

Effets de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur la production du riz pluvial strict en zone Sud-Soudanienne du Burkina Faso

Abdramane SANON^{1,2*}, Alain Péoulé Kouhouyiwo GOMGNIMBOU², Kalifa COULIBALY¹
et Hassan Bismarck NACRO¹

¹ Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural (IDR), Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol (LERF), BP 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

² Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA), Programme de Recherche Gestion des Ressources Naturelles et Système de Production (GRN/SP), Laboratoire Sol-Eau-Plante (SEP), Station de Farako-Bâ, 01 BP 910 Bobo 01, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

* Correspondance, courriel : sdumba8006@gmail.com

Résumé

Un essai a été conduit à la station de Recherches Environnementale et Agricole de Farako-Bâ dans la zone sud soudanienne au Burkina Faso de 2016 à 2019, pour étudier les effets de biodéchets et des fertilisants inorganiques sur la production du riz pluvial strict. L'essai a été mis en place, selon un dispositif en Blocs de Fisher complètement randomisés avec 4 répétitions ayant 10 traitements : T1 (Témoin sans fumure), T2 (NPK + Urée), T3 (BP + Urée), T4 (FP), T5 (FP + Urée), T6 (FP + BP), T7 (FP + BP + Urée), T8 (Compost Urée), T9 (Compost + BP) et T10 (Compost + BP + Urée). Les rendements paddy, la biomasse et l'indice de récolte, ont été significativement affectés par l'application d'engrais minéraux et de biodéchets. Le traitement T7 (FP + BP + Urée) a donné les meilleurs rendements moyens en paddy (4067 ± 2389 kg/ha) et en paille (2458 ± 1703 kg/ha). Le traitement T2 (NPK + Urée) a permis d'obtenir 3214 ± 1301 kg/ha de rendement paddy et de 2458 ± 1703 kg/ha de rendement paille. Le meilleur indice de récoltes ($57,39 \pm 15$ %) est obtenu avec le traitement T8 (Compost + Urée). Sur les quatre années de l'expérimentation, la dose de 7 500 kg/ha de Fiente de Poulet combinée aux doses de 500 kg/ha du Burkina Phosphate et de 100 kg/ha d'urée, a donné des rendements paddy stables et peut constituer une alternative à la fertilisation du riz pluvial strict dans le contexte agro-pédologique de cette étude.

Mots-clés : riz pluvial strict, Biodéchets, fertilisants inorganiques, production, Burkina Faso.

Abstract

Effects of organic wastes and inorganic fertilizers on upland rice production in south sudan zone of Burkina Faso

A trial was carried out at the station research agricultural and environmental in Farako-Bâ, South Sudanese zone of Burkina Faso, from 2016 to 2019, in order to study the effects of application of fertilizers and biowastes on the upland rice production. Experiment was laid out in randomized complete block design with four replications having ten treatments: T1 (Control), T2 (NPK + Urea), T3 (BP + Urea), T4 (FP), T5 (FP + Urea), T6 (FP + BP), T7 (FP + BP + Urea), T8 (Compost Urea), T9 (Compost + BP) and T10 (Compost + BP + Urea).

All the recorded parameters including grain yield, straw yields, harvest index, were significantly affected by combined application of fertilizers and biowastes. Maximum paddy yield (4067 ± 2389 kg/ha), straw yields (3423 ± 2741 kg/ha), were examined with the application of T7 (FP + BP + Urée). Recommended NPK while application of Urea gave 3214 ± 1301 kg/ha paddy yield and 2458 ± 1703 kg/ha of straw yields. The highest harvest index ($57,39 \pm 15$ %) was obtained with the treatment T8 (Compost + Urea). The study showed that biowastes combined with inorganic fertilizers increased upland rice yield in the conditions of this test. The dose of 7500 kg/ha of chicken manure combined with 500 kg/ha of Burkina rock phosphate and 100 kg/ha of urea gave paddy yield stable and may constitute alternative to the fertilization of upland rice in the agro-pedological context of this study.

Keywords : *upland Rice, biowastes, fertilizers inorganiques, production, Burkina Faso.*

1. Introduction

Le riz, jadis un aliment de luxe pour certaines populations et un aliment culturel pour d'autres, est aujourd'hui la deuxième céréale la plus consommée dans le monde, après le blé [1]. De nos jours il représente l'aliment de base de plus de la moitié de la population mondiale. La consommation annuelle moyenne, s'établit à 54,4 kilos par habitant [2]. Au Burkina Faso, le riz occupe la 4^{ème} place tant du point de vue des superficies que de la production parmi les céréales cultivées. En 2018, la demande en riz au Burkina Faso est estimée à 773 775 tonnes [3]. Avec un taux d'accroissement de 11 % par an, les besoins annuels de consommation du riz pourraient atteindre 1 500 000 tonnes d'ici à 2025. Pour combler le déficit de besoin en consommation, le Burkina Faso a recours à des importations massives en vue de répondre aux besoins de plus en plus croissants de la consommation intérieure de riz [4]. Paradoxalement, le Burkina Faso dispose d'une superficie de 9 000 000 ha de terres arables [5] faiblement exploitée pour la riziculture pluviale stricte. Cependant, la contribution du riz pluvial strict bien qu'en croissance, peut-être fortement améliorée car les rendements réalisés sont encore très en dessous des rendements potentiels ou réalisables. En effet, le potentiel de rendement du riz pluvial strict au Burkina Faso peut atteindre 4 000 à 5 000 kg/ha, mais les rendements réels sont de l'ordre de 1 000 à 1 100 kg/ha, soit moins de 73 % du potentiel de rendements de certaines variétés améliorées de riz cultivé [6]. La pratique de fertilisation actuelle repose essentiellement sur les engrais minéraux et surtout l'utilisation de l'urée apportée à la volée, ce qui entraîne de nombreuses pertes.

