



Effets comparés des techniques culturales innovantes Push-pull et plasticulture sur la productivité du maïs à INERA/Ngandajika

MADILO MFUAMBA Evelyne¹, TSHIYOYI MPUNGA Anastasie¹, KIZUNGU VUMILIA Roger²,
TSHINYANGU KANDADA Anaclet¹, TSHIBAMBA MUKENDI John¹.

¹Université Officielle de Mbuji mayi (UOM),

²Université de Kinshasa (UNIKIN)

Effets comparés des techniques culturales innovantes Push-pull et plasticulture sur la productivité du maïs à INERA/Ngandajika

Comparative effects of innovative agricultural techniques Push-pull and plasticulture on maize productivity at INERA/Ngandajika

Abstract: Corn (*Zea mays* L.) is one of the main cereals consumed worldwide, especially in the Lomami province. It is considered the third most important cereal crop economically in the world, after paddy rice and wheat. Although it is grown in significant quantities, corn productivity remains low in real conditions. Indeed, some producers continue to have yields of less than 0.5 t/ha compared to a potential yield of 3 to 5 t/ha under normal cultivation conditions. This study aimed to evaluate the effectiveness of the techniques: Push-Pull and plasticulture on the growth and yield of corn cultivation at INERA Ngandajika. A split plot design with variety as the main factor and innovative techniques as the secondary factor was conducted in season A (2022). This study shows that: The Push-pull technique (2.5 t/ha) and the Salongo2 variety (2.2 kg/m²) significantly influenced corn yield at a probability threshold of 5%. As a future perspective: It is important to catalog plants with repellent and attractive effects in rural areas in order to assess their effectiveness in combating the fall armyworm and increasing corn yield.

Keywords: Push-pull, plasticulture, productivity, corn, Ngandajika.

Résumé: Le maïs (*Zea mays* L.) est l'une des principales céréales consommées dans le monde et particulièrement dans la province de la Lomami. Il est considéré comme la troisième culture céréalière, la plus importante au niveau économique dans le monde après le riz paddy et le blé. Bien qu'étant cultivé en quantité non négligeable, la productivité du maïs reste encore faible en milieu réel. En effet, certains producteurs continuent d'avoir des rendements inférieurs à 0,5 t/ha contre un rendement potentiel de 3 à 5 t/ha dans les conditions normales de culture. Cette étude avait comme objectif d'évaluer l'efficacité des techniques : Push-Pull et plasticulture sur la croissance et le rendement de la culture de maïs à l'INERA Ngandajika. Un dispositif en split plot ayant la variété comme facteur principal et les techniques innovantes comme facteur secondaire a été conduit saison A (2022), Il ressort de cette étude que : La technique Push-pull (2,5 t/ha) et la variété Salongo2 (2,2 kg/m²) ont influencé significativement le rendement de maïs au seuil de probabilité 5%. Comme perspective d'avenir : Il s'avère important de répertorier les plantes à effets répulsifs et attractifs dans le milieu rural afin d'évaluer leurs efficacités dans la lutte contre la chenille légionnaire d'automne et l'augmentation du rendement de la culture du maïs.

Mots-clés : Push-pull, plasticulture, productivité, maïs, Ngandajika.

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.17142266>

1. Introduction

Le maïs (*Zea mays* L.) est l'une des principales céréales consommées dans le monde et particulièrement dans la province de Lomami. Il est considéré comme la troisième culture céréalière, la plus importante au niveau économique dans le monde après le riz paddy et le blé (Yaméogo, 2023). Le maïs est cultivé non seulement pour l'alimentation humaine et du bétail, mais également pour des nombreuses utilisations dans les industries textiles et pharmaceutiques, des usines de boissons alcoolisées et non alcoolisées, de la production de plastique biodégradable et de biocarburant (Kambale et al, 2023).

Bien qu'étant cultivé en quantité non négligeable, la productivité du maïs reste encore faible en milieu réel. En effet, certains producteurs continuent d'avoir des rendements inférieurs à 0,5 t/ha contre un rendement potentiel de 3 à 5 t/ha dans les conditions normales de culture (Azontondé et al., 2005). Selon un rapport de 2021 de la FAO, des pertes de rendement de 73% pour le maïs, céréale dont dépendent 208 millions de personnes dans la région, l'équivalent de 9,8 milliards de dollars américains (FAO, 2021). C'est dans cette optique que s'inscrit cette étude dont l'objectif était d'évaluer l'efficacité des techniques : Push-Pull et plasticulture sur la croissance et le rendement de la culture de maïs à l'INERA Ngandajika. Le résultat de cette étude valorise l'utilisation des espèces végétales à action répulsive et attractive, disponibles localement, et constitue une alternative durable et moins coûteuse dans l'amélioration du rendement de maïs, la conservation de la qualité des sols, le contrôle des mauvaises herbes, le renforcement de la biodiversité fonctionnelle et l'augmentation des revenus des agriculteurs.

