

Performances agronomiques comparées des bio-phospho-composts sur la croissance et le rendement du riz (*Oryza sativa* L.) et du maïs (*Zea mays* L.) dans l'ouest de la Côte d'Ivoire

[Comparative agronomic performance of bio-phospho-composts on rice (*Oryza sativa* L.) and maize (*Zea mays* L.) growth and yield in western Côte d'Ivoire]

Boueunan Wongbe Beralex¹, Affi Jeanne Bongoua-Devisme¹, Faustin Odi Akotto¹, and Lemonou Franck Michaël Bahan²

¹Laboratoire de Pédologie, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Felix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

²Centre National de Recherche Agronomique-CNRA, BP 4040 station de recherche de Man, Côte d'Ivoire

Copyright © 2026 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A rapid population growth in Côte d'Ivoire, notably in Man, leads to progressive degradation of agricultural soils, amplified by a heavy reliance on chemical fertilizers. To address this, the study evaluates the agronomic performance of three different bio-phospho-composts made from varying doses of Moroccan phosphate rock (150, 300, and 450 kg/ha). Field trials were conducted over three cycles to determine their effects on the agronomic parameters of rice and maize. Results show that, under high doses of phosphate rock (RP) (T3 to T6), grain yields range from 3.5 to 5.5 t/ha for rice and 3.93 to 5.5 t/ha for maize. Conversely, low RP doses (T1–T2) produce grain yields from 1.77 to 2.79 t/ha for rice and 1.77 to 3.5 t/ha for maize. The association of biofertilizers with chemical fertilizers (KCl, urea) strongly increases all agromorphological parameters ($p < 0.0001$) compared with treatments without chemical fertilizers (T2, T4, T6). However, treatment T6 with 450 kg RP/ha, without chemical fertilizer, shows an even more marked improvement, surpassing treatments with chemical fertilizers (T1 and T3) and recording a relative yield increase (TAR) of 319.76% compared with T0 under T6. Under T1 and T3, TARs are 179.89% and 295.52% respectively. The 450 kg RP/ha dose appears optimal for increasing the productivity of rice and maize. The study highlights the need for dynamic and crop-cycle-specific fertilization management to ensure sustainable production.

KEYWORDS: compost, organic fertilization, acidic soils, rice, corn, chemical fertilizer, phosphate rock.

RESUME: Une croissance démographique rapide en Côte d'Ivoire, notamment à Man, entraîne une dégradation progressive des sols agricoles, accentuée par une forte dépendance aux engrais chimiques. Pour remédier à cette situation, l'étude évalue les performances agronomiques des trois différents bio-phospho-composts fabriqués à partir de différentes doses de roche phosphatée marocaine (150, 300 et 450 kg/ha). Des essais au champ ont été menés sur trois cycles pour déterminer leurs effets sur les paramètres agronomiques du riz et du maïs. Les résultats montrent que, sous des fortes doses de roche phosphatée (RP) (T3 à T6), le RDG varie de 3,5 à 5,5 t/ha pour le riz et de 3,93 à 5,5 t/ha pour le maïs. À l'inverse, les traitements à faibles doses de RP (T1–T2) produisent des RDG entre 1,77 et 2,79 t/ha pour le riz et de 1,77 à 3,5 t/ha pour le maïs. L'association biofertilisants–fertilisants chimiques (KCl, urée) augmente fortement tous les paramètres agromorphologiques ($p < 0,0001$) des cultures par rapport aux traitements sans engrais chimiques (T2, T4, T6). Toutefois, le traitement T6 avec 450 kg RP/ha, sans fertilisant chimique, montre une amélioration encore plus marquée en surpassant les traitements avec fertilisants chimiques (T1, T3 et T5) et affiche un TAR de 319,76% par rapport à T0 sous T6 et de 179,89% et 295,52% sous T1 et T3 respectivement. La dose de 450 kg RP/ha apparaît optimale pour augmenter la productivité des cultures. L'étude souligne la nécessité d'une gestion adaptée de la fertilisation à chaque cycle pour assurer la durabilité de la production.

MOTS-CLEFS: compost, fertilisation organique, sols acide, riz, maïs, fertilisant chimique, roche phosphatée.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, le riz (*Oryza sativa* L.) et le maïs (*Zea mays* L.) constituent les deux cultures céréalières les plus importantes, occupant une place stratégique dans les systèmes agricoles et alimentaires du pays [1]. En raison de leur contribution majeure à l'alimentation

humaine et animale, ces cultures sont généralement fertilisées de manière intensive par des engrais chimiques afin de satisfaire les exigences de production. Cette approche, efficace à court terme, soulève néanmoins des préoccupations relatives à ses impacts environnementaux et à la viabilité à long terme des systèmes de production.

Dans ce contexte, le développement de stratégies alternatives, notamment l'utilisation de biofertilisants tels que les bio-phospho-composts, apparaît comme une solution innovante et durable. Ces composts visent à préserver la fertilité des sols tout en atténuant les effets négatifs liés à l'usage intensif des engrais chimiques [2, 3, 4].

De multiples travaux ont démontré les effets bénéfiques des composts sur les rendements et les caractères morpho-agronomiques de diverses cultures. Ainsi, [5] et [6] ont montré que l'incorporation du compost au sol permet d'accroître les rendements de la laitue et de la tomate, confirmant l'intérêt de la fumure organique dans l'amélioration de la production. Des résultats similaires ont été observés, avec le compost des ordures ménagères, des résidus de récoltes, ou/et du fumier, pour d'autres cultures: la laitue [6], le navet [7], l'oignon, [7], le poireau [8], le riz [9, 10], et le maïs [11]. Par ailleurs, l'association de résidus organiques avec de la roche phosphatée s'est révélée efficace pour améliorer la productivité des céréales. Des études en laboratoire ont également montré que la présence de bactéries solubilisatrices de phosphates peut augmenter la biodisponibilité du phosphore contenu dans la roche phosphatée, stimulant ainsi l'absorption des nutriments par les plantes [12, 13, 14]. Cependant, peu d'études ont exploré l'effet combiné de ces trois composantes (résidus organiques, microorganismes solubilisateurs de phosphate, et roche phosphatée) dans un compost unique élaboré selon des doses optimisées. Il existe donc un besoin de recherche pour évaluer leurs performances agronomiques, écologiques et économiques.

C'est dans cette optique que trois bio-phospho-composts à base de roche phosphatée (à doses variables), de pailles de riz ou de maïs, de fientes de volaille et de bactéries solubilisatrices de phosphates ont été élaborés en vue d'évaluer leur performance agronomique sur le riz et le maïs. L'efficacité de ces différents bio-phospho-composts sera évaluée en termes de paramètres agro-morphologiques des deux céréales après trois cycles de cultures successifs.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 CHOIX DES SITES

L'étude a été conduite dans la région de Man, plus précisément à Dompleu (7°20'19"N, 7°31'11"O), où deux types de parcelles ont été sélectionnées pour la mise en place des essais au champ: une parcelle de bas-fond de 701 m² (07°21'12"N, 07°36'19"O), destinée à la culture du riz irrigué, et une parcelle de plateau de 1100 m² (07°20'57" N, 07°36'19"O), réservée à la culture du maïs.

Avant la mise en place des essais au champ, des échantillons de sol ont été prélevés à la tarière à une profondeur de 0-20 cm sur chaque parcelle suivant leurs diagonales et mélangés pour obtenir un échantillon composite par parcelle. Chaque échantillon composite a ensuite été tamisé à 2 mm et séché à l'air libre, en vue des analyses physico-chimiques préalables à l'expérimentation au champ.

La caractérisation physico-chimique des sols a porté sur les propriétés physiques (granulométrie) et chimiques, notamment le pH, le carbone total (C), l'azote total (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et la capacité d'échange cationique (CEC). Ces analyses ont été réalisées au Laboratoire des Sols et des Végétaux de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro.

2.2 MATÉRIEL

2.2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Deux types de cultures ont été utilisés dans le cadre de cette étude: le riz et le maïs.

Pour le riz, la variété WITA 9, également connue sous le nom de Nimba, a été fournie par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Man. Il s'agit d'une variété améliorée issue du croisement entre IR2042-178-1 et CT19, spécifiquement adaptée aux zones de bas-fonds (Figure 1A). Elle se caractérise par un cycle végétatif long, d'environ 120 jours, et offre un rendement moyen de 6 t/ha, avec un potentiel pouvant atteindre 10 t/ha [14]. Concernant le maïs, la variété EV 87/28 SR a été choisie pour sa culture sur les parcelles de plateau. C'est une variété à grain jaune, reconnue pour sa richesse en protéines et sa tolérance à la striure virale (Figure 2B). Elle présente un cycle ultra-précoce de 85 à 90 jours et un rendement moyen estimé à 2,5 t/ha [15].



Figure 1A



Figure 2B

Fig. 1. Matériel végétal: (A) variété WITA 9; (B) la variété EV 87/28 SR

2.2.2 AMENDEMENT NATUREL

La roche phosphatée (RP) utilisée provient du Maroc et a été fournie par l'OCP-Africa (Office Chérifien des Phosphates). Sa composition chimique est donnée dans le Tableau I.

Tableau 1. Composition chimique de la roche phosphatée du Maroc

Eléments chimiques	P ₂ O ₅	CO ₂	SO ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	F ₂ O	H ₂ O
Teneur (%)	30	6,44	1,29	6,64	49,54	1,16	0,2	0,41	2,21	2,13

2.2.3 BIOFERTILISANTS

Trois types de composts, désignés C1, C2 et C3, ont été utilisés dans le cadre de cette étude. Ils ont été élaborés à partir de trois doses croissantes de roche phosphatée du Maroc (RPM), à raison de 150 kg/ha pour C1, 300 kg/ha pour C2 et 450 kg/ha pour C3, selon la méthode décrite par [16].

Les principales caractéristiques chimiques de ces bio-phospho-composts sont présentées dans le Tableau II ci-dessous.

Tableau 2. Caractéristiques chimiques des composts élaborés C1 (150 kg RPM/ha), C2 (300 kg RPM/ha) et C3 (450 kg RPM/ha)

Paramètres	C1	C2	C3	Norme NFU 44- 051
pHeau	7,8a	8,1a	8,4a	
P ₂ O ₅ total (% MS)	0,64c	1,25b	1,92a	< 3 %
C organique (% MS)	18,9a	17,5ab	17,35ab	< 3 %
N total (% MS)	1,6a	1,65a	1,7a	< 3 %
MO (g.kg-1 sol sec)	37,8 a	35,5 ab	34,7 ab	> 25 %
C/N	11,81a	10,75a	10,20a	> 8
K ₂ O (% MS)	1,22b	2,05b	2,53a	< 3 %
Na (% MS)	0,68b	0,74b	0,93a	
Ca (% MS)	24,17a	25,43a	26,2a	
Mg (% MS)	1,13a	1,77a	1,85a	
Mn (mg/ kg MS)	444b	489b	599a	
Fe (mg/ kg MS)	2513c	3248b	4427a	
Zn (mg/ kg MS)	135c	167b	189a	< 600 mg/kg MS
Taux de décomposition (%)	78	93,5	98,5	

2.3 MÉTHODES

2.3.1 CONDUITE DE L'ESSAI

Les parcelles expérimentales ont été aménagées à deux niveaux topographiques: un bas-fond de 701 m² destiné à la culture du riz et un plateau de 1100 m² réservé à celle du maïs. Ces parcelles ont d'abord été défrichées manuellement, puis débarrassées des débris végétaux afin de les préparer à la mise en culture. Chaque parcelle a été subdivisée en 40 micro-parcelles:

- Pour le riz, les micro-parcelles ont mesuré 12 m² chacune (3,5 m × 3,4 m);
- Pour le maïs, elles ont fait 15 m² (3 m × 5 m).