Le coût élevé des engrais minéraux et le faible niveau de revenus des producteurs expliquent le fait que les doses d'engrais minéraux apportées au riz pluvial strict soient souvent inférieures aux doses recommandées [7]. Avec le développement de la filière riz, il importe de trouver des pratiques de fertilisations efficace et adaptée à la riziculture pluviale stricte. En effet, l'utilisation de compost et le biochar combinée avec de faible dose de fumure minérale permettent de booster la production du riz pluvial strict [8]. Outre ces pratiques, des recherches ont été conduites sur l'effet de biofertilisant organique sur la production de riz pluvial strict [9]. Dans un tel contexte où l'exigence est l'amélioration des techniques de fertilisation et la réduction des coûts de fertilisation l'exploitation des systèmes intégrés cultures/élevage sont à encourager. La volaille n'a pas été suffisamment prise en compte dans les travaux sur l'intégration agriculture-élevage. Or, les travaux de [10] ont montré que la volaille peut contribuer à près de 30 % à la production des substrats organiques dans les exploitations agricoles. Selon ces auteurs, l'élevage extensif de volaille qui est le système dominant dans les zones sud soudaniennes du Burkina Faso, permet de produire dans l'année 4,67 kg de fientes par volaille contre 19,21 et 5,08 kg/volaille/an respectivement pour la claustration et le système semi-intensif. Les études de [11] ont montré une richesse chimique de la fiente de volaille notamment en azote (N = 2,58 %) et en phosphore total (P = 2,73 %), comparativement aux déjections de bovins (N = 1,96 % et P = 0,96 %), de caprins (N = 1,61 % et P = 1,06 %) et d'ovins (N = 2 % et P = 0,90 %). Cela laisse voir

une certaine efficacité de la fiente de volailles dans l'amélioration de la fertilité du sol et la durabilité des systèmes de productions. A cet effet, il s'avère indispensable d'avoir des informations concernant la réponse de riz pluvial strict suite à l'utilisation directe de la fiente de volaille comme amendement dans les lixisols. Cette étude a été initiée dans le but de valoriser les biodéchets (fientes de poulet) en comparant leurs effets à ceux des engrais chimiques. L'essai installé a pour objectif globale d'améliorer l'efficacité d'utilisation des engrais en riziculture pluviale stricte à travers l'introduction des biodéchets et du Burkina Phosphate. Il s'agit de façon spécifique, d'évaluer l'effet de cette technique sur le rendement paddy et paille ainsi que son incidence sur l'indice de récolte. Dans cette étude, nous avons émis les hypothèses que (1) l'apport de fientes de poulet améliore les rendements paddy du riz pluvial strict (2) et que l'ajout des engrais chimiques, du Burkina Phosphate permet de mieux les valoriser.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'étude

L'étude a été réalisée au cours de la campagne agricole de 2016, 2017, 2018 et 2019 à la station de Recherches Agricoles de Farako-Bâ du Burkina Faso. Ce site est situé à 10 km au Sud-ouest de Bobo-Dioulasso sur l'axe Bobo-Dioulasso /Banfora. Les coordonnées géographiques du site se situent entre le 11°06 de latitude Nord et le 4°20 de longitude Ouest à 405 m d'altitude. Le climat est de type sud soudanien et comprend deux saisons dont une humide et l'autre sèche. La saison sèche s'étale en moyenne entre octobre-novembre et mars-avril. Quant à la saison pluvieuse, elle dure de mi-avril à la mi-novembre [12]. La pluviométrie moyenne annuelle en 2019 était de 1 371 mm [13]. Les sols du site d'implantation de l'essai sont des lixisols selon la classification WRB CPCS [14].

2-2. Matériel végétal et fertilisants utilisés

La variété de riz utilisée est la FKR59 (WAB 99-84). Elle est originaire de l'institut agricole de Campinas à Sao Paulo (Brésil). Son cycle semis-maturité est de 95-100 jours pour un rendement potentiel de 5 000 kg/ha [15]. Les semences utilisées pour l'étude viennent du Programme Riz et Riziculture de la station de Recherches Agricoles de Farako-Bâ. La fiente de poulet a été obtenue dans les fermes avicoles localisées dans la zone périurbaine de Bobo Dioulasso. Quant au compost, il a été produit dans la station expérimentale. Le Burkina Phosphate a été obtenu à la Direction Régionale de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-Agricoles des Hauts Bassins et les engrais minéraux (NPK et Urée) ont été payés sur la place du marché auprès des revendeurs détaillants. Les caractéristiques chimiques de fumiers de poulet et de compost, obtenus au laboratoire Sol-Eau-Plante, à l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, Station de Farako-Bâ, sont données dans le *Tableau 1*.

Tableau 1 : Teneur en éléments chimiques du fumier de poulet et de compost

Nature	pH_H ₂ O	MO (%)	N_total (%)	C/N	P_total (%)	K_total (%)
Fientes de poulet	6,91	64,80	3,09	12,33	2,56 %	1,43 %
Compost	7,19	69,57	2,18	10,79	0,026	1,8

Légende : N_Total : Azote total ; C/N rapport Carbone sur Azote ; P_Total : Phosphore Total, K_Total : Potassium Total

2-3. Méthodes

2-3-1. Dispositif expérimental et conduite de l'essai

L'essai a été mis en place selon un dispositif en Blocs de Fisher complètement randomisés à 10 traitements (*Tableau 2*) et 4 répétitions.

