	48,10	+1,71	+21,76	-3,28	+52,07	+81,90	+14,90
	T3	122,6	52,50	93,00	210,60	121,50	135,00	47,36	14,51	26,93	87,41	24,46	52,68	+75,24	+37,99	+66,07	+123,19	+97,04	+82,32
R2	T1	0,00	0,00	0,00	88,00	69,00	42,00	35,14	9,40	19,99	61,26	17,04	37,67	-35,14	-9,40	-19,99	+26,74	+51,96	+4,33
	T2	44,00	34,50	21,00	132,00	103,5	63,00	45,06	12,43	25,29	73,36	21,31	44,91	-1,06	+22,07	-4,29	+58,64	+82,19	+18,09
	T3	122,6	52,50	93,00	210,6	121,50	135,00	50,03	14,16	27,87	80,26	23,30	48,55	+72,57	+38,34	+65,13	+130,34	+98,20	+86,45
R3	T1	0,00	0,00	0,00	58,00	52,50	39,00	29,92	8,07	16,61	59,98	18,00	37,82	-29,92	-8,07	-16,61	-1,98	+34,50	+1,18
	T2	44,00	34,50	21,00	102,00	87,00	60,00	39,22	11,17	21,69	70,77	21,64	43,99	+4,78	+23,33	-0,69	+31,23	+65,36	+16,01
	T3	122,6	52,50	93,00	180,60	105,00	132,00	46,50	13,48	25,76	77,30	23,65	47,48	+76,10	+39,02	+67,24	+103,30	+81,35	+84,52

T1. Témoin sans engrais; T2. 150 kg ha⁻¹ 14-18-18+6S+1B + 50 kg ha⁻¹ d'urée, T3. FV+ 6 t/ha compost; R1. Rotation coton//maïs//sorgho, R2. Rotation coton//sorgho//maïs, R3. Rotation coton//niébé//maïs. AE= arrière-effet (Parcelle sans engrais), FV= 150 kg ha⁻¹ 14-18-18+6S+1B + 50 kg ha⁻¹ d'urée sur le maïs et le sorgho et 100 kg ha⁻¹ 14-18-18+6S+1B sur le niébé (Parcelle sous fumure vulgarisée).

3.5. Variation des propriétés chimiques du sol selon les fertilisations du cotonnier

La culture du maïs, du sorgho et du niébé sous les arrières-effets des fertilisations du cotonnier, a entraîné une baisse des propriétés physico-chimiques du sol dans les trois rotations culturales (*Tableau 6*). Les analyses de variance ont révélé des différences statistiques entre les rotations pour les teneurs en P assimilable ($p = 0,003$), K total ($p = 0,021$), K disponible ($p < 0,0001$) et pH eau ($p = 0,0007$) dans la couche 0-20 cm du sol. La rotation coton-sorgho-maïs (R2) présentant les plus faibles valeurs du P total (130,94 mg kg⁻¹), de la SBE (1,72 cmol⁺ kg⁻¹) et de la CEC (2,93 cmol⁺ kg⁻¹) a entraîné les plus sévères baisses des paramètres chimiques du sol. Par rapport aux fumures minérale et organo-minérale initiales (T2, T3), les caractéristiques physico-chimiques ont davantage baissé dans le sol témoin non fertilisé (T1). Ainsi, la SBE et la CEC qui étaient de 1,77 et 3,22 cmol⁺ kg⁻¹ en première année ont chuté à 1,72 et 2,76 cmol⁺ kg⁻¹ en troisième année, respectivement. Après deux années de mise en culture sans engrais, en se basant uniquement sur les arrières-effets, il s'est produit une baisse des propriétés physico-chimiques du sol, perceptible tant en surface (0-20 cm) qu'en profondeur (20-40 cm).