2. Matériel et méthodes

2.1. Milieu d'étude

2.1.1. Situation géographique

Cette étude a été menée dans le territoire de Ngandajika (figure 1) à l'INERA, qui s'étend entre entre 6°23' et 7°4' de latitude Sud et entre 23°44' et 24°56' de longitude Est, et 450 à 900 m d'altitude. Il est borné au Nord par le territoire de Katanda, au Sud par ceux de Luilu et Kanyama, à l'Est par celui de Kabongo, et à l'Ouest par celui de Tshilenge (Janssens, 1998 cité par Nkongolo, 2016).

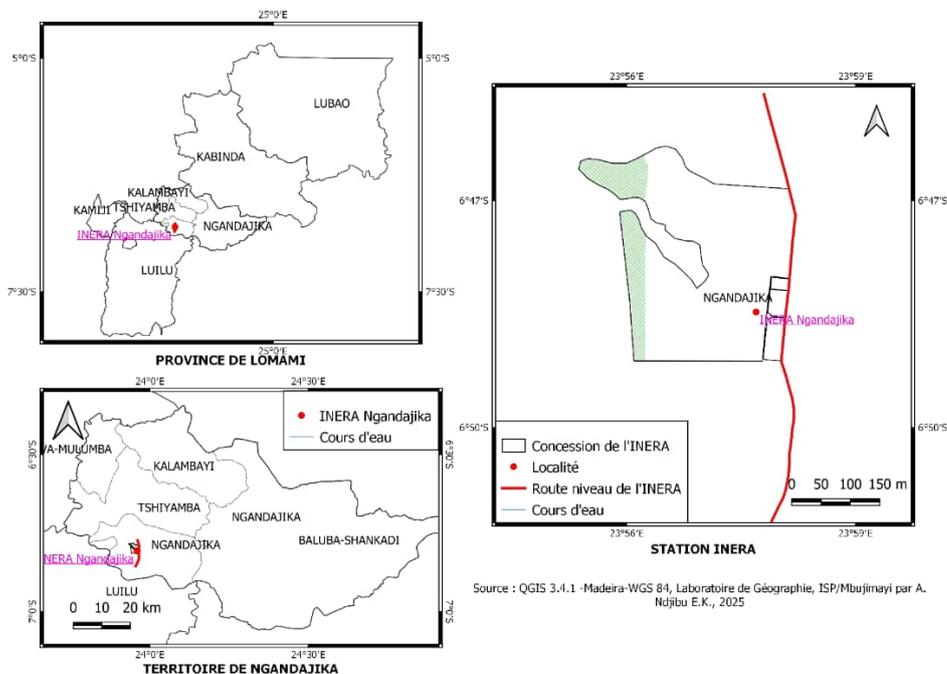


Figure 1. Carte de la station de l'INERA Ngandajika dans la Province de Lomami

2.1.2. Aspect climatique

La région de Ngandajika est caractérisée par un climat tropical humide du type Aw₃ avec l'alternance de deux saisons dont la saison pluvieuse (du 15 août au 15 mai) et la saison sèche (du 15 mai au 15 août) (Kambi, 2001). La moyenne des précipitations est de 1425.8 mm de pluies, la température moyenne du mois le plus chaud de 28.2°C en avril et le minima moyen du mois le plus froid de 24.4°C en juillet. L'humidité atmosphérique relative est de 72.6%, la température annuelle de l'air varie entre 25°C dans la Nord, à 22.5°C dans le Sud et la durée d'insolation est de 2400 heures/an (NASA, 2024) ; (Musambayi *et al.*, 2022) ; (Bamba., 2006).

2.1.3. Aspects du sol et de la végétation

Les sols de Ngandajika sont sablo-argileux et argileux lourds, de couleur rouge, formés d'un recouvrement sableux sur sédiment argileux reposant à faible profondeur sur une ancienne dalle latéritique (Bado, 1993 cité par Nkongolo M, 2016). Un pH variant de 5,4 à 6,2, avec faible teneur en matière organique. La fraction argileuse peu importante ne semble pas uniquement constituée de kaolinite (Kambi, 2001). La formation végétale est caractérisée par la savane herbeuse boisée (Rishirumuhirwa *et al.*, 1989), dominée par des Poacées qui couvrent plus de 70 % de la superficie par m². Les espèces dominantes sont *Imperata cylindrica*, *Hyparrhenia dissoluta*, *Digitaria brazzoe*, etc..., avec quelques espèces de la famille des légumineuses comme la *Mimosa pudica*, *Mucuna sp.*, *Stylosanthes sp.*, que l'on trouve disséminées dans le bas-fonds. Des galeries forestières sont présentes le long des rivières et des ruisseaux.

