

Effets combinés de la fumure minérale (DAP et urée) avec la dolomie sur les propriétés du sol et le rendement du sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Monch) dans les conditions agroécologiques de Katibougou au Mali

Famanta Mahamoudou, Kouyate Aliou Badara*, Dembele Sidiki Gabriel, Doumbia Massaman

Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA). Département des sciences et techniques agricoles. Unité science du sol. BP 06 Bamako (Mali). E-mail : aloubadarakouyate@yahoo.fr

Reçu le 14 octobre 2020, accepté le 21 novembre 2020, publié en ligne le 12 décembre 2020

RÉSUMÉ

Description du sujet. La baisse de la fertilité des sols due au prélèvement continu des éléments nutritifs sans compensation en agriculture est la cause principale de la stagnation des rendements, de l'acidification des sols et de la dégradation de l'environnement. L'utilisation de source locale d'amendement serait une alternative pour l'amélioration de la production agricole.

Objectif. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet combiné de l'apport de la dolomie et des engrais minéraux (DAP : 18-46-0 et urée : 46 % N) sur la fertilité du sol, la croissance et le rendement de la variété CSM-388 de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Monch) dans les conditions agroécologiques de Katibougou (zone soudano-sahélienne du Mali).

Méthodes. L'étude a été réalisée à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou sur trois ans (2013-2015). Les facteurs étudiés étaient : (i) le type de fertilisation minérale, facteur principal, à trois (3) niveaux « (F0) sans engrais ; (F1) 100 kg ha⁻¹ de DAP + 50 kg ha⁻¹ d'urée (dose vulgarisée sur le sorgho au Mali) ; (F2) 50 kg ha⁻¹ de DAP + 25 kg ha⁻¹ d'urée » ; (ii) l'apport de la dolomie, facteur secondaire, à quatre (4) niveaux : (D0) sans amendement ; (D1) 1 tonne ha⁻¹ ; (D2) 2 tonnes ha⁻¹ ; (D3) 3 tonnes ha⁻¹. Les trois niveaux de fertilisation (F0 ; F1 ; F2) constituaient les traitements principaux tandis que les quatre (4) niveaux d'apport de la dolomie (D0 ; D1 ; D2 et D3) représentaient les sous-traitements. L'essai a été implanté en split-plot en trois répétitions.

Résultats. Les résultats obtenus ont montré une précocité de maturation du sorgho avec la combinaison F1D2, semi - 50 % épiaison de 71,33 jours après semis (JAS). L'apport combiné de la dolomie avec la fumure minérale a favorisé une augmentation significative de 53 % du rendement en grain. La dolomie, par son pouvoir chaulant, a entraîné une élévation de la valeur du pH du sol, l'amélioration de la disponibilité et l'absorption du phosphore par la plante.

Conclusion. L'utilisation de la dolomie comme source locale d'amendement est une alternative pour l'amélioration de la fertilité des sols acides et de la productivité du sorgho chez les petits producteurs à faible revenu au Mali.

Mots-clés : Dolomie, fertilité, sorgho, acidité, Mali.

ABSTRACT

Combined effects of mineral fertilizer (DAP and urea) with dolomite on soil chemical properties and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Monch) under agro ecological conditions of Katibougou in Mali

Description of the subject. The decline in soil fertility due to removal of nutrients from soil without compensation is the main cause of yields stagnation, soil acidification and environmental degradation. The use of local source of amendment would be an alternative for improving agricultural production.

Objectives. The objective of this study was to evaluate the combined effects of mineral fertilizer (DAP 18-46-0) and urea (46%) with dolomite (CaO 30% - MgO 18%) at different application level on soil chemical properties, yield and early ripening of the CSM-388 sorghum variety (*Sorghum bicolor* (L.) Monch) in Katibogou agro-ecological area (soudano-sahelian zone of Mali).

Methods. The study was carried out at the experimental station of the Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou over three years (2013-2015). The factors studied are: (i) The type of mineral fertilization main factor at three (3) levels “(F0) without fertilizer; (F1) 100 kg ha⁻¹ of DAP + 50 kg ha⁻¹ of urea (recommended rate in Mali); (F2) 50 kg ha⁻¹ of DAP + 25 kg ha⁻¹ of urea”; (ii) The dolomite application

in four (4) levels as secondary factor “(D0) without amendment; (D1) 1 ton ha⁻¹; (D2) 2 tones ha⁻¹; (D3) 3 tones ha⁻¹”. The three rates of mineral fertilizer were the main treatments whereas the four rates of dolomite were the secondary treatments, the experiment was arranged in a split-plot design in three replications.

Results. The results showed early ripening of sorghum was obtained with the F1D2 combination with a number of days from sowing -50 % floraison of 71.33 days after sowing. The combined addition of dolomite with mineral fertilizer resulted in a significant 53% increase in grain yield. Dolomite, through its liming power, has allowed an increase in the pH value of the soil, improving the availability and assimilability of phosphorus by the plant.