Tableau 6 : Variation des caractéristiques chimiques du sol selon les fumures et rotations en troisième année d'expérimentation (2017)

Couches	Traitements	MO	N-total	C/N	P-total	P_Bray1	K-total	K-dispo	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SBE	CEC	V	pH eau
		%			mg kg ⁻¹				cmol ⁺ kg ⁻¹							
Teneurs initiales (année 1)		0,84	0,041	11,77	92,54	4,83	2080,76	67,87	1,21	0,37	0,169	0,028	1,77	3,22	56,38	5,30
	T1	0,63 a	0,033 a	10,96 a	134,42 a	2,69 a	1717,25 a	64,70 a	1,19 a	0,35 a	0,15 a	0,023 a	1,72 a	2,76 b	63,79 a	5,27 ab
	T2	0,64 a	0,035 a	10,78 a	132,35 a	3,43 a	1775,03 a	64,97 a	1,34 a	0,37 a	0,16 a	0,021 a	1,89 a	3,15 a	60,21 a	5,14 b
	T3	0,65 a	0,034 a	11,04 a	137,52 a	3,16 a	1760,58 a	66,66 a	1,29 a	0,36 a	0,15 a	0,020 a	1,83 a	3,21 a	57,52 a	5,28 a
	R1	0,63 a	0,033 a	11,05 a	139,58 a	2,83 b	1863,49 a	72,67 a	1,24 a	0,34 b	0,18 a	0,021 a	1,77 a	3,26 a	55,99 b	5,11 b
0-20 cm	R2	0,64 a	0,034 a	10,93 a	130,94 a	2,63 b	1724,47 ab	57,48 c	1,19 a	0,37 ab	0,13 b	0,021 a	1,71 a	2,94 a	58,54 b	5,24 ab
	R3	0,64 a	0,035 a	10,79 a	133,77 a	3,82 a	1664,89 b	66,19 b	1,39 a	0,38 a	0,16 a	0,022 a	1,96 a	2,93 a	66,99 a	5,33 a
	Prob (Traitements)	0,694	0,467	0,340	0,676	0,291	0,686	0,737	0,392	0,763	0,516	0,731	0,412	0,045	0,270	0,079
	Prob (Rotations)	0,897	0,524	0,346	0,331	0,033	0,021	< 0,0001	0,160	0,058	0,000	0,873	0,140	0,164	0,016	0,009
	Prob Trait x rotation	0,954	0,864	0,171	0,496	0,166	0,219	0,001	0,578	0,191	0,008	0,602	0,552	0,226	0,146	0,043
Teneurs initiales (année 1)		0,74	0,039	11,10	94,69	3,17	2942,80	64,17	1,30	0,36	0,17	0,02	1,85	5,34	36,53	5,27
	T1	0,64 a	0,034 a	11,13 a	135,18 a	2,31 a	1961,35 a	59,52 a	1,308 a	0,372 a	0,152 a	0,023 a	1,86 a	3,44 b	54,48 a	5,17 a
	T2	0,67 a	0,035 a	10,99 a	141,90 a	2,52 a	2131,06 a	61,83 a	1,325 a	0,384 a	0,159 a	0,019 a	1,89 a	4,15 a	46,46 b	5,05 a
	T3	0,65 a	0,034 a	10,89 a	138,99 a	2,25 a	2110,84 a	61,94 a	1,228 a	0,377 a	0,154 a	0,020 a	1,78 a	4,08 a	44,97 b	5,15 a
20-40 cm	R1	0,67 a	0,035 a	11,20 a	141,50 a	2,41 a	2163,92 a	66,73 a	1,215 a	0,356 a	0,169 a	0,021 a	1,76 a	4,03 a	44,62 b	5,00 b
	R2	0,65 a	0,034 a	10,98 ab	136,93 a	2,13 a	2094,59 ab	54,59 b	1,306 a	0,387 a	0,143 b	0,020 a	1,86 a	3,90 a	48,90 ab	5,16 ab
	R3	0,64 a	0,034 a	10,84 b	137,64 a	2,54 a	1944,74 b	61,97 a	1,339 a	0,390 a	0,154 ab	0,022 a	1,91 a	3,74 a	52,39 a	5,21 a
	Prob (Traitements)	0,641	0,483	0,269	0,613	0,687	0,225	0,668	0,577	0,873	0,840	0,613	0,641	0,026	0,005	0,360
	Probabilité (Rotations)	0,488	0,924	0,066	0,773	0,426	0,115	0,001	0,455	0,255	0,114	0,846	0,475	0,591	0,044	0,057
	Prob Trait x rotation	0,819	0,965	0,110	0,707	0,693	0,044	0,020	0,800	0,841	0,659	0,700	0,852	0,142	0,020	0,389

T1. Témoin sans engrais ; T2. 150 kg ha⁻¹ 14-18-18+6S+1B +50 kg ha⁻¹ d'urée (FV), T3. FV+ 6 t ha⁻¹ compost ; R1. Rotation coton//maïs//sorgho, R2. Rotation coton//sorgho//maïs, R3. Rotation coton//niébé//maïs. Dans chaque colonne les valeurs suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de probabilité de 5 %.