Tableau 2 : Liste de traitements appliqués

Traitements	Quantité de Nutriments appliqué (kg/ha)		
	N	P	K
T1 : Témoin sans fumure	0	0	0
T2 : NPK + Urée	74	46	28
T3 : Burkina Phosphate + Urée	46	126,9	0
T4 : Fiente de Poulet	231,75	192	107,25
T5 : Fiente de Poulet + Urée	277,75	192	107,25
T6 : Fiente de Poulet + Burkina Phosphate	231,75	318,9	107,25
T7 : Fiente de Poulet + Burkina Phosphate + Urée	277,75	318,9	107,25
T8 : Compost + Urée	111,5	1,3	90
TF9 : Compost + Burkina Phosphate	111,5	128,2	90
T10 : Compost + Burkina Phosphate + Urée	111,5	128,2	90

Dans chaque parcelle élémentaire d'une superficie de 9 m², sont appliqués les types de fumures correspondants. La fertilisation minérale vulgarisée correspond à 200 kg/ha de NPK apportés à 14 jours après semis, et de 100 kg/ha d'urée appliqués en deux fractions : 35 % de la dose (35 kg/ha) à 30 jours après semis et 65 % de la dose (65 kg/ha) à 45 jours après semis. Le compost à base de paille de riz (5 000 kg/ha) et le Burkina Phosphate (500 kg/ha) ont été apportés 5 jours avant semis. La fiente de poulet à la dose de 7500 kg/ha a été fractionnée, deux tiers de la dose (5 000 kg/ha) à 5 jours avant semis et un tiers de la dose (2 500) kg/ha à 45 jours après semis. Les grains de riz ont été semés aux écartements de 0,20 m x 0,20 m. La même opération s'est répétée chaque année. La préparation du terrain a consisté au défrichage et au labour à plat. Au moment du labour, les pailles ont été enfouies et le hersage est intervenu juste après.

2-3-2. Mesures du rendement paddy, du rendement paille et de l'indice de récolte

A maturité, le rendement paddy (à 15 % d'humidité des grains) et paille ont été mesurés sur une superficie utile de 4 m². Les touffes de riz des poquets de la superficie utile (4 m²) sont récoltées pour mesurer les composantes de rendement. Les panicules sont comptées, séparées à la main et les grains pleins sont séparés des grains vides. Les échantillons sont ensuite séparés entre paddy et pailles. Après séparation, les échantillons paddy et de pailles sont séchés à l'étuve pendant 72 h à 60°C. Les grains pleins sont utilisés pour estimer le rendement paddy. Le rendement paddy (t/ha) a été déterminé en utilisant la *Formule* donnée par [16] :

$$\text{Rendement Paddy} = \frac{NP}{ha} \times \frac{NT}{P} \times \frac{Npa}{T} \times \frac{NG}{Pa} \times NNG \quad (1)$$

avec, $\frac{NP}{ha}$ = nombre de plants/hectare = $\frac{NP}{m^2} \times 10\,000$; $\frac{NT}{P}$ = nombre de talles/pieds; $\frac{Npa}{T}$ = nombre de panicule/talle; $\frac{NG}{Pa}$ = nombre de grains/panicules; PG = poids d'un grain.

$$\text{Rendement Paille} = \frac{M}{SU} \times ha \quad (2)$$

avec, S_u = Superficie utile et M = masse moyenne de paille en gramme des 4 répétitions.

A l'issue de ces calculs, les rendements paddy et pailles ont été convertis en kg/ha. L'indice de récolte (HI) de chaque parcelle a été calculé en utilisant la formule donnée par [17].

$$\text{Indice de récolte} = \frac{\text{Rendement de riz en paddy grains}}{\text{Rendement en paille de riz}} \times 100 \quad (3)$$

2-4. Analyse statistique

Pour apprécier l'effet des apports combinés de biodéchets et des fertilisants inorganiques sur les différents paramètres étudiés, les différentes mesures effectuées ont fait l'objet d'une analyse. Une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée à l'aide du logiciel *GENTSTAT Discovery* version 11.1. Le test de Fisher a été utilisé pour la comparaison des moyennes lorsque l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les traitements, au seuil de probabilité de 5 % [18].

3. Résultats

3-1. Effets des fertilisants sur le rendement paddy du riz pluvial strict

Les résultats du rendement paddy obtenus en 2016, 2017, 2018 et 2019 sont présentés dans le **Tableau 3**. On note des différences hautement significatives ($P < .001$) entre les années et entre les traitements quelle que soit l'année pour le rendement paddy du riz. L'interaction années*traitements est non significative. Les rendements paddy du riz ont varié de 464 ± 252 kg/ha en 2017 pour le traitement T1 (témoin sans fumure) à 3171 ± 1661 kg/ha en 2018 pour le traitement T7 (FP + BP + Urée). Ainsi, les plus faibles rendements paddy ont été observés avec le traitement T1 (témoin sans fumure) sur les quatre années. A la première et à la deuxième année de culture, le traitement T5 (FP + Urée) a entraîné des augmentations de rendement paddy respectivement de 50,60 et 79,74 % par rapport au traitement T1 (Témoin sans fumure) contre 45,27 % et 59,30 % pour le traitement T2 (NPK + Urée). Comparativement à la première année, en 2017, les rendements paddy diminuent pour tous les traitements. Cette baisse de rendement paddy varie de 22 % pour le traitement T6 (FP + BP) à 71,9 % pour le traitement T1 (Témoin sans fumure). A la troisième année, les traitements T7 (FP + BP + Urée) et T2 (NPK + Urée) entraînent des augmentations de rendement paddy de 75,75 % et 67,3 % respectivement par rapport au traitement T1 (Témoin sans fumure). A la quatrième année de culture les traitements T2 (NPK + Urée) et T7 (FP + BP + Urée) ont également induit des augmentations de rendement paddy de 54,01 % et de 46,20 % respectivement par rapport au traitement T1 (Témoin sans fumure). Par ailleurs à la dernière année de l'essai, comparativement à la troisième année, on observe que le rendement paddy a augmenté de 28,2 % pour le traitement T2 (NPK + Urée) et de 17,44 % pour le traitement T10 (Compost + BP + Urée) et de 6,01 % pour le traitement T6 (FP+BP). Par contre le rendement paddy diminue de 23,09 % pour le traitement T7 (FP + BP + Urée) et de 5,4 % pour le traitement T4 (FP).