Conclusion. The use of local amendment source dolomite is an alternative for improving the soil fertility and sorghum production of low-income small farmers in Mali.

Keywords: Dolomite, fertility, sorghum, acidity, Mali.

1. INTRODUCTION

Les ressources naturelles qui constituent la base des systèmes de production au Mali subissent sous l'influence des aléas climatiques et de la croissance démographique, une pression sans cesse continue qui se traduit par leur surexploitation. Cette situation se caractérise par : (i) une augmentation des superficies défrichées conduisant à la mise en culture des terres à vocation agricole marginale, (ii) une réduction de l'espace sylvo-pastoral, (iii) une réduction de la durée des jachères menaçant le renouvellement naturel de la fertilité des sols, et (iv) une baisse de la fertilité des sols par épuisement des réserves nutritives. Le prélèvement continu et inexorable des éléments nutritifs du sol par les cultures sans compensation, entraîne une baisse de la fertilité des sols et une diminution progressive des rendements des cultures (Bado, 2002). Un grand défi pour la sécurité alimentaire dans le futur est de faire face à l'augmentation croissante de la population dans un contexte environnemental d'infertilité des sols arables. Ceci suppose dans ce contexte, d'assurer une augmentation significative des rendements par l'utilisation des amendements accessibles pour restaurer la fertilité des sols (Hicintuka et Masilya, 2013). L'acidité constitue le facteur limitant la productivité des principales cultures vivrières dont dépendent les populations rurales pour survivre (Molenaar *et al.*, 2008).

L'acidité du sol fait partie des facteurs importants qui peuvent influencer la croissance des plantes et limité la production végétale. Elle dégrade la structure des sols, réduit l'efficacité des engrais et la disponibilité des oligo-éléments et par conséquent, freine la croissance des plantes cultivées en diminuant le rendement (Bukman et Brady, 1960). La restauration des sols acides demande un apport important d'amendements basiques tels les cendres et le calcaire (Omatayo *et al.*, 2009). Ces matériaux sont très peu disponibles pour apporter les bases en quantité suffisante pour le développement des cultures. Ainsi, le moyen le plus simple et le plus efficace pour restaurer les sols acides et éliminer

l'aluminium échangeable réside dans l'utilisation de roches calcaires (Hicintuka et Masilya, 2013).

Au Mali, selon des essais sur l'utilisation des amendements calco-magnésiens, les résultats ont montré que la chaux ou la dolomie (Ca-Mg) ont un impact significatif sur la réduction de la toxicité aluminique et sur la remontée du pH (Delville, 1996). Les résultats des essais effectués sur le cotonnier, avec le Phosphate Naturel de Tilemsi (PNT) et la chaux aux doses respectives d'1 tonne ha⁻¹ et 300 kg ha⁻¹, montrent que, le rendement du coton-graine a augmenté de 1 – 2 % et 9 – 15 % par rapport au témoin respectivement pour la chaux et le PNT (Kanté, 2001). Pour relever le pH d'une demi-unité, il faut en moyenne les quantités d'amendements de 400 à 1000 kg ha⁻¹ de CaO en terres sableuses, 800 à 3000 kg ha⁻¹ de CaO sur les limons et 1300 à 3400 kg ha⁻¹ de CaO en terres argileuses ou humifères (Soltner, 1975). Le relèvement du pH de plus d'une unité à une fois, peut conduire à un déséquilibre nutritionnel et au blocage de certains éléments, le point de référence étant de 0,25 à 0,5 unité (Cremer *et al.*, 2008). Le relèvement du pH induit par les amendements calco-magnésiens élimine tout risque de toxicité, réduit la nocivité du manganèse, augmente l'assimilabilité du molybdène et favorise l'absorption du phosphore (Kaitibie *et al.*, 2002).

Il semble évident que l'apport de la dolomie sur le sol acide améliore la productivité des plantes et donc une option pour une gestion durable de la fertilité des sols par la mobilisation et l'absorption par les plantes des éléments minéraux du sol ou apportés par les engrais. Il est donc important de déterminer l'impact de l'association dolomie avec les engrais minéraux ainsi que la dose de la dolomie qui permet d'améliorer de façon significative la fertilité des sols en favorisant la disponibilité et l'absorption des éléments minéraux par les plantes. La maîtrise de l'acidité sur les terres agricoles par les producteurs ruraux peut contribuer à l'amélioration de la production agricole.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet combiné de l'apport de la dolomie et des engrais minéraux (DAP 18-46-0 et urée 46 % N) sur la fertilité du sol, la croissance et le rendement de la variété CSM-388 de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Monch) dans les conditions agroécologiques de Katibougou.

II. MATERIEL ET METHODES

2.1 Matériel

Site d'étude

L'étude a été conduite pendant 3 ans (Avril 2013 à Décembre 2015) sur la parcelle expérimentale de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) à Katibougou. Ce site est situé entre 12°56' de latitude Nord et 7°37' de longitude Ouest et à une altitude de 326 m. Le climat est de type soudano-sahélien avec une longue saison sèche qui s'étend d'octobre à mai et une courte saison des pluies de juin à septembre. Les précipitations oscillent entre 745,3 et 1042 mm avec une moyenne annuelle de 857,91 mm. Les sols ferrugineux tropicaux sont les types dominants dans la zone.