Ces micro-parcelles ont été organisées en cinq blocs de huit (08) micro-parcelles, correspondant chacune à un traitement expérimental distinct. Pour la parcelle de bas-fond, une diguette de 0,20 m de hauteur et de 0,5 m d'épaisseur délimite chaque micro-parcelle, trois (03) canaux d'irrigation de 1 m d'épaisseur et 0,5 m de hauteur ont été installés entre les blocs, et quatre (04) canaux de drainage de 0,5 m d'épaisseur et 0,5 m de hauteur ont été aménagés en périphérie. Alors que pour les parcelles de plateau (maïs), les micro-parcelles ont été délimitées par des allées de 1 m.

L'expérimentation a été conduite selon un dispositif en blocs complètement randomisés comportant huit traitements. Chaque bloc représentait une répétition. Huit (08) traitements ont été testés: T0: Sans compost, avec apport de N et K (témoin positif); T0a: Sans compost, sans apport de N et K (témoin négatif); T1: C1 + N + K; T2: C1 sans N et K; T3: C2 + N + K; T4: C2 sans N et K; T5: C3 + N + K; T6: C3 sans N et K (Figure 2 et 3).

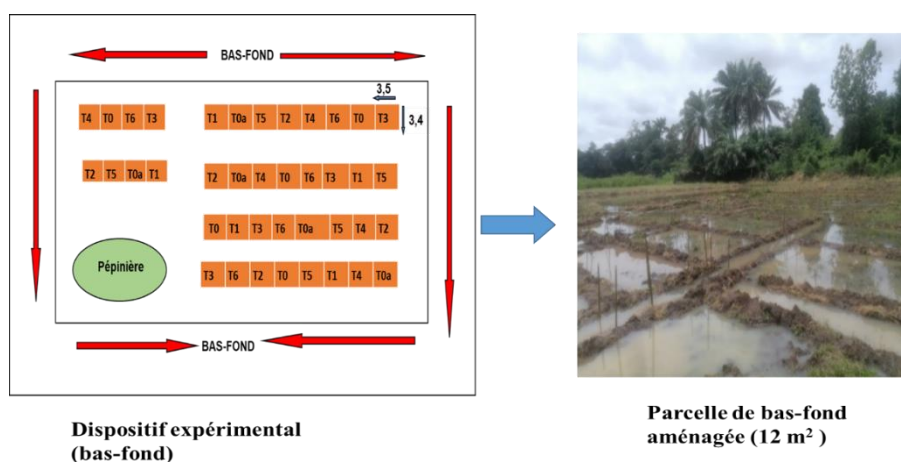


Fig. 2. Dispositif du bloc complet randomisé au bas fond

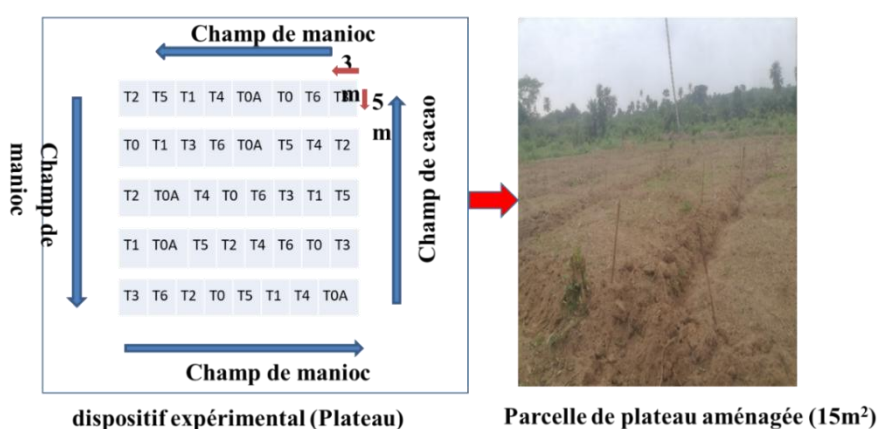


Fig. 3. Dispositif du bloc complet randomisé (parcelle de plateau)

Après le labour, les composts élaborés ont été appliqués en fumure de fond, uniquement au début du premier cycle, soit:

- 9 kg de compost par micro-parcelle de riz, équivalant à 7,5 t/ha;
- 11,25 kg de compost par micro-parcelle de maïs, également équivalant à 7,5 t/ha.

De même, en se basant sur la dose de l'engrais NPK 15/15/15 recommandé pour le riz et le maïs, l'engrais chlorure de potasse (KCl) à 60% K et l'urée à 46% N ont été apportés en raison de 50 kg KCl.ha⁻¹ et 100 kgN.ha⁻¹, comme fumure de fond et fumure d'entretien respectivement. L'urée 46% N a été apportée à la dose de 50 kgN/ha au tallage et 50 kgN/ha à la montaison. La quantité de P, N, K apportés lors des essais est présenté dans le tableau III.

Après l'application du compost et des fertilisants azotés et potassiques selon les traitements dans les micro-parcelles, les grains de maïs ont été semés 10 jours après de l'apport du compost sur la parcelle de plateau. En revanche, les plants de riz paddy (variété WITA 9), âgés de 15 jours, issus des pépinières, ont été transplantés dès le lendemain de l'apport du compost dans les micro-parcelles du bas-fond.

Afin de limiter la concurrence entre les cultures et les adventices, des désherbages manuels ont été réalisés en fonction des besoins. Aucun traitement insecticide ni fongicide n'a été appliqué sur les parcelles de bas-fond destinées à la culture du riz. En revanche, sur les parcelles de plateau cultivées en maïs, un traitement insecticide a été nécessaire pour lutter contre les attaques d'insectes, à l'aide d'un produit liquide commercialisé sous le nom de KAPAAS.

Quelle que soit la spéculation, l'expérimentation a été reconduite sur trois années successives, correspondant à trois (03) cycles de culture pour le riz et le maïs. Les bio-phospho-composts élaborés, source principale de phosphore dans le dispositif, ont été appliqués qu'au cours du premier cycle, afin d'évaluer leur effet résiduel sur les cultures. En revanche, les fertilisants azotés et potassiques ont été appliqués à chaque cycle.

2.3.2 COLLECTE DES DONNÉES

2.3.2.1 COLLECTE DES DONNÉES AGRONOMIQUES DU RIZ

À la maturité, soit 120 jours après la germination, plusieurs paramètres agronomiques ont été évalués à la récolte du riz. Le nombre de talles (Tal) et le nombre de panicules (Pan) par poquet ont été déterminés par comptage, en ne considérant que les pieds fertiles (ayant produit des panicules). Ces mesures ont été réalisées dans un carré de rendement pour chaque traitement.

La hauteur des plants (en cm) a été mesurée à l'aide d'une toise, depuis la base du plant jusqu'à l'extrémité de la feuille la plus haute.

La biomasse aérienne, composée de la paille, des panicules, des talles et des feuilles, a été récoltée dans chaque carré de rendement, puis séchée à l'air libre. Elle a ensuite été pesée afin de déterminer le rendement en paille (RDP), exprimé en grammes par mètre carré (g/m²), puis converti en kilogrammes par hectare (kg/ha) selon la formule suivante:

$$\text{RDP (t.ha}^{-1}\text{)} = (\text{Masse paille sèche (g)} / \text{Surface de récolte (m}^2\text{)}) \times (10000/1000) \quad (1)$$

Le rendement en grains (RDG) a été déterminé après un double séchage des grains: d'abord à l'air libre, puis à l'étuve à 65 °C pendant 72 heures. Le RDG a ensuite été calculé, à partir de la pesée de 1000 grains, en ramenant le poids des grains à un taux d'humidité standard de 14 %, selon la formule suivante:

$$\text{RDG} = (\text{Masse des grains sec (g)} \times 10000 \times (100-H) / \text{Surface de récolte (m}^2\text{)} \times 1000 \times 86) \quad (2)$$

Où RDG: rendement en grain en t.ha⁻¹; H = taux d'humidité à la récolte en %; mf = masse des grains frais en g; ms = masse de grains secs en g où $H = 100 \times (mf - ms) / mf$.

2.3.2.2 COLLECTE DES DONNÉES AGRONOMIQUES DU MAÏS

À maturité, les données collectées sur le maïs ont porté sur plusieurs paramètres agronomiques, notamment: la hauteur des plants par m², l'épaisseur des feuilles paniculaire, le poids des grains, la fréquence de plants fertiles par maïs, l'aspect végétatif des plants, le nombre de grain par épis, le nombre d'épis par plant et le rendement en grain et en paille.

Le nombre d'épis par plant a été déterminé par comptage direct sur l'ensemble des plants présents dans les carrés de rendement. Le nombre de grains par épi a été estimé à partir de 10 épis prélevés au hasard dans ces mêmes carrés. Ces données ont permis de déterminer le nombre d'épis par plant fertile ainsi que le nombre moyen de grains par épi.