4. Discussion

4-1. Efficacité des fertilisations du cotonnier en tête des rotations

L'amélioration significative du rendement en coton graine et de ses composantes par les fertilisations minérale et organo-minérale du cotonnier (*Tableau 2*), traduit l'efficience agronomique [6] et la bonne réponse aux engrais de ce sol dont les caractéristiques initiales indiquent pourtant, une relative pauvreté chimique [20, 21]. La fumure minérale vulgarisée seule (T2) a amélioré le rendement en coton graine de +14 % tout en étant moins efficace que la fertilisation organo-minérale associant le compost à la fumure minérale (T3) qui est le mode de fertilisation recommandé par [15, 22] pour une production durable dans les systèmes de production à base de coton-céréales [3]. L'amendement organique par le compost, permet d'améliorer, selon divers auteurs [23, 24], les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, notamment par une minéralisation de la matière organique favorisant la libération de nutriments pour les cultures [25 - 27]. Cela pourrait expliquer l'accroissement du nombre et de la taille des capsules, imputable à une bonne nutrition minérale des cotonniers par les nutriments apportés par les fumures [28, 29] confirmant ainsi, l'efficacité de la fertilisation recommandée en culture cotonnière.

4-2. Efficacité des arrières-effets et de la fertilisation minérale sur les rendements

Les arrières-effets des fertilisations du cotonnier ont amélioré différemment les rendements en fonction de la nature des cultures subséquentes dans les rotations (*Tableau 3*). Ces arrières-effets perceptibles durant deux années successives, ont permis d'améliorer les productions de maïs, de sorgho et de niébé dans les rotations (R1, R2 et R3), confirmant les travaux de [10, 30], qui soulignent des arrières-effets bénéfiques de la culture du coton sur les céréales. Les arrières-effets dépendent aussi de la fertilisation initiale apportée au cotonnier étant donné que la fertilisation organo-minérale (T3) a produit de meilleurs gains de rendement que la fumure minérale seule (T2). Cela s'explique par les effets résiduels induits par la décomposition progressive de la matière organique, qui améliore la capacité de rétention en eau et la capacité d'échange cationique du sol, ainsi que la disponibilité des nutriments dans le sol [20, 31 - 33]. Les arrières-effets des fertilisations du cotonnier ont induit de faibles rendements des cultures, notamment en maïs grain, ce qui confirme les exigences de cette culture en fertilisants, surtout l'azote [34, 35]. Par conséquent, la culture du maïs sans aucune fertilisation n'est pas envisageable au risque d'entraîner de très faibles rendements [14, 36] comme ceux obtenus dans la présente étude et qui, sont peu compatibles avec la sécurité alimentaire du pays [17], car ne permettraient pas de couvrir les besoins en céréales. Les arrières-effets plus bénéfiques, dans la rotation coton-niébé-maïs (R3), montrent que le niébé est le meilleur précédent cultural pour le maïs subséquent dans la rotation en raison de la fixation symbiotique d'azote par cette légumineuse et de l'enrichissement en azote du sol, qui est particulièrement favorable au rendement du maïs [17, 37, 38]. Selon les travaux de [39] le niébé peut fixer 50 à 115 kg ha⁻¹ de N qui sont bénéfiques pour le maïs subséquent dans la rotation. Les travaux de [20, 40] soulignent également l'intérêt des légumineuses dans les rotations, en combinaison avec des fumures organo-minérales, pour améliorer nutrition azotée et la productivité des systèmes. Alors que les arrières-effets ont engendré de faibles rendements, l'apport régulier de la fumure minérale vulgarisée a significativement amélioré la productivité des céréales (maïs et sorgho) et du niébé en rotation avec le cotonnier (*Figure 1*). Cela montre que les gains de productivité et les excédents céréaliers dégagés dans les zones cotonnières [4] seraient imputables à la fertilisation minérale appliquée aux cultures, et secondairement, aux arrières-effets induits par la fertilisation du cotonnier. En outre, la production cotonnière procure l'avantage, non seulement, d'avoir accès aux intrants, mais aussi, aux équipements agricoles ce qui facilite le respect des itinéraires techniques des cultures en rotation avec le cotonnier, dont maïs et le sorgho, représentant les deux premières céréales du pays [3, 10, 36]. Cette efficacité de la fertilisation minérale sur les cultures, dénote la nécessité d'utiliser les engrais chimiques pour accroître la productivité des cultures [35] et partant, pour la sécurité céréalière que les seuls arrière-effets des fertilisations du cotonnier ne permettent pas d'atteindre.