Composition chimique des fertilisants utilisés

La dolomie utilisée comme amendement au cours de cette étude avait une teneur en CaO de 30 % et de MgO de 18 %.

Engrais utilisés

Les engrais utilisés sont le DAP (18-46-0) et l'urée (46 % d'azote).

Semence de sorgho

La variété locale de sorgho CSM 388 (*S bicolor*) appelée *Jigisèmè* est une variété améliorée par la recherche agronomique à l'Institut d'Economie Rurale (IER) du Mali. Elle a un cycle cultural de 125 jours et un rendement moyen en station de 2,5 t ha⁻¹.

2.2 Méthodes

Dispositif expérimental et collecte des données

L'essai a été conduit sur un dispositif factoriel en split-plot et les facteurs étudiés sont : (i) la fertilisation minérale avec trois (3) niveaux de variation : (F0) sans engrais ; (F1) 100 kg ha⁻¹ de DAP + 50 kg ha⁻¹ d'urée (formule vulgarisée au Mali) ; (F2) 50 kg ha⁻¹ de DAP + 25 kg ha⁻¹ d'urée ; (ii) l'apport de la dolomie à quatre niveaux de variation représentant les (4) doses : (D0) sans dolomie ; (D1) 1 tonne ha⁻¹ de dolomie ; (D2) 2 tonnes ha⁻¹ de dolomie ; (D3) 3 tonnes ha⁻¹ de dolomie. Il est à noter que la dolomie a été apportée avant le semis suivi d'un léger enfouissement et le

DAP au moment de la levée. L'urée a été appliqué en fumure de couverture en deux fractions en début de tallage et à la montaison. Les sous-parcelles avaient une superficie de 15,36 m² et les parcelles principales mesuraient 68,64 m². Les grains de sorgho ont été semés aux écartements de 70 cm x 40 cm et à la profondeur de 4 cm.

Paramètres observés

Les observations ont porté sur les plants situés sur les lignes centrales à raison de quatre par ligne. L'échantillonnage aléatoire simple a été utilisé pour le choix des plants d'observation. Les paramètres suivants ont été évalués :

Durée semis – 50 % épiaison

Les observations ont consisté à apprécier visuellement et par comptage, toutes les panicules depuis le premier jour d'apparition des premières inflorescences jusqu'à ce que la moitié (50 %) des plants émettent des panicules.

Le rendement grains du sorgho et biomasse sèche

Le rendement en grains du sorgho a été déterminé à la récolte après maturation complète des grains. Les panicules récoltées sur chaque parcelle élémentaire ont été séchées au soleil et battues. Les grains du sorgho, après vannage, ont été ensuite pesés.

Le rendement (Rdt) en grains par unité expérimentale a été converti en kg ha⁻¹ en utilisant la formule suivante :

$$\text{Rdt grain (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{Rdt en kg grain m}^{-2} \times 10\,000 \text{ m}^{-2}.$$

Le rendement de la biomasse sèche a été déterminé sur les plants d'observation. La biomasse des plantes a été déterminé après séchage au soleil dans les conditions du milieu ambiant pendant sept jours. Le séchage a été suivi par la pesée avec une balance de précision.

$$\text{Le Rd de la biomasse sèche par unité expérimentale a été aussi converti en kg ha}^{-1} \text{ par la formule : Rd biomasse (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{Rd en Kg de la biomasse m}^{-2} \times 10\,000 \text{ m}^{-2}.$$

Prélèvement et analyse des échantillons de sol

Des échantillons composites ont été prélevés à l'aide de la tarière à la profondeur de 0 - 20 cm avant l'application des engrais et pendant la récolte dans chaque unité expérimentale. Les échantillons ont été soigneusement séchés à l'air et tamisés (tamis de 2 mm de diamètre). Les analyses ont porté sur la détermination du pH eau et du pH KCl (1/2,5), la teneur en phosphore assimilable et en azote total, le taux de carbone organique et l'analyse granulométrique. Le pH a été déterminé

par la méthode de l'extraction à l'eau, le phosphore par la méthode Bray1, l'azote total par la méthode Kjeldahl, la matière organique par la méthode du dosage sulfochromique et l'analyse granulométrique par la méthode de Robinson. L'analyse des échantillons a été faite au laboratoire de chimie des sols de l'IPR/IFRA de Katibougou.

2.3 Analyse statistique des données

L'analyse de la variance (ANOVA) a été faite avec le logiciel STATITCF (Statistiques de l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages/ France). Le test de Soudent-Newman-Keuls (SNK) a servi pour la comparaison des moyennes des traitements au seuil de probabilité de 5 %.