Le poids du maïs a ensuite été estimé à partir du poids moyen de 100 grains (P), en utilisant la formule suivante:

$$\text{Poids sec (kg/m}^2\text{)} = (\text{nombre de plantes fertiles par m}^2\text{)} \times (\text{nombre d'épis par plante fertile}) \times (\text{nombre de grains par épi}) \times (\text{poids de 100 grains en g}) \times 10^{-3} \quad (3)$$

Le rendement en grain (RDG), ajusté à un taux d'humidité de 14 %, a été calculé à l'aide de la formule suivante:

$$\text{RDG (t ha}^{-1}\text{)} = (\text{Poids sec en grain (kg/1 (m}^2\text{)}) \times (10000/1000) \times ((100-H) / 86) \quad (4)$$

Avec H: taux d'humidité;

$H \text{ (p.c.)} = (M_{\text{frais}} - M_{\text{sec}} / M_{\text{frais}}) \times 100$; avec M = masse de la quantité de maïs

Le rendement en paille (RDP) a été estimé à partir de la matière sèche totale (MST) prélevée dans les carrés de rendement, selon la formule:

$$\text{RDP (t ha}^{-1}\text{)} = (\text{poids sec en paille (kg)} / 1 \text{ (m}^2\text{)}) \times (10000/1000) \quad (5)$$

Tableau 3. Quantité (kg ha⁻¹) d'éléments fertilisants (P₂O₅, N et K, RM, compost) apportés par traitement

Traitements	Doses d'engrais apportés (kg ha ⁻¹)					Quantité d'éléments fertilisants apportés (kg ha ⁻¹) par les différents traitements		
	Compost à la dose de RP	P2O5	KCl	Urée	Quantité totale de fertilisant	N	P	K
T0a (-C- NK)	0	0	0	0	0	0	0	0
T0 (-C+ NK)	0	0	50	100	50 KCl + 100 Urée	46	0	30
T1 (C1+ NK)	150	45	50	100	Compost 1 à la dose 150 RP + 50 KCl + 100 Urée	46	19,65	30
T2 (C1- NK)	150	45	0	100	Compost 1 à la dose 150 RP	0	19,65	0
T3 (C2+ NK)	300	90	50	100	Compost 2 à la dose 300 RP + 50 KCl + 100 Urée	46	39,3	30
T4 (C2- NK)	300	90	0	100	Compost 2 à la dose 300 RP	0	39,3	0
T5 (C3+ NK)	450	135	50	100	Compost 3 à la dose 450 RP + 50 KCl + 100 Urée	46	58,95	30
T6 (C3- NK)	450	135	0	100	Compost 3 à la dose 450 RP	0	58,95	0

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE ET MICROBIOLOGIQUE INITIALES DES SOLS DES PARCELLES ÉTUDIÉES

La caractérisation des sols de Dompleu révèle une texture sablo-limoneuse, composée de 61,1 % de limon et 30,9 % de sable au bas-fond et une texture sablo-argilo-limoneuse avec 50,2% de sable, 30,52% d'argile et 18,92% de limon (Tableau IV). Dans l'ensemble, le sol de bas-fond est moyennement acide avec un pHeau de 5,2 et un pH_{KCl} = 4,1 comparativement au sol de plateau qui est plus acide avec un pHeau de 4,9 et un pH_{KCl}= 3,9 (Tableau IV). La différence de pH ($\Delta\text{pH} = \text{pHeau} - \text{pH}_{\text{KCl}}$) est $\Delta\text{pH} > 1$ pour les deux parcelles étudiées traduisant un fort potentiel d'acidification des sols.

Quel que soit les parcelles étudiées, les teneurs en azote (0,06 % à 0,6%), phosphore (0,91% à 0,97%), potassium (0,08 à 0,09%), carbone (0,64 %) et matière organique (1,1 %) sont faibles. Une décomposition normale de la matière organique est observée, avec un rapport C/N de 10,7 pour le bas-fond et de 11 pour le plateau (Tableau IV). La capacité d'échange cationique (CEC) est faible (14 à 15,1 cmol+.kg⁻¹) et le taux de saturation est moyen (inférieur à 60 %) (Tableau IV).

Tableau 4. Caractéristiques physico-chimiques des sols de bas-fond (BF) et plateau (PLT) avant expérimentations

Paramètres	Valeur BF	Valeurs PLT
Argile (%)	8	30,52
Limon (%)	61,1	18,92
Sable (%)	30,9	50,2
pHeau	5,2	4,9
pH _{KCl}	4,1	3,9
P total (g.kg ⁻¹ sol sec)	9,125	4,3
P assi (g.kg ⁻¹ sol sec)	4,3	0,89
C organique (g.kg ⁻¹ sol sec)	6,4	6,4
N total (g.kg ⁻¹ sol sec)	0,6	0,6
MO (g.kg ⁻¹ sol sec)	11,01	11,07
C/N	10,7	11
K (g.kg ⁻¹ sol sec)	0,9	0,8
Na ⁺ (mmol+.kg ⁻¹)	0,45	0,10
Ca ⁺⁺ (mmol+.kg ⁻¹)	2,967	2,88
Mg ⁺⁺ (mmol+.kg ⁻¹)	0,53	0,75
Al ⁺⁺⁺ (mmol+.kg ⁻¹)	0,106	0,60
CEC (mmol+.kg ⁻¹)	15,11	14
S/T %	59,9	54,89

Le dénombrement de la microflore bactérienne totale (BT) cultivable sur les parcelles de bas-fond et de plateau a révélé une différence très hautement significative ($P < 0,0001$), avec une abondance nettement plus élevée dans les sols de bas-fond: 56.10^3 bactéries. g^{-1} sol sec contre $44,08 \cdot 10^3$ bactéries. g^{-1} sol sec au plateau. De même, pour les bactéries solubilisatrices de phosphate (BSP), le nombre dénombré est également significativement plus élevé ($P < 0,0001$) dans les sols de bas-fond, $3,1.10^3$ bactéries. g^{-1} sol sec, contre $1,1.10^3$ bactéries. g^{-1} sol sec au plateau (Tableau V). Quel que soit la situation topographique, le nombre moyen de bactéries totales aérobies cultivables sur le milieu Nutrient Broth (NB) est de 50.10^3 bactéries/g de sol sec et est très hautement significativement à $P < 0,0001$ plus importante que celle solubilisatrices du phosphore (BSP) avec $2,1 \cdot 10^3$ bactéries /g de sol sec (Tableau V)

Tableau 5. Nombre de bactéries totales (BT) $\times 10^3/g$ sol sec et de bactéries solubilisatrices des phosphates (BSP) $\times 10^3/g$ sol sec présentes sur les sols de bas-fond et de plateau

Site	BT	BSP	Pr
Bas-fond	56 ± 9^a	$3,1 \pm 0,5^b$	Pr* $< 0,0001$
Plateau	$44,08 \pm 6^a$	$1,1 \pm 0,5^b$	Pr* $< 0,0001$
Moyenne	$50,04 \pm 7^a$	$2,1 \pm 0,5^b$	Pr* $< 0,0001$

Données dans la même ligne suivie des lettres (a, b) présentent des différences significatives selon le Test de Student à $Pr < 5\%$. *** très hautement significatif au seuil de $Pr < 5\%$; ** très significatif au seuil de $Pr < 5\%$.

3.2 EFFET DES BIO-PHOSPHO- COMPOSTS SUR LES PARAMÈTRES AGRO-MORPHOLOGIQUES DES PLANTS DE RIZ

Les figures 4 et 5 illustrent les paramètres agro-morphologiques moyens du riz, notamment la hauteur des plantes, le nombre de talles et de panicules par mètre carré, ainsi que le rendement en grains (RDG) et en paille (RDP) par hectare, et l'indice de récolte (IR), en fonction des différents traitements. Ces traitements correspondent aux doses de roche phosphatée (RP) ajoutées dans le biophosphocompost, avec ou sans l'ajout de fertilisants chimiques (KCl, urée).

Les analyses statistiques révèlent des différences très hautement significatives ($p < 0,0001$) des paramètres agro-morphologiques entre les sols amendés avec du biophosphocompost (traitements T1 à T6) et les sols non amendés (T0a et T0).

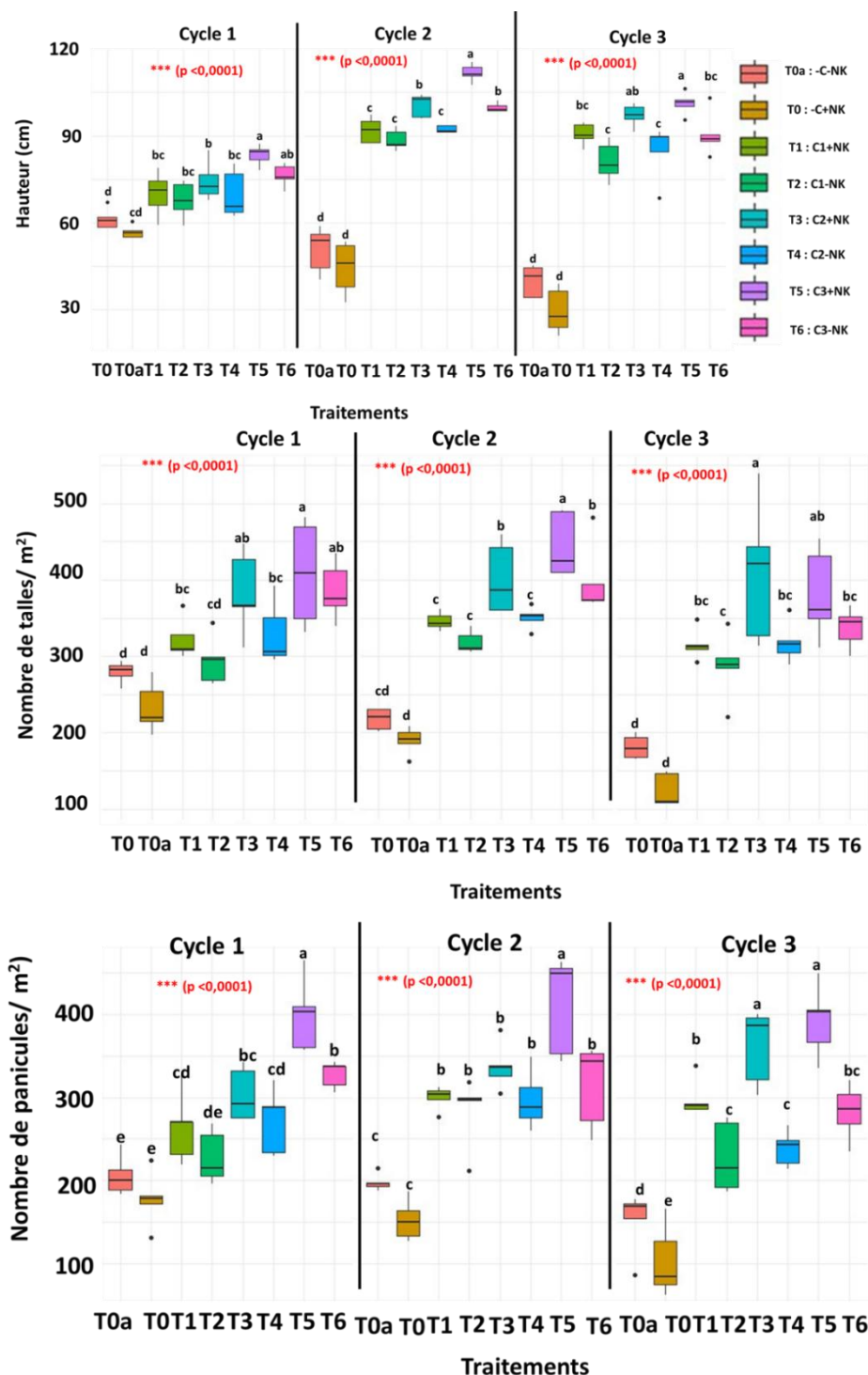


Fig. 4. Boxplot représentant la répartition de la hauteur (cm), du nombre de tiges et de panicules du riz / m² sous différents traitements au cours de trois (03) cycles de culture. Les Boxplots suivis de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls $p < 0,05$. *** très hautement significatif au seuil de $p < 0,05$