4.3. Bilans culturaux et variations des propriétés du sol

La production des céréales et du niébé sous les arrières-effets ont entraîné des bilans culturaux déficitaires en N (-35,14 kg ha⁻¹), P (-9,87 kg ha⁻¹) et K (-19,96 kg ha⁻¹) pour le traitement témoin sans aucune fertilisation (T1), confirmant ainsi, l'appauvrissement progressif du sol par une agriculture minière [14]. Les cultures sous les arrières-effets de la fertilisation minérale du cotonnier (T2) ont aussi entraîné des bilans déficitaires en K dans les rotations culturelles (*Tableau 5*). En zone cotonnière, les travaux de [41] ont révélé une perte de la productivité qui s'accompagne d'une manifestation généralisée de problèmes de nutrition minérale, et spécifiquement, de symptômes de carence en potassium. Selon cet auteur, les céréales, du fait de leur système racinaire plus dense et fin, absorbent beaucoup de K et exploitent mieux le potassium du sol que les cotonniers. Les déficits en K observés sous les arrières-effets de la fumure minérale pourraient donc s'expliquer par l'ampleur des prélèvements par les cultures qui selon [42, 43] provoquent l'apparition des déficiences potassiques sur les sols ferrugineux après seulement 10 à 15 années de mise en culture. Sous les arrières-effets de la fertilisation organo-minérale (T3), les bilans culturaux excédentaires seraient liés aux suppléments de nutriments apportés par le compost, qui se minéralise progressivement dans le sol [16, 44]. En revanche, les bilans culturaux excédentaires observés suite aux apports de la fumure minérale sur les cultures en rotation, traduisent que les nutriments prélevés par les récoltes ont été compensés par cette fertilisation. Globalement, sous les arrières-effets des cultures en rotation avec le cotonnier, les déficits des bilans culturaux partiels indiquent un appauvrissement du sol par ce mode de production. Ces bilans culturaux auraient été plus déficitaires en considérant les exportations d'éléments minéraux par les résidus de récolte qui selon [45] sont généralement mal gérés. La baisse des propriétés chimiques du sol a été plus importante sous le traitement témoin sans aucune fertilisation (T1) tout au long de l'étude (*Tableau 6*). Cette baisse s'est atténuée avec les fertilisations du cotonnier en première année par la fumure minérale (T2) et organo-minérale (T3) ce qui confirme l'intérêt de la fertilisation par rapport l'exploitation, dite minière du sol, sans aucune restitution [24, 46]. Dans les parcelles sous arrière-effets, la baisse des propriétés chimiques du sol après deux années de mise en culture sans aucune fertilisation, serait liée aux bilans culturaux déficitaires découlant de cette pratique, pourtant très répandue, dans les exploitations cotonnières [3, 25]. Les propriétés chimiques du sol ont davantage baissé dans la rotation coton-sorgho-maïs (R2) du fait que les exportations de nutriments par les récoltes y ont été plus importantes dans ces parcelles [6, 19].