3. RESULTATS

3.1 Analyse du sol

Les résultats d'analyse du sol au moment de l'implantation de l'expérimentation sont consignés dans le tableau 1. Le taux de matière organique est très faible ainsi que celui de l'azote total. Le phosphore assimilable du sol a une teneur de 4,76 mg kg⁻¹ inférieur au seuil critique de 10 mg kg⁻¹. Le sol se caractérise par une faible teneur en éléments nutritifs (azote, phosphore total et assimilable) et un faible taux de matière organique.

Tableau 1. Résultats d'analyse du sol (0-20 cm)

Analyse chimique	
pH eau	5,32
pH KCL	4,23
M.O (gkg ⁻¹)	4,69
N (gkg ⁻¹)	0,19
P total (mgkg ⁻¹)	12,24
P assimilable (mgkg ⁻¹)	4,76
Granulométrie (%)	
Sables	24,47
Limons	71,08
Argiles	4,45
Classe texturale	Limon fin

Légende : M.O : Matière organique ; N : Azote ; P : Phosphore

La classe texturale déterminée à partir de l'analyse granulométrique est composée de limon fin (71,08 %), de sable (24,47 %) et de l'argile (4,45 %).

3.2. Effets de la fertilisation minérale et de la dolomie sur les propriétés chimiques du sol

L'apport de la fumure minérale n'a pas eu un impact significatif aussi bien sur le pH- eau ainsi que sur le pH KCl. La dolomie contrairement à la fumure minérale, son incorporation a permis d'influencer de façon significative le pH du sol en fin d'étude (année 2015). Pour le pH eau, avec

l'apport de la dolomie, aucune différence significative n'a été observée entre les doses D2 et D3, mais par contre, l'application de la D2 et D3 a permis un accroissement significatif ($P < 0,001$) du pH-eau comparativement aux doses D1 et D0 qui du reste sont statistiquement égaux (Tableau 2). La même tendance a été observée avec le pH KCl ; et la dolomie apportée à la dose D1 a favorisé une élévation du pH KCl par rapport au témoin D0. Une augmentation sensible du pH a été observée durant l'expérimentation. La dolomie a permis d'élever le niveau du pH eau de 0,29 à 1,09 unité respectivement entre 2014 et 2015.

Le phosphore assimilable n'a pas été significativement influencé par la fertilisation minérale au cours de l'étude. Le taux de phosphore assimilable a connu une légère baisse au cours de l'expérimentation (Tableau 2). L'apport de la dolomie a significativement ($P < 0.04$) modifié le taux de phosphore assimilable au cours de l'année 2014. Le taux de P assimilable le plus élevé a été enregistré par l'apport de la dolomie à la dose D3 qui a permis un accroissement significatif de la teneur en P assimilable comparativement aux autres traitements (Tableau 2). La fertilisation minérale et la dolomie n'ont pas influencé de façon significative le taux de matière organique du sol. Comme observé avec le phosphore assimilable, une légère baisse du taux de matière organique a été enregistrée au cours de l'expérimentation.

Tableau 2. Effets de la fertilisation minérale et de la dolomie sur les propriétés chimiques du sol

Facteurs	pH Eau		pH KCl		P (mg kg ⁻¹)		M.O (g kg ⁻¹)		Azote (g kg ⁻¹)	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
Fertilisation minérale (FM)										
F0	5,66	6,42	4,67	5,98	5,37	1,30	4,56	0,83	0,25	0,87
F1	5,64	6,30	4,79	5,77	4,22	1,43	4,52	0,98	0,28	0,71
F2	5,53	6,51	4,67	5,92	4,67	1,14	4,15	1,34	0,27	0,5
Fpr	0,55	0,215	0,332	0,201	0,20	0,41	0,12	0,41	0,51	0,35
Dolomie (D)										
D0	5,55	6,08 b	4,59	5,19 c	4,51ab	1,25	4,53	0,9	0,03	0,95
D1	5,46	6,15 b	4,71	5,76 b	4,12 b	1,38	4,18	1,04	0,03	0,67
D2	5,73	6,72 a	4,72	6,28 a	4,75 ab	1,26	4,87	1,06	0,02	0,61
D3	5,71	6,68 a	4,83	6,34 a	5,64 a	1,27	4,07	1,21	0,02	0,65
Fpr	0,23	<0,001	0,178	<0,001	<0,04	0,25	0,35	0,07	0,09	0,25
CV(%)	5,5	4,4	4,6	4,7	4,8	4,50	7,21	8,25	4,84	6,23

Les valeurs affectées d'une même lettre sur la colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %

Légende : P : Phosphore ; M.O : Matière organique ; Moy Générale : Moyenne Générale

Le taux d'azote a connu une évolution inverse que celui de la matière organique et du phosphore assimilable. On note une légère hausse de la teneur en azote total qui a varié de 0,26 g kg⁻¹ en 2014 à 0,72 g kg⁻¹ de sol en 2015. Il faut signaler que l'apport des engrais minéraux et de la dolomie n'a pas eu un impact significatif sur la teneur en azote du sol au cours de l'expérimentation.