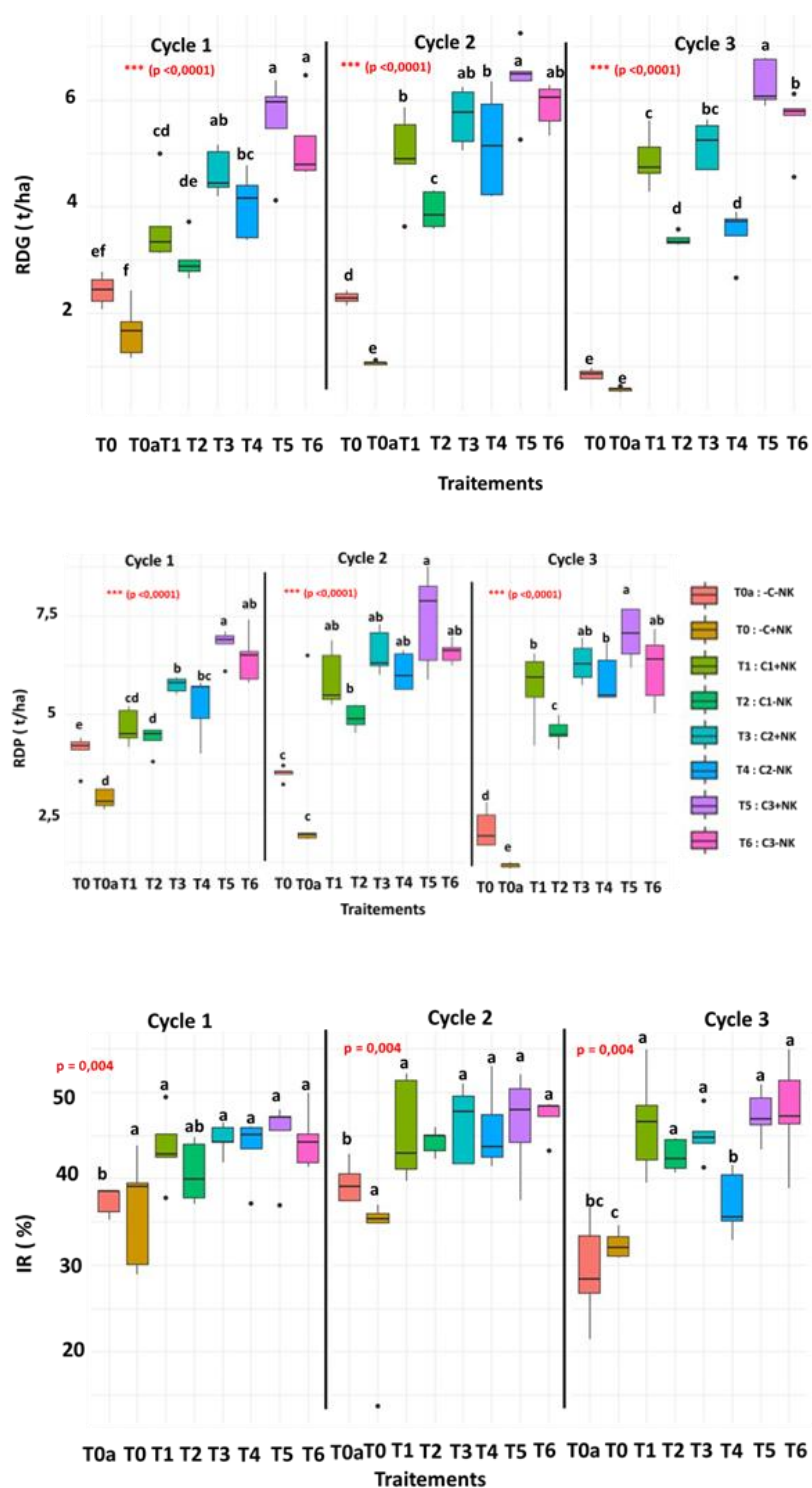


Fig. 5. Boxplot représentant la répartition du RDG, RDP (t/ha) et de l'IR (%) du riz sous différents traitements au cours de trois (03) cycles de culture. Les Boxplots suivis de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls $p < 0,05$. *** très hautement significatif au seuil de $p < 0,05$

L'évolution des paramètres agro-morphologiques au cours des trois cycles de culture montre une tendance contrastée entre les traitements amendés (T1 à T6) et non amendés (T0a et T0).

Sous les traitements amendés, une amélioration significative de tous les paramètres agronomiques est observée du cycle 1 au cycle 2, suivie d'une légère baisse au cycle 3 (figure 4 et 5).

Ainsi, la hauteur moyenne des plants progresse de 67,9–83,4 cm au cycle 1 à 88,7–111,7 cm au cycle 2, puis baisse légèrement entre 81,2–101,2 cm au cycle 3. Le nombre de talles passe de 294,4–408 au cycle 1 à 318,4–445,2 talles/m² au cycle 2, avant de diminuer entre 286,9–408,7 talles/m² au cycle 3.

De même, le nombre de panicules variant entre 227,7–398,7 au cycle passe à 284,6–412,5 panicules/m² au cycle 2, puis régresse à 227,8–391,7 panicules/m² au cycle 3.

Les rendements suivent également cette même dynamique:

- Le rendement en grains (RDG) dont les valeurs sont comprises entre 3–5,6 t/ha (cycle 1) passe à 3,92–6,4 t/ha (cycle 2), puis baisse légèrement à 3,5–6,3 t/ha (cycle 3);
- Le rendement en paille (RDP) variant de 4,37–6,78 t/ha passe à 4,93–7,4 t/ha (cycle 2), puis légère baisse à 4,5–7 t/ha (cycle 3).
- L'indice de récolte (IR) de valeur comprise entre 40,6–44,98 % passe à 44,3–47,2 % (cycle 2), avant de se stabiliser à entre 37,1–47,1 % au cycle 3.

À l'inverse, les parcelles non amendées présentent une dégradation continue de tous paramètres agro-morphologiques du cycle 1 au cycle 3 (Figure 4 et 5). Sous le traitement T0a, la hauteur moyenne chute de 56,84 cm à 29,7 cm, le nombre de talles de 233,1 à 124,3 talles/m² les panicules de 177,6 à 103,32/m² le RDP de 2,86 t/ha à 1,17 t/ha, et le RDG de 1,66 t/ha à 0,56 t/ha. Une tendance similaire est observée sous T0.

Par ailleurs, nos résultats montrent que, quel que soit le cycle de culture, les paramètres agro-morphologiques sont significativement plus élevés lorsque le biophosphocompost contient une forte dose en roche phosphatée (RP), notamment entre 300 et 450 kg/ha (traitements T3, T4, T5 et T6), comparativement aux traitements ayant reçu une dose plus faible de 150 kg/ha (T1 et T2).

Sous les traitements T3, T4, T5 et T6, les hauteurs des plants varient de 82,3 à 98,78 cm, le nombre de talles de 332,7 à 411,55 talles/m² et le nombre de panicules de 295,7 à 373,8 panicules/m². Les rendements en grain s'échelonnent entre 4,22 et 6,1 t/ha, tandis que les rendements en paille varient de 5,74 à 7,1 t/ha.

En revanche, sous les traitements à faible dose de RP (T1 et T2), les hauteurs varient de 73,21 à 84,19 cm, le nombre de talles de 299,9 à 398,05 talles/m² et le nombre de panicules de 266,41 à 349,81 panicules/m². Les rendements en grain s'établissent entre 3,44 et 4,49 t/ha, et ceux en paille entre 4,62 et 5,43 t/ha.

Parmi l'ensemble des traitements amendés, les meilleurs résultats agro-morphologiques sont observés avec les traitements T5 (C3 + NK), suivie des traitements T6 (C3 – NK) et T3 (C2 + NK), qui enregistrent des rendements en grain respectifs de 6,1 t/ha, 5,57 t/ha et 5,15 t/ha. Ces performances surpassent nettement celles des traitements T4, T1 et T2, dont les rendements en grain sont respectivement de 4,2 t/ha, 4,5 t/ha et 3,44 t/ha (Tableau VI).

Nos résultats montrent que, quel que soit le cycle de culture, l'association des biofertilisants avec des fertilisants chimiques (KCl, urée) entraîne une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$) de l'ensemble des paramètres agro-morphologiques du riz (hauteur des plantes, le nombre de talles par m², le nombre de panicules par m², le rendement de grains (RDG), le rendement de paille (RDP)), comparativement aux traitements sans apport de fertilisants chimiques (T2, T4, T6).

Cependant, une amélioration encore plus marquée et significative de ces paramètres est observée sous le traitement T6, qui ne comporte aucun apport de fertilisant chimique. Ce traitement, caractérisé par une forte dose de roche phosphatée (RP) contenue dans le biophosphocompost, dépasse en effet les performances des traitements avec fertilisants chimiques (T1 et T2).

Plus précisément, sous le traitement T6, les rendements obtenus sont de 5,57 t/ha pour le RDG, et de 6,4 t/ha pour le RDP, ce qui représente une augmentation notable par rapport aux traitements à faible dose de RP associés à des fertilisants chimiques (T1 et T3), où les rendements sont respectivement de 4,5 t/ha pour le RDG et 5,15 t/ha pour le RDP (Tableau VI).

Tableau 6. Hauteur moyenne (cm) des plants, nombre de talles et de panicules moyens / m², Rendement en grain (RDG) et en paille (RDP) moyens t.ha⁻¹ indice de récolte et taux d'augmentation relative moyen du RDG par rapport aux témoins sous les différents traitements durant les trois cycles de culture

Traitement	Hauteur (cm)	Talles /m ²	Panicule /m ²	RGD (t ha ⁻¹)	RDP (t ha ⁻¹)	IR	TAR
T0a : -C-NK	43,63 ^c	182,35 ^d	151,47 ^e	1,11 ^f	2,29 ^f	33,34 ^b	
T0 : -C+NK	50,7 ^c	226,1 ^c	195,15 ^f	1,86 ^e	3,23 ^e	35,42 ^b	
T1 : C1+NK	84,19 ^b	327,93 ^b	292,9 ^{cd}	4,49 ^c	5,43 ^c	45,10 ^a	212,9 ^c
T2 : C1-NK	79,21 ^b	299,9 ^b	266,41 ^e	3,44 ^d	4,62 ^d	42,57 ^a	130,65 ^e
T3 : C2+NK	90,72 ^{ab}	398,05 ^a	349,81 ^b	5,15 ^b	6,22 ^b	45,3 ^a	247,8 ^b
T4 : C2-NK	82,27 ^b	332,7 ^b	295,70 ^{de}	4,22 ^c	5,74 ^{bc}	42,09 ^a	166,8 ^d
T5 : C3+NK	98,78 ^a	411,55 ^a	373,8 ^a	6,1 ^a	7,09 ^a	46,25 ^a	316,63 ^a
T6 : C3-NK	88,96 ^{ab}	373,83 ^a	326,4 ^{bc}	5,57 ^a	6,4 ^b	46,48 ^a	276,44 ^b
Moy. G	77,30	319,05	281,46	3,99	5,13	42,06	225,2
CV (%)	15,23	14,32	14,88	18,34	16,27	11,45	84,07
Ppds	7,33	50,1	46,33	0,6	0,87	5,76	51,5
Pr > F	<0,0001 ^{***}	<0,0001 ^{***}	<0,0001 ^{***}	<0,0001 ^{***}	<0,0001 ^{***}	<0,0001 ^{***}	<0,09

Les valeurs dans la même colonne, suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls $p < 0,05$. *** très hautement significatif au seuil de $p < 0,05$

3.3 EFFET DES BIO-PHOSPHO- COMPOSTS SUR LES PARAMÈTRES AGRO-MORPHOLOGIQUES DES PLANTS DE MAÏS

Les figures 6 et 7 illustrent les paramètres agro-morphologiques moyens du maïs, notamment la hauteur des plantes, l'épaisseur des feuilles, le nombre d'épis /plant par mètre carré, ainsi que le rendement en grains (RDG) et en paille (RDP) par hectare, et l'indice de récolte (IR), en fonction des différents traitements. Les analyses statistiques révèlent des différences très hautement significatives ($p < 0,0001$) des paramètres agro-morphologiques entre les sols amendés avec du biophosphocompost (traitements T1 à T6) et les sols non amendés (T0a et T0).