Tableau 3 : Rendement paddy (kg/ha) des traitements

Traitements	Rendement paddy (kg/ha)				
	Années				Moyenne des 4 ans
	2016	2017	2018	2019	
Témoin sans fumure	1650 ± 584 ^d	464 ± 252 ^c	769 ± 302 ^c	1386 ± 82 ^c	1607 ± 871 ^e
NPK + Urée	3015 ± 791 ^{abc}	1140 ± 546 ^b	2351 ± 1339 ^{abc}	3014 ± 693 ^a	3214 ± 1301 ^{abc}
BP + Urée	2106 ± 879 ^{cd}	592 ± 551 ^{bc}	1150 ± 483 ^{bc}	2279 ± 245 ^{bcd}	2104 ± 948 ^{cde}
FP	2612 ± 322 ^{abcd}	1994 ± 470 ^a	1860 ± 1274 ^{abc}	1758 ± 330 ^{bc}	3216 ± 2197 ^{abc}
FP + Urée	3340 ± 350 ^a	2290 ± 714 ^a	2650 ± 984 ^{ab}	2076 ± 851 ^{ab}	3863 ± 2352 ^{ab}
FP + BP	2839 ± 987 ^{abc}	2199 ± 516 ^a	1695 ± 949 ^{abc}	1796 ± 92 ^{abc}	3146 ± 2023 ^{abcd}
FP + BP + Urée	3225 ± 638 ^{ab}	2182 ± 656 ^a	3171 ± 1661 ^a	2576 ± 773 ^{ab}	4067 ± 2389 ^a
Compost + Urée	2793 ± 457 ^{abc}	1204 ± 300 ^b	2948 ± 939 ^{ab}	1645 ± 574 ^c	2876 ± 1120 ^{bcd}
Compost + BP	2179 ± 1233 ^{bcd}	914 ± 304 ^{bc}	1774 ± 1830 ^{abc}	1416 ± 356 ^c	2035 ± 1170 ^{de}
Compost + BP + Urée	2637 ± 708 ^{abcd}	1085 ± 410 ^{bc}	1937 ± 1550 ^{abc}	2275 ± 596 ^{bcd}	2782 ± 1470 ^{bcd}
<i>F pr.</i>					
Traitements	0,031	<.001	0,0218	0,024	<.001
Signification	S	HS	S	S	HS
<i>Années</i>					
			<.001		
<i>Années*traitements</i>					
			0,609		
<i>Signification</i>					
			NS		

Légende : FP : Fientes de Poulet ; BP : Burkina Phosphate ; F pr. : Probabilité de F

NB : les traitements affectés d'une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents

*Années*traitements : Interaction années*traitements*

3-2. Effets des fertilisants inorganiques sur le rendement paille

Les résultats sont présentés dans le **Tableau 4**. Il ressort des différences hautement significatives ($P < .001$) entre les traitements en 2016 et en 2017 et des différences significatives ($P < 0,05$) entre les traitements en 2018 et en 2019 pour le rendement paille. Les différences notées entre les années sont hautement significatives ($P < .001$). L'interaction années et traitements est non significative au seuil de 5 % pour le rendement paille. L'analyse de la moyenne de rendement paille des quatre cycles culturaux montre que la moyenne de rendement paille varie de 1118 ± 696 kg/ha pour le traitement T1 (Témoin sans fumure) à 3423 ± 2741 kg/ha pour le traitement T7 (FP + BP + Urée). Le rendement paille connaît des fluctuations sur la période 2016-2019, avec une tendance baissière en 2017 et en 2019. En effet, en 2017, on observe des baisses de rendements paille de 26,71 % pour le traitement T7 (FP + BP + Urée), de 37,7 % pour le traitement T5 (FP + Urée) et de 89,28 % pour le traitement T2 (NPK + Urée). En outre en 2019, le rendement paille a diminué de 82,3 % pour le T7 (FP + BP + Urée), de 66,39 % pour le traitement T5 (FP + Urée), de 59,02 % pour le traitement T1 (Témoin sans fumure) et de 2,65 % pour le traitement T2 (NPK + Urée). Toutefois, les résultats montrent une augmentation de rendement paille de 144 % en 2016 et de 179 % en 2017 avec le traitement T7 (FP + BP + Urée) par rapport aux parcelles des traitements T1 (Témoin sans fumure). Les meilleurs rendements paille ont été obtenus en 2018, et le traitement T7 (FP + BP + Urée) entraîne une augmentation de rendement paille de 285,4 % par rapport au traitement T1 (Témoin sans fumure). En 2016, le rendement paille pour le traitement T5 (FP + Urée) a augmenté de 138,48 % contre 107 % pour le traitement T2 (NPK + Urée). En 2018, cette augmentation de rendement paille a été majorée, elle est de 189,15 % pour le traitement T5 (FP + Urée) et de 143,24 % pour le traitement T2 (NPK + Urée).

Tableau 4 : Rendement paille (kg/ha) des traitements

Traitements	Rendement paille (kg/ha)				Moyenne des 4 ans
	Années				
	2016	2017	2018	2019	
Témoin sans fumure	1632 ± 614 ^e	1049 ± 393 ^e	1568 ± 375 ^c	986 ± 57 ^d	1118 ± 696 ^c
NPK + Urée	3390 ± 995 ^{abc}	1791 ± 538 ^b	3814 ± 1851 ^{abc}	3713 ± 126 ^a	2458 ± 1703 ^{abc}
BP + Urée	2029 ± 845 ^{de}	1152 ± 457 ^{cde}	2408 ± 880 ^{bc}	2135 ± 31 ^{bcd}	1517 ± 1034 ^{cd}
FP	3576 ± 890 ^{ab}	2655 ± 362 ^a	3376 ± 1821 ^{abc}	2293 ± 405 ^{bc}	2531 ± 1689 ^{abc}
FP + Urée	3892 ± 619 ^a	2955 ± 554 ^a	4534 ± 1821 ^{ab}	2725 ± 349 ^{ab}	2999 ± 1982 ^{ab}
FP + BP	3122 ± 1038 ^{abc}	2502 ± 229 ^a	3381 ± 2284 ^{abc}	2491 ± 170 ^{abc}	2391 ± 1758 ^{abc}
FP + BP + Urée	3983 ± 451 ^a	2919 ± 915 ^a	6043 ± 2709 ^a	3314 ± 161 ^{ab}	3423 ± 2741 ^a
Compost + Urée	2723 ± 553 ^{bcd}	1646 ± 257 ^{bcd}	4589 ± 1595 ^{ab}	2204 ± 220 ^{bcd}	2364 ± 1978 ^{abc}
Compost + BP	2437 ± 967 ^{cde}	1109 ± 239 ^{de}	3485 ± 2523 ^{abc}	1350 ± 78 ^d	1834 ± 1810 ^{bcd}
Compost + BP + Urée	2492 ± 697 ^{cde}	1712 ± 675 ^{bc}	3940 ± 2110 ^{abc}	2209 ± 187 ^{bcd}	2160 ± 1858 ^{bcd}
<i>F pr.</i>					
Traitements	<.001	<.001	0,005	0,006	0,006
Années			<.001		
Années*traitements			0,504		