L'interaction de la fumure minérale et de la dolomie n'a pas entraîné un impact significatif ($P > 0.05$) sur les différentes propriétés chimiques du sol évaluées au cours de l'étude.

3.3. Effets de la fertilisation minérale et de la dolomie sur la durée semis – 50 % épiaison.

L'apport de la fumure minérale a eu un effet significatif ($P < 0.001$) sur la durée semis - 50 % épiaison en 2014 et 2015. La comparaison des moyennes des traitements montre que la F1 et la F2 statistiquement identiques ont enregistré la durée semis – 50 % épiaison la plus courte, et la plus tardive a été observée sur la parcelle témoin avec la formule F0.

Il ressort des résultats d'analyse de variance que l'apport de la dolomie a affecté très significativement la variable durée semis – 50 % épiaison du sorgho ($p < 0,01$) en 2015. La comparaison des moyennes indique que les trois doses de dolomie D2, D3 et D1 ont présenté la durée semis – 50 % épiaison la plus courte. Egales entre elles, les doses de la dolomie ont donné une durée semis – 50 % épiaison respectivement de 74,11, 74,11 et 74,33 jours. La durée la plus tardive obtenue avec la D0 (sans amendement), qui dans les conditions de l'essai était de 76,78 JAS (Tableau 3 et Figure1).

Tableau 3. Effets de la fertilisation minérale et de la dolomie sur la durée semis – 50 % épiaison

Facteurs	2013	2014	2015
Fertilisation Minérale (FM)			
F0	72,88	82,00b	78,00b
F1	70,88	76,00a	72,58a
F2	72,25	77,00a	73,92a
Fpr	0,0516	<0,001	<0,001
Dolomie (D)			
D0	72,08	79,00	76,78b
D1	72,67	78,00	74,33a
D2	71,83	77,00	74,11a
D3	71,42	79,00	74,11a
Moyenne générale	72,00	78,00	74,83
Fpr	0,21	0,51	0,01
Interaction (Fpr)			
FM x D	0,88	0,65	0,02
CV (%)	2,00	5,30	2,20

Les valeurs affectées d'une même lettre sur la colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %.

L'interaction fertilisation minérale et dolomie a eu un effet significatif sur la durée semis -50 % épiaison en 2015. La combinaison F1D2 présente

une durée semis – 50 % épiaison significativement plus courte (71,33 JAS) comparativement aux autres traitements. Le cycle le plus long a été obtenu avec la combinaison F0D0 (81,33 JAS) (Figure 1).

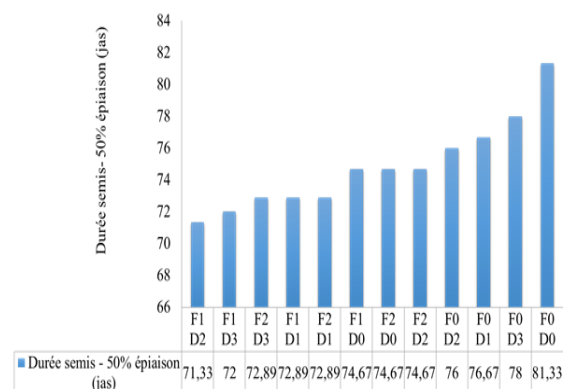


Figure 1. Effets de l'interaction de la fumure minérale et de la dolomie sur la durée semis - 50 % épiaison.

3.4. Effets de la fertilisation minérale et de la dolomie sur le rendement en pailles du sorgho

L'apport de la fertilisation minérale a influencé significativement ($P < 0,05$) le rendement en pailles du sorgho durant les trois (3) années de l'étude (Tableau 4). Les résultats enregistrés ont indiqué une différence significative entre les rendements obtenus dans les parcelles fertilisées avec les formules F1 et F2 par rapport au témoin F0 (parcelle non fertilisée). Cette différence est hautement significative durant les deux dernières années d'étude. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre F1 et F2.

Tableau 4. Effets de la fertilisation minérale et de la dolomie sur le rendement en pailles du sorgho

Facteurs	Rendement pailles (kg ha ⁻¹)		
	2013	2014	2015
Fertilisation minérale (FM)			
F0	5,70b	5,04b	5,58b
F1	8,10a	9,603a	9,91a
F2	7,10 ab	9,31a	10,86a
Fpr	0,0325	<0,001	<0,001
Dolomie (D)			
D0	6,88	7,16	6,27b
D1	6,87	7,76	9,47ab
D2	7,56	9,67	10,57a
D3	7,82	7,33	8,83ab
Moyenne générale	7,28	7,98	8,78
Fpr	0,319	0,12	0,043

Interaction (Fpr)			
FM x D	0,942	0,626	1,00
CV (%)	20,60	29,50	34,80

Les valeurs affectées d'une même lettre sur la colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %

L'apport de la dolomie n'a pas eu un effet significatif sur le rendement en pailles du sorgho durant les deux premières années de l'étude. Par contre, en 2015, son apport a significativement ($P < 0,05$) influencé le rendement en pailles du sorgho (Tableau 4). Les différentes doses de la dolomie appliquées ont permis un accroissement significatif du rendement en pailles du sorgho par rapport au témoin. La dose D2 a donné le rendement le plus élevé avec $10,57 \text{ kg ha}^{-1}$ significativement supérieur à D0 et D1. L'apport combiné de la fumure minérale et de la dolomie n'a pas d'impact significatif sur le rendement en pailles durant les trois années de l'étude.