2.2. Approche méthodologique

2.2.1. Matériel

Le matériel biologique utilisé dans cet essai était constitué de quatre variétés de maïs certifiées obtenues à l'INERA Ngandajika. Variétés : Mus1, Salongo2, Mudishi3 et Muibaki3 ; et une légumineuse à effet répulsif « Push » : *Artemisia annua* et une graminée à effet attractif « Pull » : *Pennisetum purpureum*, obtenues à l'INERA Ngandajika. Ainsi que du matériel non biologique constitué du film plastique en polyéthylène noir.

2.2.2. Méthodes

L'essai a été installé selon un dispositif expérimental en split-plot dont la variété constituait le facteur principal avec quatre niveaux : Mus 1, Mudishi 3, Muibaki 3 et salongo 2. Et les techniques innovantes étaient le facteur secondaire avec cinq niveaux : Push, Pull, Push-Pull, plasticulture et témoin. Le dispositif expérimental avait quatre blocs de 84,5 mètres de longueur et 5 mètres de largeur soit une superficie de 422,5 m², séparés entre eux de 2m. Chaque bloc avait quatre parcelles séparées entre elles de 1,50 m, Chaque parcelle avait une longueur de 20 mètres et une largeur de 5 mètres, soit une superficie parcellaire de 100 m². Chaque parcelle avait 5 sous parcelles de 5 mètres de longueur et 3 mètres de largeur soit 15m², séparées entre elles de 1m. La superficie expérimentale totale était alors de 84,5 mètres de longueur et 28 mètres de largeur soit 2363 m².

2.2.3. Opération culturale

Le maïs a été semé aux écartements de 75 cm x 30 cm à raison de 2 graines par poquet, et le regarnissage des vides cinq jours après la levée. *Artemisia annua* a été semé en intercalaire avec le maïs dans les parcelles Push et Push-Pull aux écartements de 30 x 30cm. *Pennisetum purpureum* a été semé au bord des parcelles Pull et Push-pull aux écartements de 40 x 40cm. Le film plastique a été placé un jour avant le semis de maïs. L'épandage de l'engrais NPK, le même jour que le semis à raison 400g/15m². L'épandage de l'Urée aux trente cinquième jours après le semis soit 100 Kg/Ha. La collecte des données à cinq jours, à trois semaines et à six semaines après le semis. Les observations ont porté sur les paramètres de production : Le nombre de rangées par épi, le nombre de grains par épi, le poids de 1000 graines (g), la production parcellaire (kg) et le rendement à l'hectare (t/ha).

3. Resultats

3.1. Effets des variétés sur les variables de production

La lecture du tableau 1, stipule que concernant la longueur de l'épi, elle varie de 21,5 à 22,0 cm avec une moyenne de 21,6 cm. L'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% ne montre aucune différence significative entre les moyennes des variétés, $P = 0,57 > 0,05$. Pour ce qui est du nombre de rangée par épi, il varie de 14,0 à 15,5 rangées avec une moyenne de 14,6 rangées par épi, L'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% dégage une différence significative entre les moyennes des variétés, Salongo 2 (15,5 rangées) a enregistré un nombre de rangée par épi significativement supérieur à Muibaki 3 (14,6 rangées) et Mudishi 3 (14,3 rangées) qui ont eu un nombre similaire de rangée, mais significativement supérieur à Mus 1 (14,0 rangées), $P = 0,00 < 0,05$. Quant au nombre de grains par épi, il varie de 550,2 à 642,0 grains par épi, avec une moyenne de 585,9 grains par épi, L'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% dégage une différence significative entre les moyennes des variétés, Salongo 2 (642,0 grains) a enregistré un nombre de grains significativement supérieur à Muibaki 3 (585,9 grains), Mudishi 3 (565,3 grains), et Mus 1 (550,2 grains), qui ont eu un nombre de grains significativement similaire, $P = 0,00 < 0,05$.