Légende : FP: Fientes de Poulet; BP : Burkina Phosphate ; Significative ; F pr. : Probabilité de F
NB : les traitements affectés d'une même lettre dans la même colonne ne sont pas significativement différents.
*Années*traitements : Interaction années*traitements.*

3-3. Effets des fertilisants sur l'indice de récolte

L'indice de récolte a varié de 31,88 ± 18 % à 87,02 ± 13 % durant les quatre années de culture (*Tableau 5*). Des différences significatives entre les années ont été observées au niveau de l'indice de récolte. L'apport de biodéchets et de fertilisants inorganiques a eu des effets significatifs sur l'indice de récoltes en 2016, en 2017 et en 2019 et non significatives en 2018. En effet, en 2016, on observe des différences non significatives entre les traitements T2 (NPK + Urée), T5 (FP + Urée), T6 (FP+BP) et T9 (Compost + BP) et aussi entre les traitements T3 (BP + Urée) et T8 (Compost + Urée). Par ailleurs, en 2016, le traitement T10 (Compost + BP + Urée) s'est distingué en obtenant l'indice de récolte le plus élevé (51,55 %). En 2017, les indices de récoltes se sont majorés de 39,67 % pour le traitement T6 (FP + BP), de 37,85 % pour le traitement T9 (Compost + BP), de 31,21 % pour le traitement T7 (FP + BP + Urée) et de 32,33 % pour le traitement T4 (FP). Par contre, en 2018 et en 2019, les indices de récoltes connaissent une baisse continue pour tous les traitements sauf pour le traitement T1 (témoin sans fumure). En 2018, cette diminution varie de 3 % pour le traitement T2 (NPK + Urée) et de 41 % pour le traitement T9 (Compost + BP). Par ailleurs, en 2019, la baisse de l'indice de récolte oscille de 1 % pour le traitement T3 (BP + Urée) et de 23 % pour le traitement T8 (Compost + Urée).

Tableau 5 : Indice de récolte (%) des traitements

Traitements	Indice de Récolte (%)				Moyenne des 4 ans
	Années				
	2016	2017	2018	2019	
Témoin sans fumure	50,33 ± 3,33 ^{ab}	46,47 ± 26 ^{ab}	50,43 ± 18	62,21 ± 15 ^a	52,36 ± 17
NPK + Urée	47,10 ± 3,52 ^{abc}	62,15 ± 12 ^{ab}	59,96 ± 7	42,40 ± 11 ^{bc}	52,90 ± 12
BP + Urée	50,72 ± 2,89 ^{ab}	45,79 ± 26 ^{ab}	48,28 ± 11	49,53 ± 4 ^{ab}	48,58 ± 13
FP	42,72 ± 6,61 ^c	75,05 ± 14 ^a	48,01 ± 26	35,04 ± 18 ^{bc}	50,20 ± 22
FP + Urée	46,36 ± 5,31 ^{abc}	76,06 ± 14 ^a	57,46 ± 5	31,88 ± 18 ^c	52,94 ± 20

FP + BP	47,35 ± 5,31 ^{abc}	87,02 ± 13 ^a	52,23 ± 8	39,07 ± 7 ^{bc}	56,41 ± 20
FP + BP + Urée	44,52 ± 5,98 ^{bc}	75,73 ± 11 ^a	52,17 ± 8	39,99 ± 10 ^{bc}	53,10 ± 16
Compost + Urée	50,72 ± 3,38 ^{ab}	72,34 ± 8 ^a	64,57 ± 8	41,93 ± 18 ^{bc}	57,39 ± 15
Compost + BP	45,83 ± 6,85 ^{abc}	83,68 ± 29 ^a	42,87 ± 19	48,26 ± 4 ^{abc}	55,16 ± 23
Compost + BP + Urée	51,55 ± 2,43 ^a	64,23 ± 6 ^{ab}	54,89 ± 40	48,73 ± 3 ^{abc}	54,20 ± 19
<i>F pr.</i>					
Traitements	0,03	0,04	0,82	0,04	0,95
Années			<.001		
Années*traitements			0,007		
Signification			5		

*Légende : FP : Fientes de Poulet , BP : Burkina Phosphate ; F pr. : Probabilité de F
NB : les traitements affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents
Années*traitements : Interaction années*traitements*

4. Discussion

4-1. Effets de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement paddy du riz pluvial