3.5. Effets de la fertilisation minérale et de la dolomie sur le rendement en grains du sorgho

La fumure minérale a influencé significativement le rendement en grains durant les deux dernières années de l'étude ($P < 0,005$). Bien qu'aucune différence significative n'ait été observée entre les formules F1 et F2, elles ont par contre permis une augmentation significative du rendement en grains du sorgho comparativement au témoin F0 aussi bien en 2014 qu'en 2015. Le taux d'accroissement du rendement en grains avec l'apport de la fumure minérale par rapport au témoin a varié entre 61,67 % et 83,87 % respectivement en 2014 et 2015 (Tableau 5).

Tableau 5. Effets de la fertilisation minérale et de la dolomie sur le rendement en grains du sorgho

Facteurs	Rendement grain (kg ha^{-1})		
	2013	2014	2015
Fertilisation minérale (FM)			
F0	1,24	1,43b	0,98b
F1	1,40	2,36a	1,93a
F2	1,32	2,25a	1,67a
Fpr	0,934	0,002	<0,001
CV (%)	90,30	27,90	22,10
Dolomie (D)			
D0	1,27	1,84	1,16 b
D1	1,26	2,18	1,63 a
D2	1,54	2,05	1,60 a
D3	1,21	1,98	1,71 a
Moyenne générale	1,32	2,01	1,52
Fpr	0,117	0,691	0,01
CV (%)	26,30	18,44	22,10

Interaction (Fpr)			
FM x D	0,25	0,45	0,03
CV (%)	26,30	30,40	22,10

Les valeurs affectées d'une même lettre sur la colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %

Une différence significative entre les doses d'application de la dolomie comparativement au témoin sans dolomie D0 a été observée seulement en dernière année de l'étude (2015). Cependant, il faut noter qu'aucune différence significative n'a été observée entre les doses D1, D2 et D3. L'apport de la dolomie a permis un accroissement du rendement en grains de 41,87 % par rapport au témoin.

De même, les résultats de l'analyse statistique révèlent qu'il y a une différence significative ($P < 0,05$) entre les effets d'interaction des facteurs fertilisation minérale X dolomie sur la productivité du sorgho. C'est ainsi que les combinaisons F1D2, F1D3, F1D1 et F2D3 ont donné des rendements en grains respectivement de 2,14 ; 2,11 ; 2,02 ; et 1,99 $\text{kg de grains ha}^{-1}$. La F0D0 est la combinaison la moins performante avec 0,57 $\text{kg de grains ha}^{-1}$ dans les conditions de l'essai (Tableau 6).

Tableau 6. Effets de l'interaction de la fertilisation minérale et de la dolomie sur le rendement en grains du sorgho

Facteurs	Dose de Dolomie	Rendement grain (kg ha^{-1})		
		2013	2014	2015
F0	D0	1,30	1,11	0,57c
	D1	1,00	1,41	1,20bc
	D2	1,37	1,71	1,28abc
	D3	1,30	1,48	1,03bc
F1	D0	1,31	2,11	1,42abc
	D1	1,34	2,55	2,02a
	D2	1,59	2,30	2,14a
	D3	1,37	2,48	2,11 a
F2	D0	1,21	2,30	1,48ab
	D1	1,45	2,59	1,85ab
	D2	1,66	2,16	1,37abc
	D3	0,96	1,97	1,99a
Fpr		0,36	0,85	0,04
CV (%)		26,30	30,40	22,10

Les valeurs affectées d'une même lettre sur la colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de probabilité de 5 %

4. DISCUSSION

Les résultats de cette étude indiquent que l'apport de la fumure minérale n'a pas eu d'impact significatif aussi bien sur le pH eau ainsi que le pH

KCl. Contrairement à la fumure minérale, l'application de la dolomie a permis d'influencer de façon significative le pH du sol en fin d'étude. Il ressort de ces résultats que les doses de dolomie de 2 t ha⁻¹ et 3 t ha⁻¹ ont amélioré le pH eau et le pH KCl. L'accroissement de la valeur du pH avec l'application de la dolomie s'explique par son pouvoir chaulant résultant de la dissolution de la dolomie entraînant la libération des cations basiques. Szilas *et al.* (2007) ont indiqué que l'application des amendements calciques augmente le taux de calcium, de magnésium échangeable et le pH du sol. Pour ce qui est de l'acidité de réserve, les doses 1 t ha⁻¹, 2 t ha⁻¹ et 3 t ha⁻¹ ont permis de baisser significativement par rapport au témoin sans amendement. Ceci explique donc l'effet positif de l'apport de la dolomie sur la diminution de l'acidité du sol.