5. Conclusion

L'étude a montré que les arrières-effets de la fertilisation du cotonnier permettaient d'améliorer les rendements des céréales et du niébé en rotation pendant les deux années suivantes. Les gains de rendement induits par les arrières-effets sur les cultures subséquentes, ont été plus faibles sur maïs par rapport au sorgho et au niébé. L'insertion d'une légumineuse telle que le niébé dans la rotation coton-niébé-maïs a été le précédent le plus bénéfique, en termes d'arrière-effets, sur le maïs subséquent par rapport aux autres rotations cotonnier-céréales. Dans l'ensemble, les arrières-effets ont entraîné de très faibles rendements, surtout pour le maïs (254 à 579 kg ha⁻¹) alors que l'apport de la fertilisation minérale sur les cultures en rotation avec le cotonnier a permis de multiplier les rendements par 1,42 à 4,79 fois. Par ailleurs, les productions de céréales et du niébé sous les arrière-effets du cotonnier, ont entraîné des bilans culturaux déficitaires en potassium qui dénotent les limites de cette pratique inadéquate pour une gestion durable de la fertilité des sols cultivés. La baisse des propriétés chimiques du sol confirme également les déficits des bilans culturaux provoqués par ce mode de production reposant sur les arrières-effets du cotonnier. Afin de soutenir une production céréalière durable dans les agrosystèmes cotonniers, l'étude suggère de promouvoir l'intégration agriculture-elevage favorisant l'application de la fertilisation organo-minérale par les producteurs ainsi que l'insertion de légumineuses dans les rotations.

Références

- [1] - H. KY, « Efficience de la production céréalière au Burkina Faso ». *Revue CEDRES-Etudes, Série économie*, N°64 (2017) 124 - 138
- [2] - A. GUENOT et M. HUCHET-BOURDON, « Rôle du coton sur la filière maïs au Burkina Faso ». *Économie rurale* [En ligne], 341 (2014) 107 - 119. <http://journals.openedition.org/economierurale/4353>; DOI : 10.4000/economierurale.4353
- [3] - M. B. POUYA, M. O. SAVADOGO, J. OUEDRAOGO, I. SERME, G. VOGNAN, D. DAKUO, M. P. SEDOGO et F. LOMPO, « Déterminants socio-économiques de la dégradation des sols et de l'adoption des technologies de gestion de la fertilité des sols selon les perceptions paysannes dans les zones cotonnières du Burkina Faso ». *Asian Journal of Science and Technology*, 11 (06) (2020) 11003 - 11011. <http://www.journalajst.com>
- [4] - D. COULIBALY, F. SISSOKO, S. DOUMBIA, A. BA et B. DEMBELE, « Evaluation de l'effet de la fertilisation minérale sur la production de variétés améliorées de maïs et le disponible fourrager en zone cotonnière du Mali-Sud ». *Agronomie Africaine Sp.*, 29 (1) (2017) 109 - 117
- [5] - L. A. BOUGMA, M. H. OUEDRAOGO, D. NIKIEMA et M. SAWADOGO, « Performance evaluation of hybrid maize (*Zea mays* L.) in Burkina Faso, sub-Saharan region of Africa ». *Helijon*, 10 (2024). <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2024.e38133>
- [6] - B. VANLAUWE, T. AMEDE, A. BATIONO, P. BINDRABAN, H. BREMAN et R. CARDINAEL, « Fertilizer and soil health in Africa: The role of fertilizer in building soil health to sustain farming and address climate change ». *International Fertilizer Development Center (IFDC)*, (2023) 1 - 76
- [7] - A. NDOUR, P. CLOUVEL, E. GOZE, P. MARTIN, L. LEROUX, A. DIENG et R. LOISON, « L'expertise pour prédire la production cotonnière en Afrique de l'Ouest : est-elle une solution face aux aléas climatiques émergents? ». *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 22 (4) (2018) 252 - 266
- [8] - D. BAMBARA, J. SAWADOGO, O. KABORÉ et A. BILGO, « Variabilité de certains paramètres climatiques et impacts sur la durée des périodes humides de développement végétal dans une station au centre et une autre au nord du Burkina Faso ». *Vertigo.*, (2019). <https://doi.org/10.4000/vertigo.24384>
- [9] - A. A. MALEKELA et S. N. LUSIRU, « Climate change adaptation strategies through traditional farming practices. The case of Matengo pits in Mbanga district, Tanzania ». *Int. J. Res. Publication & Reviews*, 3 (5) (2022) 3023 - 3033
- [10] - M. SOUMARE, S. TRAORE et M. HAVARD, « Croissance démographique, sécurité alimentaire et accès à la santé et à l'éducation en zone cotonnière du Mali ». *Cah. Agric.*, 29 (40) (2020) 1 - 9. <https://doi.org/10.1051/cagri/2020036>
- [11] - MAFAP, Revue des politiques agricoles et alimentaires au Burkina Faso. Série rapport pays SPAAA, FAO, Rome, Italie, (2013)
- [12] - FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation), « The state of food security and nutrition in the world. Building climate resilience for food security and nutrition ». Rome, FAO, (2018) Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- [13] - F. SAKANDE, M. TRAORE, B. KOULIBALY, F. Y. LANKOANDE, T. PARE, K. COULIBALY et B. H. NACRO, Perception locale de la dégradation des sols et pratiques de réhabilitation dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 16 (5) (2022) 2189 - 2201. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i5.28>
- [14] - P. G. TOVIHOUDJI, F. I. AKPO, T. F. ZAKARI, N. OLLABODE, R. N. YEBEMEY et J. A. YABI, « Diversity of soil fertility management options in maize-based farming systems in northern Benin: A quantitative survey ». *Front. Environ. Sci.*, 11 (2023) 1089883. doi: 10.3389/fenvs.2023.1089883