Les biodéchets seules ou associés aux fertilisants minéraux permettent d'améliorer les rendements paddy par rapport à la fumure minérale vulgarisée. L'apport fractionné de Fientes de Poulet associé au BP et à l'Urée améliore de façon significative le rendement paddy de 2 460 kg/ha par rapport aux rendements obtenus sur la parcelle témoin non fertilisée (1 607 kg/ha) et la parcelle ayant reçu la fumure minérale vulgarisée (1 607 kg/ha). Ces résultats corroborent ceux de [19] qui ont montré que les rendements de riz pluvial strict augmentent lorsque les engrais minéraux sont associés aux ressources organiques notamment la Fiente de Poulet. En effet, la combinaison fientes de Poulet et Urée permet d'obtenir des rendements moyens de riz de 4 067 kg/ha. Les résultats sont similaires, à ceux trouvés par [20] qui ont noté que l'utilisation de 15 000 kg/ha de fumier de volaille permet d'obtenir des rendements paddy du riz pluvial compris entre 4 660 et 5 000 kg/ha. En effet, l'application conjointe des fertilisants minéraux et organiques aboutit souvent à des effets synergiques, augmentant à long terme la capacité du sol à fournir des nutriments, et dans certains cas le taux de recouvrement des engrais minéraux [21]. Les meilleurs rendements paddy du riz issus des parcelles fertilisées aux doses de biodéchets associés aux fertilisants inorganiques pourraient être attribués à la quantité et à l'activité importante des microorganismes du sol qui libéreraient une quantité importante d'azote, de phosphore et de potassium. Les éléments nutritifs libérés permettent une augmentation de rendement paddy de riz pluvial strict. Ces résultats corroborent ceux de [22]. En effet, le traitement T5 (FP + Urée) apportant 277,75 kg N /ha, 192 kg P₂O₅ / ha et 107 kg K₂O/ha a contribué à augmenter le rendement paddy par rapport au traitement T1 (Témoin). En effet, l'azote est profitable aux cultures, mais il convient de l'appliquer sans excès car il rendra les plantes plus sensibles à la verse étant donné qu'elles seront de grande taille tel que démontré par [23]. Ce constat a été fait lors de nos travaux. En effet, les parcelles ayant reçu le traitement T7 (FP + BP + Urée) avaient des plantes de riz de grande taille et ont été très sensible à la verse cela a entraîné la perte d'une partie des grains de riz. Il faut toutefois noter que le rendement paddy obtenu avec le traitement T4 (FP) est élevé mais reste faible comparativement aux traitements T7 (FP + BP + Urée) et T5 (FP + Urée). Cette situation pourrait être liée aux excès de carbone apportée par ces fortes doses de fientes de poulet. Les microorganismes ont certainement été incapables de minéraliser la forte quantité de matière organique et ont libéré moins de nutriments. Toute chose qui peut entraîner une faible mobilisation de certains nutriments au cours de cycle du riz. L'ajout de la fumure minérale surtout l'azote et le phosphore aux traitements T7 (FP + BP + Urée) et T5 (FP + Urée) a probablement

augmenté l'activité biologique du sol et a facilité du même coup une libération effective de nutriments pour le riz pluvial strict. Cela a été rapporté par [24] sous culture du riz pluvial avec utilisation fumier de volaille. Le traitement T5 (FP + Urée) a amélioré le rendement paddy et est statistiquement égal à la fumure minérale vulgarisée. Les apports de l'engrais minéral vulgarisé ont eu un effet supérieur sur le rendement paddy par rapport au traitement T7 (FP + BP + Urée) en 2019. La mauvaise pluviométrie spatio-temporelle enregistrée au cours de cette campagne a probablement influencé la disponibilité en eau lors de l'activité de minéralisation de fiente de Poulet. Or, les éléments nutritifs apportés par le traitement T2 (NPK + Urée) sont immédiatement disponible, permettant ainsi d'améliorer le développement des cultures d'où l'accroissement des rendements paddy en 2019, par le traitement T2 (NPK + Urée), comparativement aux traitements T7 (FP + BP + Urée) et T5 (FP + Urée). L'analyse de la pluviométrie a montré que la zone d'étude a enregistré en 2017 et en 2019 de forte température qui constitue un risque pour la culture du riz pluvial strict. En effet, comme l'a montré [25], les températures élevées peuvent entraîner, chez le riz pluvial strict, une augmentation du besoin en eau, un tallage réduit, des panicules blanches, un nombre réduit d'épillets lors de l'initiation florale, une stérilité accrue lors de l'épiaison et un remplissage réduit des grains lors de la maturation. Cette situation explique la diminution du rendement paddy de riz de 23,09 % pour le traitement T7 (FP + BP + Urée) et de 5,4 % pour le traitement T4 (FP) en 2017, année de faible pluviométrie dans la zone d'étude. Selon les travaux de [26], la baisse du cumul pluviométrique saisonnier, les sécheresses saisonnières et les déficits hydriques constituent les risques climatiques majeurs pour la culture du riz pluvial strict.

4-2. Effets de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement paille du riz pluvial strict

Pendant les quatre campagnes agricoles d'expérimentation, les meilleurs rendements paille sont obtenus avec les traitements T7 (FP + BP + Urée) et T5 (FP + Urée) significativement non différents entre eux. Il ressort des résultats que la combinaison des fumures minérales et organiques entraîne une augmentation du rendement paille, ce qui est corroboré par l'étude de [27]. La Fiente de Poulet a favorisé une meilleure croissance du riz pluvial strict probablement en raison de l'absorption plus élevée des éléments nutritifs inhérents au fumier par rapport aux taux plus bas du compost ou de l'engrais minéral. Parmi les éléments minéraux indispensables à la croissance du riz, l'azote joue un rôle déterminant dans l'obtention d'un rendement élevé et la réponse de la culture à cet élément est très marquée. L'augmentation de rendement paille est imputable à la forte dose d'azote contenue dans les biodéchets (Fientes de Poulet) et de l'Urée. En effet, la matière organique contient de grandes quantités de microéléments qui sont essentiels à la croissance des plantes, par conséquent une amélioration de rendement paille. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de [28] qui ont souligné que l'apport de compost seul ou de compost plus engrais chimique, entraîne une augmentation de rendement de la biomasse du riz pluvial strict. Un rendement paille plus élevé pourrait également être attribué à une production de matière sèche et une meilleure absorption des nutriments. Cette tendance est conforme aux conclusions de travaux de [29]. Chez le riz, l'absorption des éléments minéraux devient maximale durant le stade tallage et début de montaison [30]. L'apport de la deuxième fraction de la fiente de poulet riche en azote (3,09 % de N) en début de montaison a stimulé la production de talles. Ce qui pourrait expliquer l'obtention d'une quantité importante de paille dans les parcelles ayant reçu les traitements T5 (FP + Urée) et T7 (FP + BP + Urée).