Des résultats similaires ont été obtenus par Bado *et al.* (1997) qui ont constaté qu'avec l'application de 2500 kg ha⁻¹, la dolomie neutralise l'aluminium échangeable, augmente très sensiblement la CEC et élève le pH de 0,8 point.

Le phosphore assimilable n'a pas été significativement influencé par la fertilisation minérale au cours de l'étude. Par contre, l'apport de la dolomie a eu un impact sur le taux de phosphore assimilable au cours de l'année 2014. L'application de la dolomie, par la libération du calcium, permet d'élever le niveau du pH du sol. En sol acide (pH < 5,5), l'augmentation de la valeur du pH entraîne une baisse de l'acidité du sol et améliore ainsi la mobilité et le taux de phosphore assimilable du sol. Selon Fabre et Kockmann (2006), l'assimilabilité du phosphore est en partie sous la dépendance du pH. Les pH acides, inférieurs à 5,5, conduisent à la formation de combinaisons insolubles de phosphore avec le fer et l'aluminium libres dans la solution du sol. Toute augmentation du pH favorise la solubilisation des minéraux phosphatés de fer et d'aluminium et entraîne une augmentation de l'absorption du phosphore assimilable par les plantes. La baisse du niveau de la teneur en P assimilable au cours de l'essai peut s'expliquer par une absorption importante des éléments minéraux et principalement du P assimilable de la solution du sol due à un niveau de pH favorable.

La précocité de la maturation (nombre de jours semis- 50 % épiaison) a été significativement influencée par l'apport de la dolomie en fin d'étude. L'efficacité de la dolomie est due probablement à son rôle sur la neutralisation de l'acidité du sol et à l'amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs du sol et de leurs absorptions.

L'apport combiné de la dolomie et de la fumure minérale a permis une maturation précoce du sorgho, cela peut s'expliquer par la fourniture des

éléments majeurs et des oligo-éléments nécessaires à la plante durant sa phase de croissance. Selon Zougmore *et al.* (2004), les amendements, en plus du rôle de stockage ou de rétention des éléments nutritifs, ont une triple action sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol. En outre, ils contiennent des oligo-éléments qui permettent une fourniture immédiate des nutriments et participent à l'élaboration des composantes de rendement. Cependant, il convient de signaler que la fumure minérale en excès entraîne une croissance végétative exagérée.

L'apport des fertilisants a favorisé une augmentation significative des rendements en grains et pailles durant les trois années de l'étude. Cela s'explique par le fait que l'apport de nutriments sur un sol à faible fertilité entraîne une amélioration importante de la production des cultures. Les éléments majeurs tels que l'azote, le phosphore et le potassium par leur effet synergétique lorsqu'ils sont apportés ensemble, conduisent à une augmentation des rendements sur des sols à fertilité faible ou moyenne. Le faible rendement enregistré avec le témoin est dû au fait que sans apport d'éléments fertilisants externes sur un sol infertile, les plantes utilisent le peu de nutriments que le sol est capable de fournir. Le rendement en grains relativement plus élevé avec la formule F1 comparativement à la formule F2 s'explique par l'apport des quantités importantes d'éléments fertilisants.

L'application de la dolomie a amélioré de façon significative les rendements en grains et pailles du sorgho surtout en dernière année de l'étude. Bado *et al.* (1997), ont indiqué qu'un apport de la dolomie entre 1,5 à 2,5 t ha⁻¹, augmente de façon significative les rendements du maïs et du sorgho en deuxième et troisième années d'étude grâce à l'amélioration de la nutrition calcique et magnésienne. En effet, il a été observé que dans les essais de longue durée, où les rendements baissent avec le temps, le chaulage permet de remonter la production au niveau initial et de reconstituer l'efficacité des engrais (Delville, 1996).

Il ressort de l'analyse des résultats que la combinaison de la dolomie avec la fumure minérale a amélioré de façon significative le rendement en grains à la troisième année de l'étude. Ceci peut s'expliquer par l'efficacité des engrais minéraux combinés à la dolomie sur la croissance, le développement et la productivité du sorgho par rapport à la seule application des engrais minéraux. La combinaison de la fumure minérale à la dose élevée F1 (100 kgha⁻¹ de DAP + 50kgha⁻¹ d'urée) avec les différents niveaux d'application de la dolomie ont donné le meilleur rendement de même que la dose D3 (3 tonnes ha⁻¹) de la dolomie combinée avec la formule F2 (50 kg ha⁻¹ de DAP