- [15] - J. KIHARA, M. MKIZA, D. MUTAMBU, M. KINYUA, O. MWANGI, P. BOLO, F. LIBEN et W. ABERA, « Soil health in sub-saharan Africa: status and solutions ». *Growing Africa*, 2 (1) (2023) 16 - 22. <https://doi.org/10.55693/ga21.EAQG1636>
- [16] - B. SOMDA, B. OUATTARA, I. SERME, M. POUYA, F. LOMPO, JB. TAONDA et M. SEDOGO, « Détermination des doses optimales de fumures organo-minérales en micro-dose dans la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso ». *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11 (2) (2017) 670 - 683. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.11>
- [17] - K. COULIBALY, L. P. YAMEOGO, M. TRAORE, A. P. K. GOMGNIMBOU, B. BACYE et H. B. NACRO, « L'association maïs-niébé et la restitution organique sont-elles le moteur d'une gestion durable des sols à l'Ouest du Burkina Faso? ». *Int. J. Adv. Res.*, 12 (09) (2024) 1301 - 1312. DOI: [10.2147/IJAR01/19566](https://doi.org/10.2147/IJAR01/19566)
- [18] - IUSS WORKING GROUP WRB. Base de référence mondiale pour les ressources en sols 2014, Mis international de classification des sols pour nommer les sols et élaborer des légendes de cartes pédoressources en sols du monde. FAO, Rome, N° 106 (2015)
- [19] - B. KOULIBALY, O. TRAORE, D. DAKUO et P. N. ZOMBRE, « Effets des amendements locaux sur les rendements, les indices de nutrition et les bilans culturaux dans un système de rotation coton-maïs dans l'ouest du Burkina Faso ». *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 13 (1) (2009) 103 - 111
- [20] - H. ZEINABOU, S. MAHAMANE, H. B. NACRO, B. V. BADO, F. LOMPO et A. BATIONO, « Effet de la combinaison des fumures organo-minérales et de la rotation niébé-mil sur la nutrition azotée et les rendements du mil au sahel ». *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8 (4) (2014) 1620 - 1632. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i4.24>
- [21] - Z. BASSOLE, I. P. YANOGO et F. T. IDANI, « Caractérisation des sols ferrugineux tropicaux lessivés et des sols bruns eutrophes tropicaux pour l'utilisation agricole dans le bas-fond de Goundi-Djoro (Burkina Faso) ». *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 17 (1) (2023) 247 - 266
- [22] - M. TRAORE, B. KOULIBALY, K. COULIBALY, I. TRAORE, M. GNISIEN, T. PARE et H. B. NACRO, « Soil carbon stocks evolution in organic cotton-based cropping systems in southern and northern sudanese agro-ecological zones of Burkina Faso ». *Journal of Agricultural Science and Technology B*, (2019) 392 - 402. doi: [10.17265/2161-6264/2019.06.000](https://doi.org/10.17265/2161-6264/2019.06.000) SNIP: 0,85
- [23] - A. B. KOUYATE, S. KONE, S. G. DEMBELE et M. FAMANTA, « Effets de différentes doses d'engrais inorganiques sur le rendement et la performance économique du cotonnier ». *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 17 (7) (2023) 2971 - 2983
- [24] - B. DEMBELE, J. T. YAMEOGO, A. P. K. GOMGNIMBOU, O. W. OUEDRAOGO et A. SANON, « Land use and soil carbon sequestration in the Kou Watershed, Burkina Faso ». *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 27 (9) (2024) 659 - 666. <https://doi.org/10.9734/jabb/2024/v27i91338>
- [25] - B. KOULIBALY, D. DAKUO, O. TRAORÉ, K. OUATTARA et F. LOMPO, « Long-term effects of crops residues management on soil chemical properties and yields in cotton - maize - sorghum rotation system in Burkina Faso ». *Journal of Agriculture and Ecology Research International.*, 10 (2) (2017) 1 - 11. DOI: [10.9734/JAERI/2017/31178](https://doi.org/10.9734/JAERI/2017/31178)
- [26] - S. B. MAÏGA-YALEU, A-C CISSÉ, S. A. KABORÉ et H. B. NACRO, « Impact des propriétés physico-chimiques du sol sur la perte de carbone par émission de CO₂ sous combinaison de pratiques de restauration des forêts et des paysages ». *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*, 051 (2022) 78 - 86
- [27] - C. R. MÜLLER, J. SIX, D. M. NJIRU, B. VANLAUWE et M. VAN DE BROEK, « Depth effects of long-term organic residue application on soil organic carbon stocks in central Kenya ». *Biogeosciences*, 22 (2025) 2733 - 2747. <https://doi.org/10.5194/bg-22-2733-2025>