4-3. Effets de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur l'indice de récolte

En ce qui concerne l'indice de récolte, on note que le traitement T6 (FP + BP) suivi du traitement T9 (Compost + BP) ont enregistré les indices de récoltes les plus élevés (respectivement 87,02 % et 83,68 %). Les plus faibles indices de récoltes étaient obtenus avec le traitement T4 (FP) et T5 (FP+Urée) respectivement de 35,05 % et de 31,88 %. Les mêmes observations ont été faites par [31] qui ont montré que l'apport de

10 000 kg/ha de fientes de Poulet permet d'obtenir un indice de récolte de 22,88 % en culture de maïs ; appartenant au groupe de cultures de céréales, au même titre que le riz, cet indice est inférieur à celui obtenu sur les parcelles non fertilisées. En effet, le rapport grain/paille diminue avec l'application de fientes de poulet, mais moins dans les parcelles recevant de la fumure minérale et le compost. L'expression d'un indice de récolte faible pour les fientes de poulet résulte de l'effet positif des nutriments sur la production de paille. L'analyse des fertilisants a montré que la fiente de poulet a une teneur élevée en phosphore. En effet, le phosphore joue un rôle important dans le développement racinaire de riz. Cette importance racinaire peut développer chez le riz pluvial, une capacité d'absorption des éléments nutritifs notamment l'azote favorisant ainsi un bon développement végétatif [32]. Les travaux de [33] ont indiqué que l'indice de récolte est influencé par des facteurs environnementaux. En effet, la baisse des cumuls pluviométriques saisonniers constitue un risque climatique pour la culture du riz pluvial. En effet, comme l'a mentionné [34], cette baisse de pluie peut entraîner des déficits hydriques qui se traduisent par la baisse du rendement paddy du riz. Il semble donc que l'obtention d'indice de récolte élevée, découlant de la baisse de rendement paddy, serait due, en grande partie, à une baisse de la pluviométrie en 2017 et en 2019. Les différences sources de fertilisants ont montré des effets non significatifs sur les indices de récolte en 2018. Ces résultats sont conformes avec ceux de [35], qui ont noté que l'apport de fientes de volaille simple, ou en combinaison avec l'*Azotobacter* n'a pas d'effet significatif sur les indices de récoltes.

5. Conclusion

Les résultats de cette étude montrent l'intérêt, de combiner les biodéchets et les fertilisants inorganiques pour améliorer la production du riz pluvial strict. Les rendements paddy observés tendent à augmenter avec l'adjonction de la fiente de poulet fractionnée en combinaison avec l'urée vulgarisée et le Burkina Phosphate. En effet, les résultats obtenus montrent que le traitement T7 (FP + BP + Urée) donne le meilleur rendement paddy par rapport au traitement T1 (témoin sans fumure), le traitement T2 (NPK + Urée) et le traitement T10 (Compost + BP + Urée). Un rendement moyen paddy additionnel de plus de 853 kg/ha est atteint avec le traitement T7 (FP + BP + Urée) par rapport au traitement T2 (NPK + Urée). L'ajout des engrais chimiques, du Burkina Phosphate permet de mieux valoriser les biodéchets. La diffusion de cette stratégie de fertilisation à une échelle élevée permettrait d'économiser des devises sur l'importation des engrais chimiques et à long terme sur celle du riz par l'augmentation des rendements donc de la production nationale. L'utilisation de Fientes de Poulet pourrait être une stratégie de gestion durable des terres. En perspective, ce sont les calculs économiques qui permettront de juger de la rentabilité et de l'adoption.

Références

- [1] - FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), La situation des marchés des produits agricoles. Commerce agricole, changement climatique et sécurité alimentaire. Rome. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO, (2018)
- [2] - FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Suivi du Marché du Riz, Vol. 20, Édition N ° 4 (2017)
- [3] - MAAH (Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-Agricoles du Burkina Faso), Annuaire des Statistiques Agricoles, (2018) 118 p.
- [4] - SNDR II. (Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture II du Burkina Faso sur la période 2021-2030), (2019) 51 p.
- [5] - PNSR II (Deuxième Programme National du Secteur Rural 2016-2020 du Burkina Faso), (2016) 86 p.