+25 kg ha⁻¹ d'urée). Ces résultats indiquent que l'apport des doses croissantes (jusqu'à l'optimum) de la fumure minérale peut permettre d'améliorer significativement le niveau et la disponibilité des éléments fertilisants et leurs absorptions par la plante à partir de la solution du sol. Aussi, la dolomie par son action à long terme, permet d'améliorer la disponibilité et l'absorption des éléments minéraux comme le phosphore suite au relèvement du pH du sol. L'apport de la dolomie permet par son arrière effet et sa dissolution continue, de lutter efficacement contre l'acidité du sol qui est avec la faible disponibilité en phosphore, les contraintes majeures à la production agricole dans la zone. Au cours de cette étude, l'application de la dolomie a favorisé un accroissement du rendement en grains de sorgho de 41,87 % par rapport au témoin. Des résultats similaires ont été rapportés par Bado (2002), qui dans ses essais de longue durée menés à Kouaré et Farakô-Ba au Burkina Faso, a montré que comparativement aux parcelles témoins non fertilisées, l'engrais minéral NPK a permis de tripler les rendements moyens du sorgho. Aussi, l'application de la dolomie avec l'engrais minéral permettait d'augmenter les rendements grains moyens du sorgho de 34 et 264 % à Kouaré et de 30 % à 138 % à Farakô-Ba, comparativement à l'engrais NPK et au témoin. En effet, l'apport d'amendements alcalins (chaux agricoles ou dolomie) permet de restaurer, voire d'améliorer le niveau moyen des rendements, leur stabilité annuelle et l'efficacité des engrais.

5. CONCLUSION

Ce travail a porté sur l'évaluation de la combinaison de la fertilisation minérale avec la dolomie comme amendement sur les performances agronomiques du sorgho et sur les propriétés physico-chimiques du sol. Les résultats obtenus ont montré un impact positif de la fertilisation sur la précocité de maturation du sorgho et sur l'amélioration de la fertilité du sol. Ceci s'est traduit par des rendements plus élevés sur les parcelles fertilisées par rapport au témoin. Cependant, la combinaison de la formule F1 (100 kg ha⁻¹ de DAP + 50 kg ha⁻¹ d'urée) avec les différentes doses de la dolomie et la formule F2 (50 kg ha⁻¹ de DAP +25 kg ha⁻¹ d'urée) avec la dose D3 (3 tonnes ha⁻¹ de dolomie) ont permis d'obtenir les rendements en grains du sorgho les plus élevés. L'application des amendements a entraîné une élévation du niveau du pH eau et KCl et l'amélioration du taux d'azote du sol. Ces résultats montrent que la dolomie combinée avec la fumure minérale peut être une alternative pour améliorer la fertilité des sols et la production du sorgho dans la zone d'étude

Références

- Bado BV., 2002. *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso*. Thèse de doctorat, Université de Laval (Québec), Faculté des études supérieures, 184 p.
- Bado BV., Sédogo PM. & Cescas MP., Lompo F. & Bationo A., 1997. Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahiers Agric.*, 6(6), 547-626
- Buckman H O., Brady N C., 1960. The nature and properties of soil. *Soil science*, 90(3), 212 p.
- Cremer S., David K & Pierre L., 2008. *Les amendements basiques ou chaulage des prairies*. 7 p. <http://www.fourragesmieux.be> (2/6/2015).
- Delville P L., 1996. *Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel*. Collection le point sur, GRET – Ministère de la Coopération Française – CTA, 397 p.
- Fabre B. & Kockmann F., 2006. Les effets du chaulage sur les prairies permanentes ou de longue durée - Synthèse bibliographique. *Fourrages*, 185, 103 – 122.
- Hicintuka C. & Masilya, P M., 2013. *Gestion optimale et intégrée de la fertilité des sols acides du Burundi*. Vertigo- la revue électronique en science de l'environnement, Hors serie.10 p. <http://journals.openedition.org/vertigo> (19/09/2020).
- Kaitibie S., Epplin F M., Krenzer EA. & Zhang H., 2002. Economics of lime and phosphorus application for dual-purpose winter wheat production in low-pH soils. *Soil Sci. Am. J.*, 94, 1145-1145.
- Kante S., 2001. *Gestion de la fertilité des sols par classe d'exploitation au Mali-Sud*. Thèse de Doctorat, Université de Wageningen, Département Plant Production Systems-Laboratory soil science and geology, 239 p.
- Molenaar JW., Kessler JJ & Breman H., 2008. *L'agroforesterie dans le cadre de l'intensification agricole*. IFDC catalyst. Kigali, 43 p
- Omatayo O E. & Chukwuka, KS., 2009. Soil fertility restoration techniques in Sub-saharan Africa using organic resources. *African journal of Agricultural research*, 4, 3, 144 -150.
- Soltner D., 1975. *Phytotechnie générale - les bases de la production végétale. Le sol le climat la plante* 4e ed. Collection sciences et techniques agricoles. Editeur IMP de l'ANJOU, 229 p.
- Szilas C., Semoka, JMR. & Borgaard, OK., 2007. Establishment of an agronomic database for Minjingu phosphate rock and example its potential use. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 78, 225 - 237.
- Zougmore R., Ouattara K., Mando A. & Ouattara B., 2004. Rôle des nutriments dans le succès des techniques de conservation des eaux et des sols (cordons pierreux, bandes enherbées, zaï et demi-lunes) au Burkina Faso. *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 15(1), 41-48.