Tableau 1. Effets variétés sur les variables de production sous études

Variétés	Longueur épis en cm	Nombre de rangées par épi	Nombre de grains par épi
Mudishi 3	22,02±2,3a	14,3±b	585,9±b
Muibaki 3	21,80±2,2a	14,6±b	565,3±b
Mus 1	21,75±2,1a	14,0±c	550,2±b
Salongo 2	21,05±1,9a	15,5±a	642,0±a
Moyenne	21,6	14,63	585,94
CV(%)	10,28	4,50	8,98
P	0,57	0,00	0,00

Les moyennes suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon LSD.

Légende : V1 = variété Mus 1 ; V2 = variété Mudishi 3 ; V3 = variété Muibaki 3; V4 = variété Salongo 2

3.2. Techniques de lutte sur les variables de production

Il ressort du tableau 2 que pour le nombre de rangées par épi, l'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% ne dégage aucune différence significative entre les moyennes des techniques de lutte, $P = 0,27 > 0,05$. La longueur de l'épi varie de 19,6 à 23,1 cm avec une moyenne de 21,6 cm. L'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% dégage une différence significative entre les moyennes des moyens de lutte, Push-pull (23,1 cm), Push (22,1 cm), et Pull (21,7 cm) ont enregistré une longueur de l'épi significativement supérieure à plasticulture (21,5cm), et au témoin (19,6 cm), $P = 0,00 < 0,05$. Quant au nombre de grains par épi, il varie de 484,5 à 648,3 grains par épi avec une moyenne de 585,9 grains par épi, l'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% montre une différence significative entre les moyennes des moyens de lutte, Push-pull (648,3 grains) a eu un nombre élevé de grains significativement supérieur à Push (623,5 grains), suivi de Pull (603,3 grains), de plasticulture (570,0 grains) et du témoin (484,5 grains) qui ont eu un nombre de grains significativement similaire, $P = 0,00 < 0,05$.

Tableau 2. Effets techniques de lutte sur les variables de production sous études saison A

Moyens de lutte	Longueur épis en cm	Nombre de rangées par épi	Nombre de grains par épi
Témoin	19,66±1,5c	14,3±1,0ab	484,5±300c
Plasticulture	21,76±2,2b	14,5±0,79ab	570,0±387c
Push	22,18±1,6ab	14,5±1,08ab	623,5±384bc
Pull	21,75±2,5ab	14,7±1,03ab	603,3±35,7ab
Push Pull	23,12±1,2a	14,9±1,08a	648,3±215a
Moyenne	21,65	14,63	585,94
CV(%)	10,28	4,50	8,98
P	0,00	0,27	0,00

Les moyennes suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon LSD

Légende : T0 : Témoin ; T1 = Pull ; T2 = Push ; T3 = Film plastique. T4 = Push-Pull

3.3. Interaction entre les variétés les techniques de lutte sur les variables de production

La lecture du tableau 3 stipule que la longueur de l'épi varie de 18,0 à 23,2 cm, la combinaison Muibaki 3 Push-pull a enregistré une longueur d'épi supérieure à la combinaison Mus 1 Push-pull (23,5 cm) suivi de Mudishi 3 push (23,2 cm), Mudishi 3 Push Pull (23,0 cm), Muibaki 3 Push (22,5 cm), Mus 1 Pull (22,2 cm), Mudishi 3 plasticulture (22,0 cm), Mus 1 Push (22,0), Mudishi 3 Pull (22,0 cm), Salongo 2 Push Pull (22,0 cm), Muibaki 3 plasticulture (21,7 cm), Mus 1 plasticulture (21,7 cm), Salongo 2 Pull (21,5 cm), Muibaki 3 Pull (21,2 cm), Salongo 2 Push (21,0 cm), supérieur à Salongo 2 plasticulture (20,7 cm), Salongo 2 témoin (20,0 cm), Mudishi 3 témoin (19,8 cm), Muibaki 3 mais supérieur à témoin (19,50 cm), Mus 1 témoin (19,2 cm). Concernant le nombre de rangée par épis, il varie de 13,0 à 15,7 rangées. La combinaison Salongo 2 plasticulture (14,7 rangées) a eu un grand nombre de rangées suivie de Muibaki 3 plasticulture (14,5 rangées), Mudishi 3 plasticulture (14,2 rangées), Mus 1 Push Pull (14,2 rangées), Mudishi 3 témoin (14,2 rangées), Muibaki 3 témoin (14,0 rangées), Mudishi 3 Pull (13,7 rangées), Mudishi 3 Push (13,7 rangées), Muibaki 3 Push (13,7 rangées), Muibaki 3 Push Pull (13,7 rangées), Mus 1 plasticulture (13,7 rangées), Salongo 2 Pull (13,7 rangées), Muibaki 3 Pull (13,5 rangées) Mus 1 Pull (13,5 rangées), Mus 1 Push (13,5 rangées), Salongo 2 Push (13,2 rangées), Salongo 2 témoin (13,2 rangées) Salongo 2 Push Pull (12,7 rangées), Mudishi 3 Push Pull (12,7 rangées), Mus 1 témoin (12,5 rangées). Quant au nombre de grains par épi, il varie de 445,2 à 772,0 grains avec une moyenne de 531,9 grains, la combinaison Salongo 2 Push Pull (712,0 grains) a enregistré un nombre de grains élevé suivie de Salongo 2 Push (685,7 grains), Salongo 2 Pull (679,7 grains), Mudishi 3 Push Pull (648,0 grains), Muibaki 3 Push Pull (639,2 grains), Mudishi 3 Push (628,7 grains), Mus 1 Push Pull (620,4 grains), Salongo 2 plasticulture (611,2 grains). Muibaki 3 Push (603,7 grains), Mus 1 Push (581,7 grains), Mudishi 3 plasticulture (578,2 grains), Muibaki 3 Pull (574,0 grains), Mudishi 3 Pull (566,7 grains), Muibaki 3 Plasticulture (564,5 grains), Mus 1 Pull (560,7 grains), Mus 1 plasticulture (526,0 grains), Salongo 2 Témoin (521,5 grains), Mudishi 3 Témoin (507,5 grains), Mus 1 témoin (463,7 grains), Muibaki 3 témoin (445,2 grains).