- [28] - J. CHEN, Z. WANG, S. LIU, S. ZHANG, C. GE et Q. SHEN, « Nitrogen stress inhibits root growth by regulating cell wall and hormone changes in cotton (*Gossypium hirsutum L.*) ». *J. Agron. Crop Sci.* 207, (2021) 1006 - 1023. doi: 10.1111/jac.12538
- [29] - A. IQBAL, N. JING, D. QIANG, W. XIANGRU, G. HUIPING, Z. HENGHENG, P. NIANCHANG, Z. XILING et S. MEIZHEN, « Physiological characteristics of cotton subtending leaf are associated with yield in contrasting nitrogen-efficient cotton genotypes ». *Front. Plant Sci.*, 13 (2022) 825116. doi: 10.3389/fpls.2022.825116
- [30] - F. SISSOKO, D. COULIBALY, O. CISSE et P. DUGUE, « Evaluation de l'arrière effet de la culture du coton sur la production céréalière en zone cotonnière du Mali ». AGRAR, 1re conférence de la recherche africaine sur l'agriculture, l'alimentation et la nutrition, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire. L'agriculture face aux défis de l'alimentation et de la nutrition en Afrique : quels apports de la recherche dans les pays cotonniers, (2013) 149 - 160
- [31] - K. HINA, S. PRAVEEN, N. MAITRAYIE, T. LAKSHMI et J. P. N. RAI, « Role of microbes in organic carbon decomposition and maintenance of soil ecosystem ». *International Journal of Chemical Studies.*, 5 (6) (2017) 1648 - 1656
- [32] - T. F. OYEWUSI et J. A. OSUNBITAN, « Effect of compost extract processing parameters on the growth and yield parameters of Amaranthus and Celosia Vegetables ». *Environmental Challenges*, 5 (2021) 100302. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100302>
- [33] - S. TAHIROU, P. ZERBO, S. OUATTARA et M. N. ADO, « Caractérisation des paramètres physico-chimiques du sol de la zone rizicole de Saga (Niamey) dans la vallée du fleuve Niger ». *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 16 (2) (2022) 842 - 854. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i2.26>
- [34] - I. SERMÉ, M. B. POUYA, I. NIGNAN et K. OUATTARA, « Effet de l'application d'engrais solubles NPK et de l'Urée en microdose sur le soja et le maïs au Burkina Faso ». *Science et technique, Sciences naturelles et appliquées*, Vol. 34 à 37- (2018) 67 - 80
- [35] - B. NDONGO, P. Z. NGATSI, M. ABOSSOLO-ANGUE, A. B. T. NDJA, W. NT. KUATE, S. L. L. DIDA, T. S. ATINDO, C. F. G. GBAPORO et Z. AMBANG, « Comparative efficiency of organic and inorganic fertilizers on maize (*Zea mays L.*) growth and yield in the rainforest zone of Centre Cameroon ». *Sustainable Agriculture Research*, 11 (4) (2022) 28 - 39. doi:10.5539/sar.v11n4p28
- [36] - A. BAMOGO, F.Y. LANKOANDE, B. KOULIBALY et M. TRAORE, « Effets des pratiques paysannes de fertilisation sur la rentabilité de la production de maïs dans la zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso ». *Afrique SCIENCE*, 26 (4) (2025) 46 - 58. ISSN 1813-548 X, <http://www.afriquescience.net>
- [37] - R. J. CARSKY, B. DOUTHWAITE, V. M. MANYONG, N. SANGINGA, S. SCHULZ, B. VANLAUWE, J. DIELS et J. D. H. KEATINGE, « Amélioration de la gestion des sols par l'introduction de légumineuses dans les systèmes céréaliers des savanes africaines ». *Cahiers Agricultures*, 12 (2003) 227 - 33
- [38] - N. D. COULIBALY, C. L. OSSEY, A. G. GADJI, M. F. D. P. N'GBESSO, L. FONDIO et O. T. SORO, « Etude de l'arrière effet des légumineuses alimentaires sur la productivité des légumes : cas de la tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivée dans la localité de Bouaké au centre de la Côte d'Ivoire ». *European Scientific Journal*, ESJ, 17 (21) (2021) 125 - 141. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n21p125>
- [39] - B. V. BADO, A. BATIONO et M. P. CESCAS, « Assessment of cowpea and groundnut contributions to soil fertility and succeeding sorghum yields in the Guinean savannah zone of Burkina Faso (West Africa) ». *Biol. Fert. Soils*, 43 (2) (2006) 171 - 176. <https://doi.org/10.1007/s00374-006-0076-7>
- [40] - F. HAMIDOU, A. HAROU, B. F. ACHIROU, O. HALILOU et Y. BAKASSO, « Fixation de l'azote chez l'arachide et le niébé en conditions de sécheresse pour l'amélioration de la productivité au Sahel ». *TROPICULTURA*, 36 (1) (2018) 63 - 79