- [6] - A. TRAORE, K. TRAORE, O. TRAORE, B. V. BADO, B. N. NACRO, P. M. SEDOGO, Caractérisation des systèmes de production à base de riz pluvial strict dans les exploitations agricoles de la zone Sud-soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (6) (2015) 2685 - 2697
- [7] - N. K. FAGERIA, M. C. S CARVALHOA, F. C. D. SANTOS, Response of Upland Rice Genotypes to Nitrogen Fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45 (15) (2014) 2058 - 2066
- [8] - S. OLADELE, A. ADEYEMO, M. AWODUN, A. AJAYI, A. FASINA, Effects of biochar and nitrogen fertilizer on soil physicochemical properties, nitrogen use efficiency and upland rice (*Oryza sativa*) yield grown on an Alfisol in Southwestern Nigeria. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8 (2019) 295 - 308
- [9] - N. GROGA, N. AKEDRIN, T. B. DRO, P. F. KOUADIO KOUASSI, S. D. AKAFFOU, Y. J. KOUADIO, A. OUATTARA, Contribution des biotechnologies à la sécurité alimentaire : cas du biofertilisant organique (symbiose *Anabaena-Azollae*, *Azolla filiculoides*) sur la fertilisation et le développement d'*Oryza sativa* (riz CB-one) en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies; Rabat*, 24 (3) (2018) 1155 - 1165
- [10] - K. COULIBALY, F. SANKARA, S. POUSGA, P. J. NACOLMA, H. B. NACRO, Pratiques avicoles et gestion de la fertilité des sols dans les exploitations agricoles de l'Ouest du Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 127 (2018) 12770 - 12784
- [11] - A. P. K. GOMGNIMBOU, K. COULIBALY, A. SANON, B. BACYÉ, B. H. NACRO, P. M. SÉDOGO, Study of the Nutrient Composition of Organic Fertilizers in the Zone of Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 2 (4) (2016) 617 - 622
- [12] - J. FONTES, S. GUINKO, Carte de végétation et de l'occupation d'un sol du Burkina Faso. Notice explicative. Ministère de la coopération Française, Projet campus (8813101). Toulouse : Université Paul Sabatier, (1995)
- [13] - MAAH (Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydro-Agricoles du Burkina Faso). Annuaire des Statistiques Agricoles, (2019) 408 p.
- [14] - R. KISSOU, E. TRAORÉ, Z. GNANKAMBARY, H. B. NACRO, P. M. SÉDOGO, Connaissance endogène de la classification et de la fertilité des sols en zone Sud-Soudanienne du Burkina Faso. *VertigO, revue électronique en sciences de l'environnement*, 14 (1) (2014) 1 - 17
- [15] - INERA (Institut National de l'Environnement et des Recherches Environnementales). Programme Riz et Riziculture, Fiche technique de la variété de riz FKR59 (WAB99-84), (2016)
- [16] - M. LACHARME, Le plant de riz : Données morphologiques et cycle de la plante, Mémento Technique de Riziculture, (2001) 22 p.
- [17] - R. HUNT, Plant growth analysis. *Edevard Arnold, U.K.*, (1978) 26 - 38
- [18] - R. G. D. STEEL, J. H. TORRIE, D. A. DICKEY, Principles and Procedures of Statistics. A. Biometrical Approach. McGraw Hill Book Co., New York, USA, (1997) 400 - 428
- [19] - M. M. J. LIZA, M.R. ISLAM, M. JAHIRUDDIN, M. M. HASAN, A. MD. AMIRU, S. M. SHAMSUZZAMAN, A. W. SAMSURI, Residual Effects of Organic Manures With Different Levels of Chemical Fertilizers on Rice. *Life Science Journal*, 11 (12) (2014) 6 - 12
- [20] - P. AKANZA, S. SANOGO, Effets des fumures sur la fertilité, les composantes de rendement et diagnostic des carences du sol sous culture de riz sur les ferralsols en Côte d'Ivoire. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 43 (2017) 1 - 10
- [21] - Z. SEGDA, L. P YAMEOGO, Z. GNANKAMBARY, M. P. SEDOGO, Effets induits du type de fumure sur les paramètres chimiques du sol et sur le rendement paddy dans la plaine rizicole de Bagré au Burkina Faso. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*, 36 (2013) 35 - 46
- [22] - A. D. OYEYEMI, O. T. ADENIYI, A. A. F. JAMES, Growth, Nutrient Uptake Efficiency and Yield of Upland Rice as Influenced by Two Compost Types in Tropical Rainforest-Derived Savannah Transition Zone. *Agricultural Sciences*, 5 (2014) 383 - 393

- [23] - G. ONAGA, G. ASEA, J. LAMO, J. KIKAFUNDA, G. BIGIRWA, Comparison of Response to Nitrogen between Upland NERICAs and ITA (*Oryza sativa* L) Rice Varieties. *Journal of Agricultural Science*, 6 (4) (2012) 197 - 205
- [24] - P. K. AKANZA, G. YORO, Effets synergiques des engrais minéraux et de la fumure de volailles dans l'amélioration de la fertilité d'un sol ferrallitique de l'ouest de la Côte d'Ivoire. *Agron. Afr.*, 3 (2003) 135 - 144
- [25] - R. C. CHAUDHARY, J. S. NANDA, D. VAN TRAN, Guide d'identification des contraintes de terrain à la production de riz, FAO, (2003) 79 p.
- [26] - D. A. KOUASSI, Y. C. BROU, P. M. K. KOUAKOU, E. O. TIENEBO, Identification des risques climatiques en riziculture pluviale dans le centre de la Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 32 (1) (2020) 1 - 14
- [27] - K. C. KAIZZI, J. BYALEBEKA, O. SEMALULU, I. ALOU, W. ZIMWANGYGIZZA, A. NASSAMBA, E. ODAMA, C. S. WORTMANN, Upland rice response to nutrient application in Uganda. *African Journal of Plant Science*, 8 (9) (2014) 416 - 425
- [28] - O. DADA, A. TOGUN, J. ADEDIRAN, F. NWILENE, Growth, Nutrient Uptake Efficiency and Yield of Upland Rice as Influenced by Two Compost Types in Tropical Rainforest-Derived Savannah Transition Zone. *Agricultural Sciences*, 5 (2014) 383 - 393
- [29] - T. P. T. THIEU, Y. TAKEO, M. KYI, Effet of Nitrogen application Timing on Growth, grain yield and eating quality of KD18 and TH3-3 Rice Varieties. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 59 (1) (2014) 55 - 64
- [30] - A. SAIDOU, K. D. GNAKPENOU, I. BALOGOUN, S. R. HOUNNAHIN, M. V. KINDOMIHOU, Effet de l'urée et du NPK perlés et super granulés sur la productivité des variétés de riz IR841 et NERICA-L14 au Sud Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 77 (2014) 6575 - 6589
- [31] - F. WAJID, M. F. SALEEM, M. A. CHEEMA, H. Z. KHAN, H. M. HAMMAD, Influence of poultry manure on the yield and quality of spring maize, *CROP & ENVIRONMENT*, 2 (1) (2011) 6 - 10
- [32] - K. SAITO, Y. FUKUTA, S. YANAGIHARA, K. AHOANTON, Y. SOKEI, Identifying high-yielding rice varieties adapted to rainfed upland conditions in Benin and their plant characteristics. *Tropical Agriculture and Development*, 58 (2) (2014) 51 - 57
- [33] - N. K. FAGERIA, M. C. S. CARVALHOA, F. C. DOS SANTOS, Response of Upland Rice Genotypes to Nitrogen Fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45 (15) (2014) 2058 - 2066
- [34] - M. BEAVOGUI, Impacts du changement climatique sur la culture du riz pluvial en haute guinée et proposition de stratégies d'adaptation, Centre Régional Agrhymet. Niger, (2012) 95 p.
- [35] - M. THORIE, N. C. SARKAR, A. KHARUTSO, Effect of Biofertilizer on the Productivity of Terraced Upland Rice (*Oryza Sativa* L.). *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 4 (3) (2013) 400 - 403