Tableau 3. Interaction entre les variétés les techniques de lutte sur les variables de production sous étude

Tech	Longueur épis en cm				Nombre de rangées par épi				Nombre de grains par épi			
	V2	V3	V1	V4	V2	V3	V1	V4	V2	V3	V1	V4
T0	18,00± 1,2c	18,2±0 ,5b	19,2±1 ,5b	20,00± 2,8c	14,2±0 ,5a	14,0±0 ,5a	14,7±0 ,7a	15,0±1 ,0a	463,7 ±34,4h i	505,5 ±43,3g hi	445,2 ±8, i	521,8±2 8,3ghi
T3	22,0±0, 9a	19,5±1 ,5a	21,7±1 ,7ab	20,7±0 ,8a	14,5±0 ,5b	14,0±1 ,1ab	14,7±0 ,5a	16,0±0 ,8a	578,2 ±12,4 defg	564,5 ±31,7 efg	526,0± 53,3 gh	611,2 ±28,3bc def
T1	22,0±2, 9bc	21,7±1 ,7ab	22,2±2 ,7a	21,5±2 ,3bc	13,0±0 ,0c	14,5±0 ,5a	14,2±0 ,5ab	15,2±0 ,9a	566,7 ±44,5 efg	574,0± 47,9 defg	560,7± 72,8 fg	679,7 ±30,0abc
T2	23,2±0, 9a	22,2±1 ,7ab	22,2±2 ,7a b	21,0±2 ,1a	13,7±1 ,2b	14,5±0 ,5a	14,7±0 ,5 a	15,5±0 ,6a	581,7± 34,5 defg	603,7 ±26,6c def	628,75 ±51,0 abcd	685,7 ±74,0ab
T4	23,00± 1,1ab	24,0±0 ,0a	23,5±1 ,9ab	22,0±0 ,8ab	14,7±0 ,95a	14,7±1 ,2ab	14,7±1 ,2a	15,7±0 ,95a	648,0 ±3,0 abcde	639,2 ±30,8a bcd	620,4 ±20,1a bcd	712,0±2 0,8a
Moye nne	20,2				14,6				531,9			
CV(%)	5,23				1,5				8,5			
P	0,64				0,15				0,64			

Les moyennes suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon LSD.

Légende :Techn: Technique, T0 : Témoin ; T1 = Pull ; T2 = Push; T3 = Film plastique. T4 = Push-Pull

V1 = variété Mus 1 ; V2 = variété Mudishi 3 ; V3 = variété Muibaki 3; V4 = variété Salongo 2Tech : Technique

3.4. Effets variétés sur les variables de production sous études

Il ressort du tableau 4, que le poids de 1000 grains varie de 303,4 à 315,1g. L'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% ne montre aucune différence significative entre les moyennes des variétés, $P = 0,07 > 0,05$. Concernant la production parcellaire, elle varie de 2,7 à 3,3 kg/m² avec une moyenne de 3,04 kg/m². L'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% dégage une différence significative entre les moyennes des variétés, Salongo 2 (3,3 kg/m²), Mudishi 3 (3,1 kg/m²), Muibaki 3 (2,9 kg/m²) ont enregistré une production similaire significativement supérieure à Mus 1 (2,7 kg). $P = 0,04 < 0,05$. Quant au rendement, il varie de 1,9 à 2,2 t/ha, avec une moyenne de 2,04 t/ha, L'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% dégage une différence significative entre les moyennes des variétés, Salongo 2 (2,2 kg/m²), Muibaki 3 (2,1 kg), et Mudishi 3 (1,9kg) ont enregistré une production similaire significativement supérieure à Mus 1 (1,8 kg), $P = 0,04 < 0,05$.