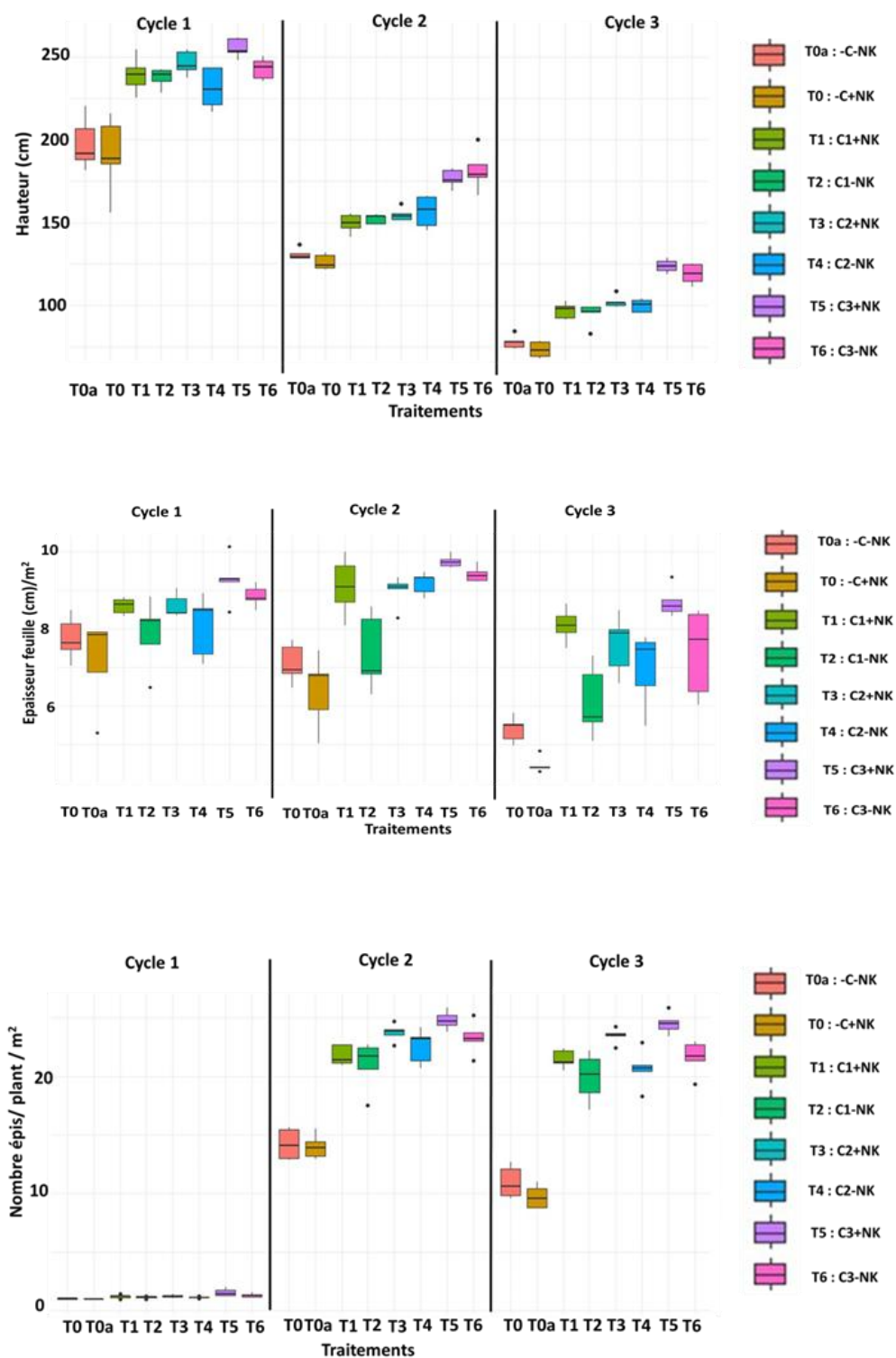


Fig. 6. Boxplot représentant la répartition de la hauteur (cm), épaisseur des feuilles et le nombre d'épis par plant de maïs / m² sous différents traitements au cours de trois (03) cycles de culture

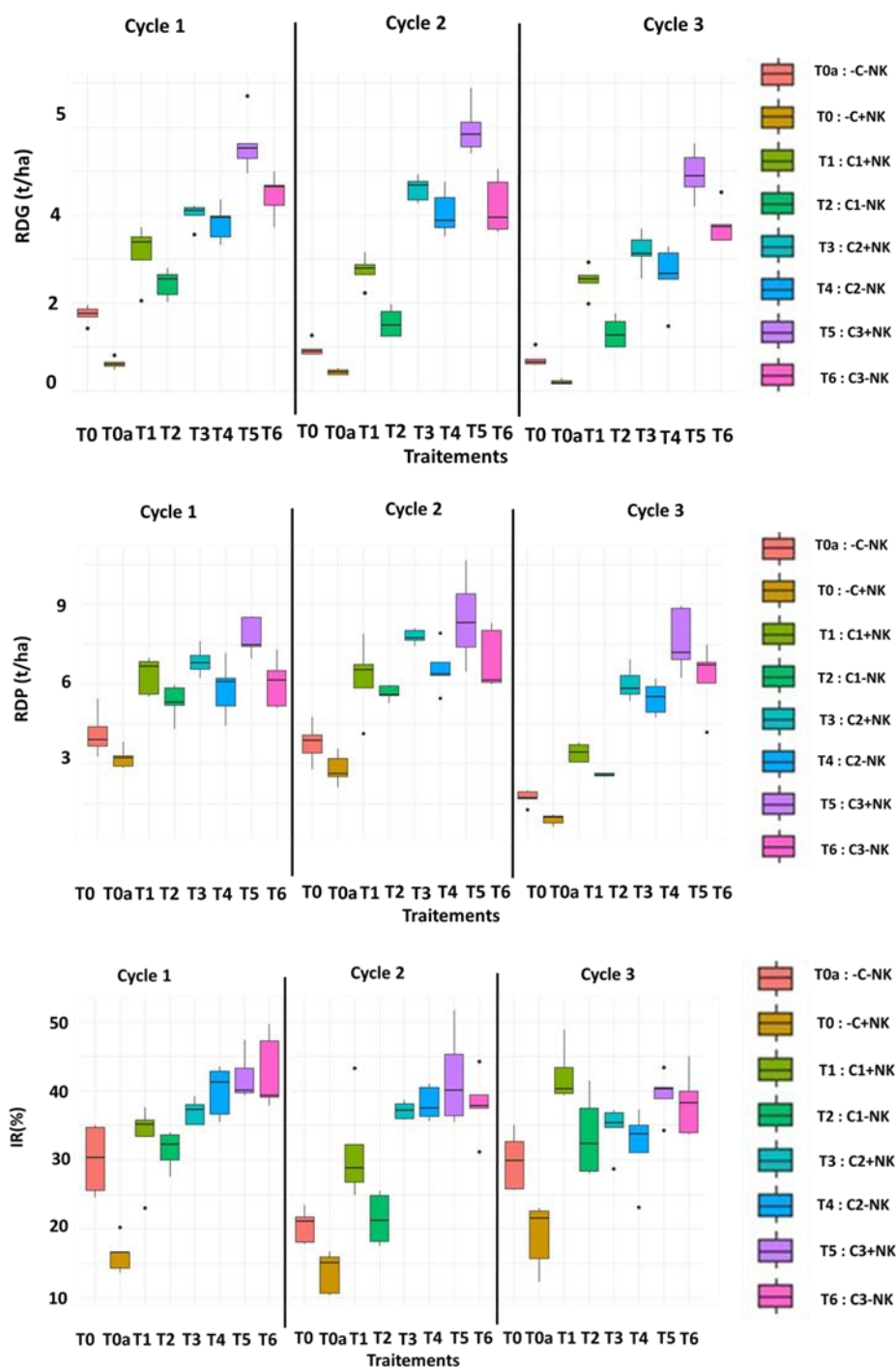


Fig. 7. Boxplot représentant la répartition du RDG, RDP (t/ha) et de l'IR (%) du maïs sous différents traitements au cours de trois (03) cycles de culture

L'évolution des paramètres agro-morphologiques du maïs au cours des trois cycles de culture montre une diminution progressive de la hauteur moyenne des plants de maïs au cours des trois cycles de culture, passant de 230,2 cm au cycle 1 à 98,35 cm au cycle 3, indépendamment du traitement appliqué. Contrairement à la hauteur, le nombre d'épis par plant augmente du cycle 1 (1,2 épis/plant) au cycle 2 (20,65 épis/plant), puis diminue légèrement au cycle 3 (19,02 épis/plant), quel que soit le traitement.

Toutefois, l'évolution des paramètres agro-morphologiques (épaisseur des feuilles, RDG, RDP) au cours des trois cycles de culture montre une tendance contrastée entre les traitements amendés (T1 à T6) et non amendés (T0a et T0) (Tableau 7). Les traitements amendés (T1 à T6) montrent une amélioration significative de l'épaisseur des feuilles, du rendement en grain (RDG) et du rendement en paille (RDP) du cycle 1 au cycle 2, suivie d'une légère baisse au cycle 3.

Ainsi, le rendement en grains (RDG) dont les valeurs sont comprises entre 2,44–5,62 t/ha (cycle 1) passe à 2,73–5,97 t/ha (cycle 2), puis baisse légèrement à 1,32–4,93 t/ha (cycle 3). Le rendement en paille (RDP) variant de 5,31–7,77 t/ha passe à 5,65–8,4 t/ha (cycle 2), puis légère baisse à 2,57–7,61 t/ha (cycle 3). À l'inverse, les parcelles non amendées présentent une dégradation continue de tous paramètres agro-morphologiques du cycle 1 au cycle 3 (Figure 7 et 8).

Par ailleurs, nos résultats montrent que, quel que soit le cycle de culture, l'apport de bio-phospho-composts, avec ou sans fertilisants chimiques, n'a pas d'effet significatif sur la hauteur des plants ($p = 0,088$) ni sur le nombre d'épis par plant ($p = 0,1$). En revanche, une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$) de l'épaisseur des feuilles, du RDG et du RDP est observée avec l'apport de biophosphocomposts.