- [41] - D. DAKOUO, Effets des types de sol et de la topographie sur l'absorption des ions K⁺ par le cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) dans les agro-systèmes soudano-sahéliens de l'Ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat d'état ès-sciences naturelles. Spécialité Agro-pédologie (Nutrition des plantes). Université F. H.-B. de Cocody, 286 p.
- [42] - B. KOULIBALY, D. DAKOUO, M. TRAORE, O. TRAORE, H. B. NACRO, F. LOMPO et M. P. SEDOGO, « Effets de la fertilisation potassique des sols ferrugineux tropicaux sur la nutrition minérale et la productivité du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) au Burkina Faso ». *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (2) (2016) 722 - 736. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.22>
- [43] - Y. MA, H. SUN, Y. YANG, Z. LI, P. LI, Y. QIAO, Y. ZHANG, K. ZHANG, Z. BAI, A. LI, C. LI et L. LIU, « Long-term nitrogen fertilizer management for enhancing use efficiency and sustainable cotton (*Gossypium hirsutum* L.) ». *Front. Plant Sci.*, 14 (2023) 1271846. doi: 10.3389/fpls.2023.1271846
- [44] - A. OUATTARA, B. KOULIBALY, D. DAKOUO, P. BAZONGO, K. COULIBALY, J. MOWRER et H. B. NACRO, Effects of crops residues management systems on crops yields and chemical characteristics of tropical ferruginous soil in Western Burkina Faso. *Afr. J. Agric. Res.*, Vol. 18 (3) (2022) 231 - 237. DOI: 10.5897/AJAR2021.15724
- [45] - P. NIVETHADEVI, C. SWAMINATHAN et P. KANNAN, « Soil organic matter decomposition-Roles, factors and mechanisms. In : “Latest Trends in Soil Science” », *Integrated Publications*, Vol. 1, (2021) 61 - 91. ISBN: 978-93-90471-23-2, Book DOI: <https://doi.org/10.22271/int.book.33>
- [46] - A. B. HERI-KAZI et C. L. BIELDERS, « Cropland characteristics and extent of soil loss by rill and gully erosion in smallholder farms in the KIVU highlands, D.R. Congo». *Geoderma Regional.*, Vol. 26, (2021) 1 - 12. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00404>