Tableau 4. Effets variétés sur les variables de production sous études

Variétés	Poids de 1000 grains en gramme	Production parcellaire en Kg/m	Rendement en t/ha
Mudishi 3	315,1±2,5a	2,9±0,7ab	1,9±0,5ab
Muibaki 3	303,4±2,6ab	3,1±0,8ab	2,1±0,5ab
Mus 1	304,5±2,7ab	2,7±0,8b	1,8±0,5b
Salongo 2	303,0±2,4ab	3,3±1,1a	2,2±0,7a
Moyenne	304,03	3,04	2,04
CV(%)	21,25	0,79	21,32
P	0,07	0,04	0,04

Les moyennes suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon LSD.

Légende V1 = variété Mus 1 ; V2 = variété Mudishi 3 ; V3 = variété Muibaki 3 ; V4 = variété Salongo 2

3.5. Effets techniques de lutte sur les variables de production sous études

Du tableau 5 il ressort que le poids de 1000 grains varie de 301,9 à 305,7g avec une moyenne de 304,0g. L'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% dégage une différence significative entre les moyennes des techniques de lutte, Push-pull (305,7g), Plasticulture (310,2 g), Push (304,0 g) et Pull (303,9 g) ont enregistré une poids similaire de 100 grains significativement supérieur au témoin (301,9 g), $P = 0,00 < 0,05$. Concernant la production parcellaire, elle varie de 1,9 à 3,8 kg/m² avec une moyenne de 3,04 kg/m². L'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% dégage une différence significative entre les moyennes des techniques de lutte, Push-pull (3,8 kg) a enregistré une production significativement supérieure à Push (3,3 kg/m²), Pull (3,2 kg/m²), et plasticulture (2,9 kg/m²) qui ont eu la même production mais significativement supérieure au témoin (1,9 kg/m²), $P = 0,00 < 0,05$. Quant au rendement à l'hectare, il varie de 1,3 à 2,5 t/ha avec une moyenne de 2,08 t/ha. L'analyse de la variance au seuil de probabilité 5% dégage une différence significative entre les moyennes des techniques de lutte, Push-pull (2,5 t/ha) a enregistré un rendement significativement supérieur à Push (2,2 t/ha) et Pull (2,1 t/ha) qui ont significativement eu un rendement similaire, mais supérieur à plasticulture (1,9 t/ha) et au témoin (1,3 t/ha), $P = 0,00 < 0,05$.

Tableau 5. Effets techniques de lutte sur les variables de production sous études

Techniques de lutte	Poids de 1000 grains	Production parcellaire en Kg/m	Rendement en t/ha
Témoin	301,9±2,5b	1,9±0,5c	1,3±0,3c
Plasticulture	304,4±2,6a	2,9±0,7b	1,9±0,4b
Pull	303,9±2,7a	3,2±0,9b	2,1±0,5b
Push	304,0±2,4a	3,3±0,4b	2,2±0,3b
Push Pull	305,75±3,4a	3,8±0,5a	2,5±0,3a
Moyenne	304,04	3,04	2,08
CV(%)	17,42	21,38	20,54
P	0,00	0,00	0,00

Les moyennes suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon LSD

Légende : T0 : Témoin ; T1 = Pull ; T2 = Push ; T3 = Film plastique. T4 = Push-Pull