De plus, nos résultats révèlent une nette amélioration des paramètres agro-morphologiques du maïs (épaisseur foliaire, RDG, RDP, indice de récolte) lorsque le bio-phospho-compost est enrichi avec une forte dose de roche phosphatée (RP), notamment entre 300 et 450 kg/ha (traitements T3, T4, T5 et T6), en comparaison avec les doses plus faibles de 150 kg/ha appliquées dans les traitements T1 et T2.

Sous l'effet des fortes doses de RP (T3 à T6), les rendements en grain varient de 3,5 à 5,5 t/ha, tandis que ceux en paille se situent entre 5,94 et 7,94 t/ha. À l'inverse, avec les doses faibles (T1 et T2), les rendements en grain sont nettement inférieurs, allant de 1,77 à 2,79 t/ha, et ceux en paille fluctuent entre 4,51 et 5,32 t/ha.

Parmi l'ensemble des traitements, les résultats les plus significatifs ($p < 0,0001$) en termes d'amélioration agro-morphologique du maïs sont obtenus avec les traitements T5 (C3 + NK), T6 (C3 – NK) et T3 (C2 + NK), qui enregistrent des rendements en grain respectifs de 5,5 t/ha, 4,15 t/ha et 3,93 t/ha. Ces performances surpassent nettement celles observées avec les traitements T4, T1 et T2, dont les rendements s'établissent respectivement à 3,5 t/ha, 2,79 t/ha et 1,77 t/ha (Tableau VII).

Nos résultats montrent que l'association des biofertilisants avec des fertilisants chimiques (KCl, urée) entraîne une augmentation très hautement significative ($p < 0,0001$) de tous les paramètres agromorphologiques du maïs par rapport aux traitements sans fertilisants chimiques (T2, T4, T6).

Cependant, on note une amélioration encore plus marquée et significative des paramètres agro morphologiques du maïs sous le traitement T6 qui ne comporte aucun apport de fertilisant chimique. Ce traitement, caractérisé par une forte dose de RP, surpasse même les traitements avec fertilisants chimiques (T1 et T3). En effet, un taux d'augmentation relative (TAR) des rendements en grains de 319,76 % par rapport au traitement T0 est observé sous T6 alors que qu'on note sous T1 et T3 des TAR de 179,89 %, et 295,52% respectivement (Tableau VII).

Tableau 7. Hauteur moyenne (cm) des plants, Epaisseur des feuilles et nombre d'épis par plant/ m² Rendement en grain (RDG) et en paille (RDP) moyens t.ha⁻¹, indice de récolte et taux d'augmentation relative moyen du RDG par rapport aux témoins sous les différents traitements durant les trois cycles de culture

Traitement	Hauteur (cm)	Epaisseur feuilles	Epis/plant	RGD (t ha ⁻¹)	RDP (t ha ⁻¹)	IR	TAR
T0a : -C-NK	130,01 ^a	6,01 ^d	8,23 ^a	0,42 ^g	2,29 ^f	16,34 ^d	
T0 : -C+NK	135,39 ^a	6,74 ^{cd}	8,73 ^a	1,14 ^f	3,23 ^e	26,75 ^c	
T1 : C1+NK	161,81 ^a	8,6 ^{ab}	14,80 ^a	2,79 ^d	5,43 ^c	35,51 ^b	179,9 ^c
T2 : C1-NK	161,44 ^a	7,11 ^c	14,01 ^a	1,77 ^e	4,51 ^d	28,82 ^c	61,23 ^d
T3 : C2+NK	167,08 ^a	8,39 ^{ab}	16,13 ^a	3,93 ^{bc}	6,87 ^b	36,22 ^{ab}	295,5 ^b
T4 : C2-NK	193,88 ^a	8,07 ^b	14,77 ^a	3,50 ^c	5,94 ^{bc}	36,73 ^{ab}	242,23 ^{bc}
T5 : C3+NK	185,31 ^a	9,24 ^a	16,93 ^a	5,5 ^a	7,94 ^a	41,07 ^a	456,8 ^a
T6 : C3-NK	185,23 ^a	8,55 ^{ab}	15,39 ^a	4,15 ^a	6,4 ^b	39,61 ^{ab}	319,76 ^b
Moy. G	164,51	7,84	13,63	2,90	5,31	32,62	259,3
CV (%)	31,32	13,17	69,32	20,61	23,13	16,48	61,61
Ppds	10,3	0,86	1,18	0,55	1,05	5,59	95,82
Pr > F	0,1	<0,0001***	0,088	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001***	<0,0001

Les valeurs dans la même colonne, suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes selon le test de Newman-Keuls $p < 0,05$. *** très hautement significatif au seuil de $p < 0,05$

3.4 RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE DES TRAITEMENTS APPLIQUÉS

L'analyse du tableau XII met en évidence des tendances claires concernant les performances des différents traitements appliqués lors des cycles de culture du riz et du maïs. Les traitements T5 et T6, correspondant à une dose élevée de 450 kg/ha de roche phosphatée (RP), se distinguent par une rentabilité systématiquement élevée, et ce, quel que soit le cycle de culture ou la situation topographique

de la parcelle. Cette constance souligne leur potentiel stratégique pour maximiser les bénéfices agricoles indépendamment du type de cultures.

En revanche, les traitements à doses plus faibles, notamment T1 et T2 (150 kg/ha RP) ainsi que T3 et T4 (300 kg/ha RP), génèrent des rendements inférieurs comparés à ceux obtenus avec T5 et T6. Toutefois, ces traitements à dose modérée restent intéressants en termes de rentabilité constante sur le long terme, ce qui suggère un bon compromis entre coûts d'amendement et gains productifs.

De plus, l'analyse révèle que les traitements T5 et T6 affichent une rentabilité supérieure aussi bien sur les sols de plateau que de bas-fond, confirmant ainsi leur efficacité agronomique sur différentes conditions pédologiques.

Tableau 8. Rentabilité économique (CFA) des traitements appliqués du riz (A), et du maïs (B)

A-

Traitements	Coût total			Rendement t ha ⁻¹			Bénéfices CFA ha ⁻¹			Rentabilité économique		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
T0a (-C- NK)	17000	7000	7000	1,66	1,06	0,56	664 000	424000	224 000	647 000	417000	217 000
T0 (-C+ NK)	32000	7000	7000	2,43	2,28	0,85	972 000	912000	340 000	940 000	905000	333 000
T1 (C1+ NK)	54150	7000	7000	3,64	4,94	4,88	1 456 000	1 976 000	1 952 000	1 401 850	1 969 000	1 945 000
T2 (C1- NK)	39150	7000	7000	3,01	3,92	3,38	1 204 000	1 568 000	1 352 000	1 164 850	1 561000	1 345 000
T 3 (C2+ NK)	54150	7000	7000	4,63	5,68	5,02	1 852 000	2 272 000	2 008 000	1 797 850	2 265 000	2 001 000
T4 (C2- NK)	39150	7000	7000	4,02	5,16	3,49	1 608 000	2 064 000	1 396 000	1 568 850	2 057 000	1 389 000
T5 (C3+ NK)	54150	7000	7000	5,59	5,38	6,3	2 236 000	2 152 000	2 520 000	2 181 850	2145000	2 513 000
T6 (C3- NK)	39150	7000	7000	5,18	5,89	5,6	2 072 000	2 356 000	2 240 000	2 032 850	2 349 000	2 233 000

B-

Traitements	Coût total			Rendement t ha ⁻¹			Bénéfices CFA ha ⁻¹			Rentabilité économique		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3
T0a (-C- NK)	24 000	7000	7000	0,62	0,43	0,2	248 000	172 000	80 000	224 000	165 000	73 000
T0 (-C+ NK)	39 000	7000	7000	1,74	0,96	0,73	696 000	384 000	292 000	657 000	377 000	285 000
T1 (C1+ NK)	61 150	7000	7000	3,13	2,73	2,51	1 252 000	1 092 000	1 004 000	1 190 850	1 085 000	997 000
T2 (C1- NK)	46 150	7000	7000	2,44	1,55	1,32	976 000	620 000	528 000	929 850	613 000	521 000
T 3 (C2+ NK)	61 150	7000	7000	4,01	4,6	3,17	1 604 000	1 840 000	1 268 000	1 542 850	1 833 000	1 261 000
T4 (C2- NK)	46 150	7000	7000	3,82	4,1	2,62	1 528 000	1 640 000	1 048 000	1 481 850	1 633 000	1 041 000
T5 (C3+ NK)	61 150	7000	7000	6,62	5,96	4,93	2 648 000	2 384 000	1 972 000	2 586 850	2 377 000	1 965 000
T6 (C3- NK)	46 150	7000	7000	4,45	4,2	3,78	1 780 000	1 680 000	1 512 000	1 733 850	1 673 000	1 505 000

4 DISCUSSION

4.1 ETAT DE FERTILITÉ DES SOLS DE DOMPLEU

La caractérisation granulométrique des parcelles rizicoles de Dompleu (Man) révèle des différences marquées entre les sols de bas-fond et ceux des plateaux. Les sols de bas-fond sont dominés par une forte teneur en limons, qui dépasse 60%, ainsi qu'une proportion importante de sable (environ 30%), tandis que la fraction argileuse y est faible, inférieure à 10%. À l'inverse, les sols de plateau présentent une texture plus sableuse à 50,2%, une teneur significative en argile de 31% et un faible pourcentage de limon (19%). Cette faible teneur en argile, particulièrement dans les sols de bas-fond, influence directement leur fertilité. En effet, l'argile joue un rôle central dans la fertilité des sols du fait de ses nombreuses fonctions, notamment sa capacité à s'associer avec la matière organique pour former le complexe argilo-humique, principal site d'échange cationique et anionique dans le sol [17]. Par conséquent, un faible pourcentage d'argile limite la capacité du sol à retenir les éléments nutritifs essentiels.

Par ailleurs, les sols étudiés présentent un pH naturel acide à moyennement acide, avec des valeurs de pH mesurées entre 4,9 et 5,2 en eau, et entre 3,9 et 4,1 en KCl, comportant une variation de pH supérieure à 1 ($\Delta\text{pH} > 1$). Cette forte acidité potentielle est connue pour limiter la nitrification, provoquer des déficiences en phosphore, engendrer une toxicité liée à l'aluminium et au manganèse, et réduire la disponibilité de plusieurs éléments nutritifs, ce qui freine la croissance végétale. Ces phénomènes expliqueraient les faibles teneurs observées en azote, phosphore et potassium sur les parcelles étudiées.

Le rapport carbone sur azote (C/N) des sols, compris entre 10,7 et 11, suggère une minéralisation normale de la matière organique. Cependant, les faibles teneurs en carbone total et en matière organique reflètent probablement des pratiques culturales intensives et

une surexploitation chronique des sols rizicoles par les agriculteurs, ce qui constitue un frein majeur à la productivité du riz et du maïs dans cette région [18, 19, 20, 21].

La capacité d'échange cationique (CEC) des sols, comprise entre 14 et 15 mmol⁽⁺⁾kg⁻¹ est inférieure au seuil souvent recommandé (15 cmol⁽⁺⁾kg⁻¹) pour assurer une bonne rétention des nutriments [18]. Cette faible CEC indique une capacité limitée à retenir les bases et les cations essentiels, réduisant ainsi l'efficacité des apports d'engrais minéraux. De plus, le taux de saturation en bases, inférieur à 60%, révèle que les sols ne sont pas entièrement saturés par les éléments nutritifs indispensables, ce qui implique la nécessité d'apports réguliers en fertilisants pour maintenir la fertilité.

Sur le plan microbiologique, un nombre conséquent de bactéries aérobies totales et de bactéries solubilisatrices de phosphates, de l'ordre de 5×10^4 bactéries par gramme de sol sec, a été recensé. Néanmoins, ce taux est environ 800 fois inférieur à celui observé dans une parcelle rizicole de la station de recherche de Man (4,29 x 10⁶ bactéries/g sol sec, [22]). Cette réduction pourrait s'expliquer par la forte teneur en limon et la faible matière organique des sols de Dompieu, qui favorisent une structure plus compacte du sol limitant l'aération et l'habitat favorable à la microflore [23].

Au vu de ces résultats, la nécessité d'utiliser des amendements organiques tels que le compost est évident, afin de restaurer la matière organique et améliorer la disponibilité des éléments nutritifs essentiels pour la production culturale. Le compost enrichit le sol en matière organique et stimule la vie microbiologique, contribuant ainsi à restaurer la fertilité et la productivité des sols [24].

4.2 EFFET DES BIO-PHOSPHO COMPOSTS SUR LES PARAMÈTRES AGRO-MORPHOLOGIQUES DU RIZ ET DU MAÏS

Dans l'ensemble, les résultats obtenus démontrent clairement l'impact positif du bio-phospho-compost enrichi en roche phosphatée (RP) et en bactéries solubilisatrices des phosphates (BSP) sur les paramètres agro-morphologiques du riz et du maïs, confirmant ainsi les observations faites dans divers travaux ([25, 26, 16]). Les sols amendés avec du biophosphocompost (traitements T1 à T6) affichent une amélioration significative de la hauteur des plantes, du nombre de talles et de panicules pour le riz, ainsi que de la hauteur, de l'épaisseur des feuilles et du nombre d'épis pour le maïs, par rapport aux sols non amendés. Ces effets positifs sont dus à la richesse en nutriments des composts produits. Ces résultats corroborent avec ceux des travaux de [27], [28] et [29], qui ont montré que l'application de biofertilisants stimule la croissance végétative et le développement racinaire, améliorant ainsi la vigueur des plantes.

4.2.1 EFFETS DES DOSES DE ROCHE PHOSPHATÉE

Les résultats montrent clairement que des doses élevées de roche phosphatée (300–450 kg/ha) dans le biophosphocompost améliorent significativement les rendements, comparativement aux doses faibles (150 kg/ha). Cela confirme l'importance d'un apport suffisant en phosphore, élément souvent limitant dans les sols tropicaux, pour optimiser la croissance des deux cultures étudiées (riz et maïs). Ces observations s'inscrivent dans la continuité des travaux de [30], [31], ainsi que [32], qui ont mis en évidence le rôle crucial d'un apport adéquat en phosphore pour favoriser la croissance des plantes et la formation des organes reproducteurs, garantissant ainsi des rendements optimaux.

Pour le riz, les traitements riches en roche phosphatée (450 kg/ha) ont entraîné une augmentation significative de la hauteur des plants, du nombre de talles et de panicules, ainsi que des rendements en grains et en paille, soulignant la nécessité d'utiliser un biophosphocompost enrichi en roche phosphatée (RP) pour maximiser la productivité [33].

Pour le maïs, bien que la hauteur des plants diminue naturellement au fil des cycles, une augmentation significative est observée avec les fortes doses de roche phosphatée (RP) concernant l'épaisseur des feuilles, ainsi que les rendements en grains et en paille. Cette tendance pourrait être expliquée par un lessivage progressif des éléments nutritifs dans le sol à long terme, réduisant l'effet favorable sur la croissance en hauteur mais maintenant l'apport en phosphore disponible pour des fonctions physiologiques clés. En effet, le phosphore joue un rôle essentiel dans le développement racinaire, le métabolisme énergétique et la photosynthèse, ce qui favorise l'accumulation de biomasse foliaire et la formation des organes reproducteurs, impacts qui se traduisent par des rendements accrus [34, 35].

4.2.2 IMPACT DE L'ASSOCIATION BIOFERTILISANTS ET FERTILISANTS CHIMIQUES

L'association du bio-phospho-compost avec des fertilisants chimiques (KCl, urée) induit une augmentation très significative de tous les paramètres agro-morphologiques pour le riz et le maïs, ce qui concorde avec les travaux récents de [36], qui ont montré que la combinaison de biofertilisants et d'engrais chimiques améliore à la fois le rendement et la qualité nutritionnelle de la laitue. De même, [37], ont rapporté une augmentation de 164% du rendement du riz pluvial grâce à l'usage combiné de biofertilisants et d'engrais NPK, suggérant un effet synergique entre ces amendements. Cependant, un résultat particulièrement notable de cette étude est l'efficacité du traitement T6, contenant une forte dose de roche phosphatée (RP) sans apport d'engrais chimique, qui égale voire dépasse les performances des traitements combinant biofertilisants et fertilisants chimiques. Ce constat rejoint les conclusions de [38], et de [39],

qui ont mis en évidence qu'en certaines conditions pédoclimatiques, les composts enrichis en microorganismes et éléments nutritifs peuvent remplacer partiellement, voire totalement, les engrais chimiques, promouvant ainsi des systèmes de fertilisation organo-minérale plus durables.

Dans les conditions spécifiques de cette étude, ces résultats suggèrent que l'utilisation d'un biophosphocompost enrichi à la forte dose de RP (450 kg RP/ha) peut suffire à soutenir une croissance optimale des cultures tout en réduisant la dépendance aux engrais minéraux, contribuant ainsi à une agriculture plus résiliente et respectueuse de l'environnement.

4.2.3 ÉVOLUTION AU COURS DES CYCLES DE CULTURE

L'amélioration des paramètres agro-morphologiques des cultures observées entre le cycle 1 et le cycle 2, suivie d'une légère régression au cycle 3, pourrait s'expliquer par une dégradation progressive de la fertilité des sols, liée au fait que les amendements n'ont été appliqués qu'au premier cycle de culture. Cette hypothèse est renforcée par la dégradation continue et marquée des paramètres relevés dans les parcelles non amendées, confirmant le phénomène bien documenté de déclin de la productivité en l'absence d'apports nutritifs adéquats [40]. Cette étude souligne ainsi la nécessité d'adopter une gestion dynamique et adaptée de la fertilisation à chaque cycle de culture afin d'assurer la durabilité de la production des cultures.

4.2.4 RENTABILITÉ ET IMPLICATIONS AGRONOMIQUES

Au-delà des améliorations agronomiques, l'analyse de rentabilité démontre que les traitements à forte dose de roche phosphatée (RP) (T5 et T6) sont les plus rentables, quel que soit le cycle ou la culture. Ces résultats confirment ceux de [43], qui ont souligné l'importance d'un apport phosphaté optimisé pour assurer la durabilité économique des systèmes de production rizicoles, notamment dans des sols acides où la disponibilité du phosphore est souvent limitée. Par ailleurs, les doses intermédiaires (T1 à T4) offrent un bon compromis entre coûts et rendements, ce qui rejoint l'approche recommandée par [41] selon lesquelles l'intégration d'un biofertilisant avec une faible dose d'engrais chimique permet d'obtenir d'excellents résultats, supérieurs à l'utilisation soit du biofertilisant seul, soit d'un engrais chimique à 100%, contribuant ainsi à une fertilisation plus durable et respectueuse de l'environnement.

5 CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif général d'évaluer le potentiel agronomique de différents bio-phospho-composts, composés de différentes doses de roche phosphatée marocaine (150, 300 et 450 kg/ha) dans différentes écologies ou sur plusieurs différentes spéculations.

Les résultats agronomiques sont très encourageants, avec des rendements en grains, surtout pour le riz, doublant entre le premier et le troisième cycle (de 4 t/ha à 6 t/ha), notamment sous les traitements à forte dose de RP, surpassant largement ceux des parcelles témoins non amendées (2,43 t.ha⁻¹ au cycle 1 à 0,85t.ha⁻¹ au cycle 3). L'amélioration des paramètres agro-morphologiques du maïs et du riz est maximale avec des doses élevées de roche phosphatée dans le bio-phospho-compost, que ce soit le traitement avec ou sans fertilisants chimiques. Les traitements combinant biofertilisants et fertilisants chimiques offrent des gains significatifs, mais l'apport élevé de RP (450 kg/ha) seul (T6) peut égaler, voire surpasser, ces performances. Les parcelles non amendées subissent quant à elles une dégradation continue de la productivité et de la vigueur des plants au fil des cycles.

En conclusion, la dose de 450 kg de roche phosphatée par hectare s'est révélée optimale pour améliorer durablement les paramètres agromorphologiques des deux céréales étudiées aboutissant à une production agricole plus soutenable. Cette approche biofertilisante représente une alternative prometteuse aux pratiques paysannes dans les systèmes agricoles de Man.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier sincèrement l'Office Chérifien du Phosphate (OCP-Africa) pour le soutien financier et le Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Man pour le soutien technique apporté à la réalisation du projet de recherche ASORPRI.

REFERENCES

- [1] Kouablan E. K., Saraka D. M. Y., Nafan D., Laopé A. C. S. (2017). Etat des Lieux Et Gestion Des Semences Des Principales Céréales Cultivées Au Nord De La Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, ESJ, 13 (3), 112-125. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v13n3p112>.
- [2] Biaou. O. D. B., Saidou. A., Bachabi. F. X., Padonou. G. E. et Balogoun. I. (2017). Effet de l'apport de différents types d'engrais organiques sur la fertilité du sol et la production de la carotte (*Daucus carota* L.) sur sol ferrallitique au sud Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11 (5): 2315-2326.