3.6. Effets variétés et techniques de lutte sur les variables de production sous études

La lecture du tableau 6 stipule que pour ce qui est du poids de 1000 grains, il varie de 300 à 309 g avec une moyenne de 303,3 g. La combinaison Mus 1 Push Pull (309,0 g) a enregistré un poids des grains supérieur à la combinaison Mudishi 3 Push Pull (307,5 g), suivi de Mudishi 3 Push (306,2 g), Salongo 2 Pull (305,0 g), Muibaki 3 Pull (305,0 g), Mus 1 plasticulture (305,0 g), Mudishi 3 témoin (304,7 g), Mudishi 3 plasticulture (304,5 g), Salongo 2 plasticulture (304,2 g), Muibaki 3 plasticulture (304,0 g), Mus 1 Push (304,0 g), Muibaki 3 Push Pull (303,5 g), Muibaki 3 Push (303,2 g), Salongo 2 Push Pull (303,0 g), Mus 1 Pull (303,0 g), Salongo 2 Push (302,7 g), Mudishi 3 Pull (302,7 g), Muibaki 3 témoin (301,5 g), Mus 1 témoin (301,5 g), Salongo 2 témoin (300,0 g). Concernant la production parcellaire, elle varie de 1,04 à 4,5 kg/m² avec une moyenne de 3,04 kg/m². La combinaison Salongo 2 Push Pull (4,1 kg/m²) a enregistré une production parcellaire supérieure à Muibaki 3 Push Pull (4,0 kg/m²), Salongo 2 Pull (3,9 kg/m²), Mudishi 3 Push Pull (3,6 kg/m²), Mus 1 Push Pull (3,5 kg/m²), Mudishi 3 Push (3,5 kg/m²), Salongo 2 Push (3,4 kg/m²), Salongo 2 plasticulture (3,4 kg/m²), Muibaki 3 Pull (3,4 kg/m²), Muibaki 3 Push (3,4 kg/m²), Mus 1 Push (2,9 kg/m²), Muibaki 3 plasticulture (2,9 kg/m²), Mus 1 plasticulture (2,8 kg/m²), Mus 1 Pull (2,7 kg/m²), Mudishi 3 Pull (2,5 kg/m²), Mudishi 3 plasticulture (2,5 kg/m²), Mudishi 3 Témoin (2,1 kg/m²), Muibaki 3 témoin (2,1 kg/m²), Salongo 2 témoin (1,8 kg/m²), Mus 1 témoin (1,5 kg/m²). Quant au rendement en hectare, il varie de 1,0 à 2,8 t/ha avec une moyenne de 2,0 t/ha. La combinaison Salongo 2 Push Pull (2,8 t/ha), Muibaki 3 Push Pull (2,7 t/ha), Salongo 2 Pull (2,6 t/ha), Mudishi 3 Push Pull (2,4 t/ha), Mus 1 Push Pull (2,3 t/ha), Mudishi 3 Push (2,3 t/ha), Salongo 2 Push (2,3 t/ha), Muibaki 3 Pull (2,3 t/ha), Salongo 2 Plasticulture (2,3 t/ha), Muibaki 3 Push (2,2 t/ha), Muibaki 3 Plasticulture (1,9 t/ha), Mus 1 Push (1,9 t/ha), Mus 1 plasticulture (1,9 t/ha), Mus 1 Pull (1,8 t/ha), Mudishi 3 Pull (1,7 t/ha), Mudishi 3 Plasticulture (1,6 t/ha), Mudishi 3 témoin (1,4 t/ha), Muibaki 3 témoin (1,4 t/ha), Salongo 2 témoin (1,2 t/ha), Mus 1 témoin (1,0 t/ha).

Tableau 6. Effets variétés et techniques de lutte sur les variables de production sous études

TEC HN	Poids de 1000 grains				Production parcellaire en Kg/m				Rendement en t/ha			
	V2	V3	V1	V4	V2	V3	V1	V4	V2	V3	V1	V4
T0	304,7±3, 5ef	301,5±1 ,0e	301,5±1, 9f	301,0±1, 4f	1,2± 0,5d	2,1± 0,5 ^c	1,55± 0,1e	1,8± 0,7d	0,8±0, 3ij	1,5±0, 3ij	1,0±0,0 j	1,2±0, 4fghi
T3	304,5±3, 6ab	304,0±0 ,8abc	305,0±3, 5abcd	304,2±2, 8abcd	2,8±0 ,4c	2,0± 0,3c	2,8±0 ,6b	1,8± 0,6b	1,8±0, 2cde	1,3± 0,4cde	1,8±0,2 efgh	1,2±0, 4cde
T1	302,7±1, 7abcd	305,0±1 ,4ab	303,0±2, 0abcd	305,0±0, 5a	2,5±0 ,6b	3,4± 0,2b	2,7±0 ,4b	1,6± 1,3c	1,6±0, 3ghi	2,2±0, 2hij	1,8±0,1 c	1,0±0, 8cde
T2	306,2±2, 5abcd	303,5±1 ,8a	304,0±3, 3abcd	302,7±0, 5ab	3,5±0 ,5b	3,4± 0,5d	2,9±0 ,5c	2,3± 0,3c	2,3±0, 4b	1,9±0, 3c	1,5±0,5 efg	1,5±0, 2d
T4	307,5±0 bcd	303,5±3 ,3d	309,0±3c d	303,0±2, 0cd	3,7±0 ,4a	4,0± 0,2a	3,5±0 ,4a	4,1± 0,6a	2,4±0, 2bc	2,6±0, 3bcd	2,3±0,1 ab	2,7±0, 4a
Moyenne	303,03				3,04				2,08			
CV(%)	0,84				8,5				19,4			
P	0,07				0,21				0,64			

Les moyennes suivies par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% selon LSD.