- [3] Koulibaly. B., Dakuo. D., Ouattara. A., Traoré. O., Lompo. F., Zombré. P. N. et Yao-Kouamé. A. (2015). Effets de l'association du compost et de la fumure minérale sur la productivité d'un système de culture à base de cotonnier et de maïs au Burkina Faso. *Tropicultura*, 33 (2), 125-134.
- [4] Ablede. K. A., Koudjega. K., Ganyo. K. K., Kpemoua. E. K., Lombo. Y. (2020). Amélioration de la solubilisation des phosphates naturels de faible réactivité par phospho compostage à base de fumier. *Bul. Rech. Agro. Ben.*, 175-181. http://www.slire.net/download/2583/article_22_pg_brab_n_special, it ra_oct_2019 ablede et al., amelioration_solubilisation.pdf.
- [5] Garba O., Zanguina A., Mella M. T., Addam Kiari S. et Saidou I. M. (2022). Etude de l'efficacité agronomique de composts de déchets de récolte sur deux cultures maraichères: la tomate et la laitue. *IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)*, Volume 15, Issue 8 Ser. I, 68-77.
- [6] Konate. Z., N'ganzoua. K. R., Bi Zro. F. G., Bakayoko. S., Camara. M. (2022). Effet de différentes doses de compost de fiente de poulet sur la fertilité des sols et les paramètres agronomiques de la laitue (*Lactuca sativa* L.). *Agronomie Africaine*, 34 (1): 34 (1): Pp 117 – 131.
- [7] Dieng. A., Sagna. M., Babou. M., Dione. F., Diallo. B. (2014). Analyse de la compétitivité du riz local au Sénégal. Programme de renforcement de la recherche sur la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest. Résumé n°1-2011-12. Michigan State University. 9 p.
- [8] Zraibi. L., Chaabane. K., Berrichi. A., Sbaa. M., Badaoui. M., Zarhloule. Y., Georgiadis. M. (2015). Assessment of the agronomic value of the sludge compost for the waste water treatment plant from Nador city. *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (10) (2015) 2975-2985. ISSN: 2028-2508 CODEN: JMESC. 11p.
- [9] Sow. M. (2018). Effets de deux types de compost et de la fertilisation minérale azotée sur les propriétés du sol et le rendement du riz (*Oryza sativa* L.) de Nappe en station au CRA de Djibélor. Mémoire de Master en Aménagement et Gestion des écosystèmes forestiers et agroforestiers, Université Assane Seck de Ziguinchor, 34p.
- [10] Devi, N.T., Devi, A.S., Singh, K.R. (2024). Impact of chemical fertilizer and composts application on growth and yield of rice in Northeast India. *Sci Rep* 15, 8575 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-93684-0>.
- [11] Hossain. S., Al-Solaimani. S. G. M., Alghabari. F., Shahzad. K., & Rashid. M. I. (2024). Enhancing maize yield through sustainable and eco-friendly practices: the impact of municipal organic waste compost and soil amendments. *Cogent Food & Agriculture*, 10 (1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2307119>.
- [12] Asuming-Brempong. S. et Anipa. B. (2014). The Use of Rock Phosphate and Phosphate Solubilising Fungi (*Aspergillus niger*) to Improve the Growth and the Yield of Upland Rice on Typic Kandiudal. *West African Journal of Applied Ecology*, vol. 22 (1). Pp 13.
- [13] Guety. T. P., Bongoua-Devisme, A. J., Kpan. W. H., Kouadio. K. K. H., & Bahan. F. M. L. (2024). Effet de la paille de riz sur la combinaison roche phosphatée du Maroc (MRP) - bactérie solubilisante du phosphate (PSB) sur un sol acide à Man (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 59 (2): 10843–10855. <https://doi.org/10.35759/janmplsci.v59-2.1>.
- [14] Taktek. S. (2015). Dissolution biologique des phosphates: Interaction bactéries – mycorhizes. Thèse Université Laval, Québec, Canada. 128p.
- [15] Kpan. W.H., A.J Bongoua-Devisme, K-K.H. Kouadio, F.M. L. Bahan, K.P. Adou, B. Koné, A.K. L. Koko (2023) Response of lowland rice to phosphate amendements in three acidics agroecological zones of Côte d'Ivoire: Man - Gagnoa – Bouaké. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 8 (5), 135–144. <https://doi.org/10.22161/ijeab.85.18>.
- [16] Bahan. F. (2017). Programme riz. Rapport annuel d'activités de recherche 2015, CNRA Man. Rapport de projet, CNRA, (Man, Côte d'Ivoire), 43 p.
- [17] Boueunan Wongbe. B., Bongoua-Devisme. A.J., & Bahan. Lemonou Franck. M. (2024). Étude des propriétés physico-chimiques et microbiologiques d'un biofertilisant élaboré à partir d'un mélange de résidus de récolte, d'un consortium bactérien et de roche phosphatée. *European Scientific Journal*, 20 (18): 148-177. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n18p148>.
- [18] Kouadio. K. P., Yoboué. K. E., Touré. N., Beugré. C. M., Aka. K. F., Kouakou. K. J. et Yao-Kouamé. A. (2018). Effet des téguments de fèves de cacao sur la fertilité chimique d'un ferral sol et quelques paramètres de croissance du manioc, à Ahoué, Sud-Est Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 121: pp 12144-12156.
- [19] Gnahoua. J. B. G., Ouattara. M. L. M. S., Coulibali. Z., Diomandé. L.B., & Soro. Y. R. (2023). Gestion intégrée de la fertilité des sols: Une voie prometteuse pour l'intensification durable des systèmes de culture du coton des petits exploitants en Côte d'Ivoire. *Asian Journal of Research in Crop Science*, 8 (1): 515-58. doi: 10.9734/ajrcs/2023/v8 i1157.
- [20] Agegnehu. G., Tilahun. A., Teklu. E., Chilot. Y., Carol. H., Robert. T., Matthew. G. N., Sheleme B. and Gueta W. S. (2021). Extent and management of acid soils for sustainable crop production system in the tropical agroecosystems: a review, *Acta Agric. Scandinavica*, Section B — Soil & Plant Science, 71 (9): pp 852-869.
- [21] Hamidou. Z., Mahamane. S., Payne. W. A., Sedogo. M., Lompo. F. Nacro. H. B. (2016): impact des modes de gestion de la fertilité du sol et des systèmes de culture sur la nutrition azotée et les rendements du mil, (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br). *Tropicultura*, 2016,34,4, pp 335-349.
- [22] Boueunan Wongbe. B. (2019). Caractérisation des bactéries solubilisatrices des phosphates isolés des sols de rizière: cas de la parcelle rizicole de man (Ouest de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Master en Sciences de la Terre à l'université Félix Houphouët Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, 23-25pp.

- [23] Saleem. A. B., A. Ayaz, K. J., Jeffery. K. D., Harris. M. (2013). Integration of visual motion and locomotion in mouse visual cortex *Nat. Neurosci*, pp. 1864-1869.
- [24] Arunachalam T, Gade K, Mahadule PA, Soumia PS, Govindasamy V, Gawande SJ and Mahajan V (2024) Optimizing plant growth, nutrient uptake, and yield of onion through the application of phosphorus solubilizing bacteria and endophytic fungi. *Frontiers in Microbiology*, 15: 1442912., doi: 10.3389/fmicb.2024.1442912.
- [25] Lasmini, S. A., Edy, N., Yunus, M., Nasir, B. H., & Khasanah, N. (2022). Effect of the combined application of manure compost and trichoderma sp. on production parameters and stem rot disease incidence of shallot. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 38 (3), 335-344. <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-31OHVL10031>.
- [26] Guangxu Zhao, Xiaoling Zhu, Gang Zheng, Guangfan Meng, Ziliang Dong, Ju Hye Baek, Che Ok Jeon, Yanlai Yao, Yuan Hu Xuan, Jie Zhang, Baolei Jia (2024). Development of biofertilizers for sustainable agriculture over four decades (1980–2022), *Geography and Sustainability*, Volume 5, Issue 1, 2024, Pages 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.09.006>.
- [27] Yildiz Dasgan H and Temtek T (2023). Impact of Biofertilizers on Plant Growth, Physiological and Quality Traits of Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Longifolia) Grown under Salinity Stress [Internet]. *Environmental Sciences. IntechOpen*; 2023. Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.108710>.
- [28] Sini, H., Barzegar, R., Mashaei, S., Ghahsare, M., Mousavi-Fard, S., & Mozafarian, M. (2024). Effects of biofertilizer on the production of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse. *Journal of Agriculture and Food*, Volume 16, 101060. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101060>.
- [29] Amanullah and Khan A (2015). Phosphorus and Compost Management Influence Maize (*Zea mays*) Productivity Under Semiarid. *Frontiers in Plant Science, Sec. Plant Pathogen Interactions*, Volume 6, 1083. | <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01083>.
- [30] Tovohery Rakotoson, Yasuhiro Tsujimoto, Tomohiro Nishigaki (2022). Phosphorus management strategies to increase lowland rice yields in sub-Saharan Africa: A review. *Field Crops Research*, Volume 275, 108370. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108370>.
- [31] Bingbing Zhang, Yajie Wang, Haijiang Liu, Xinyu Yang, Pan Yuan, Chuang Wang, Hongmei Cai, Sheliang Wang, Guangda Ding, Fangsen Xu, Lei Shi (2023). Optimal phosphorus management strategies to enhance crop productivity and soil phosphorus fertility in rapeseed–rice rotation. *Chemosphere*, Volume 337, 139392. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139392>.
- [32] Adou K.P., Kouadio K.K.H., Bongoua-Devisme A.J., Bahan F.M.L. & Koko A.K.L. (2025). Influence des Doses de Roche Phosphatée et/ou de Superphosphate Triple sur les Rendements du Riz de Bas-Fonds Affectés par l'Acidité dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal, ESJ*, 21 (6), 143-162. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n6p143>.
- [33] JIA Y. and GRAY V.M. (2004). Influence of phosphorus and nitrogen on photosynthetic parameters and growth in *Vicia faba* L. *Photosynthetica* 42 (4): 535-542.
- [34] Singh. S. K., Reddy. V. R., Fleisher. D. H., and Timlind. J. (2019). Interactive effects of temperature and phosphorus nutrition on soybean: leaf photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and nutrient efficiency. *Photosynthetica* 57 (1): 248-257. DOI: 10.32615/ps.2019.036.
- [35] Uçar. G., Şimşek. M., Topçu. V., Asri. F. Ö., Ertürk. M. E., Çelik. İ. (2025). Synergistic Effects of Biofertilizers and Chemical Fertilizers on Yield and Nutritional Quality of Greenhouse-Grown Lettuce. *Horticultural Studies*, 42 (2): 80-87. DOI: 10.16882/hortis.1716339.
- [36] Fitriatin, B., Dewi, V., & Yuniarti, A. (2021). The Impact of Biofertilizers and NPK Fertilizers Application on Soil Phosphorus Availability and Yield of Upland Rice in Tropic Dry Land. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202123203012>.
- [37] Meenakshi Suhag (2016). Potential of Biofertilizers to Replace Chemical Fertilizers. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, Vol. 3, Issue 5, 163-167. <https://www.researchgate.net/publication/303719354>.
- [38] Nosheen, S., Ajmal, I. and Song, Y. (2021). Microbes as Biofertilizers, a Potential Approach for Sustainable Crop Production. *Sustainability*, 13, 1868. <https://doi.org/10.3390/su13041868>.
- [39] Bongoua-Devisme, A. Jeanne, W. Hippolyte Kpan, F.M. Lemounou Bahan, Brahima Koné, K-K. Hippolyte Kouadio, K.Pla Adou, and A.K. Louis Koko. (2024). «Residual Effect of Phosphate Amendments on Agronomic Parameters of Rainfed Rice in Three Agroecological Zones of Côte d'Ivoire». *Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 10 (3): 57-71. <https://doi.org/10.9734/ajsspn/2024/v10i3319>.
- [40] Nurhafizhoh Z., Mohd F. K, Sharifah A. S. I., Mohamed M. M. M. (2022). Effect of integrated biofertilizers with chemical fertilizers on the oil palm growth and soil microbial diversity. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Volume 39, 102237. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102237>.