Légende : T0 : Témoin ; T1 = Pull ; T2 = Push; T3 = Film plastique. T4 = Push-Pull

V1 = variété Mus 1 ; V2 = variété Mudishi 3 ; V3 = variété Muibaki 3; V4 = variété Salongo 2

4. Discussion

Au terme de cette étude, les résultats ont renseigné qu'après analyse de la variance au seuil de probabilité 5%, les variétés n'ont pas influencé la longueur de l'épi $P = 0,57 > 0,05$, mais par contre elle a été influencée par les techniques Push-pull, Push et Pull qui ont significativement eu la même longueur de l'épi mais significativement

supérieure à plasticulture, et au témoin, $P = 0,00 < 0,05$. Cette variabilité pourrait s'expliquer d'une part, par les propriétés intrinsèques (génétiques et hormonales) des variétés de maïs utilisées et d'autre part, par les conditions environnementales du milieu d'étude (édaphiques et climatiques) qui étaient favorables au moment de l'essai, d'autant plus que toutes ces variétés ont été mises dans les mêmes conditions climatiques, édaphiques et culturales. Quant au nombre de grains par épi, la technique Push-pull (648,3 grains) a enregistré un nombre élevé de grains significativement supérieur à Push (623,5 grains), à Pull (603,3 grains), à la plasticulture (570,0 grains) et au témoin (484,5 grains) qui ont eu un nombre de grains significativement similaire, $P = 0,00 < 0,05$.

Pour ce qui est du poids de 1000 grains, Push-pull (305,7g), Plasticulture (310,2 g), Push (304,0 g) et Pull (303,9 g) ont enregistré un poids de 100 grains significativement similaire mais supérieur au témoin (301,9 g), $P = 0,00 < 0,05$.

Concernant la production parcellaire, Push-pull (3,8 kg/m²) a enregistré une production significativement supérieure à Push (3,3 kg/m²), Pull (3,2 kg/m²), et plasticulture (2,9 kg/m²) qui ont eu une même production mais significativement supérieure au témoin (1,9 kg/m²), $P = 0,00 < 0,05$.

Quant au rendement à l'hectare, Push-pull (2,5 t/ha) a enregistré un rendement significativement supérieur à Push (2,2 t/ha) et Pull (2,1 t/ha) qui ont significativement eu un rendement similaire, mais supérieur à plasticulture (1,9 t/ha) et au Témoin (1,3 t/ha), $P = 0,00 < 0,05$

Cette situation pourrait s'expliquer du fait que le rendement de maïs dépend de beaucoup de facteurs, notamment du facteur environnemental (les conditions climatiques et édaphiques : la qualité du sol, la fertilisation du sol), des facteurs technologiques (pratiques agricoles utilisées), ainsi que des facteurs biologiques (maladies, insectes, ravageurs, mauvaises herbes), qui peuvent influencer son augmentation ou sa diminution.

L'association des céréales avec les légumineuses est l'option la plus fréquente dans les systèmes de cultures associées. Les légumineuses augmentent la disponibilité de l'azote dans le sol grâce à la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (Kimou *et al.*, 2023). Les associations culturales et ses nombreuses formes peuvent atténuer le risque des pertes de rendements provoquées par les ennemis de la culture ; elles peuvent aussi créer un environnement défavorable pour les ravageurs mais favorable pour les prédateurs de ces derniers (Beauval, 2016)

L'association Maïs - Push et maïs - push-pull ont augmenté significativement le rendement de maïs à l'hectare du fait qu'il n'y a pas eu une compétition interspécifique entre la culture principale maïs et le *Pennisetum purpureum* qui sont des graminées ayant les mêmes besoins en nutriments du sol. De même *Artémisia annua* étant une légumineuse en association avec le maïs, n'a pas été en compétition avec le maïs mais par contre lui a été bénéfique dans l'amélioration du sol, et dans la lutte contre la mauvaise herbe.

Nos résultats corroborent avec ceux de Minengu (2014), qui dans son étude sur *Jatropha curcas*, a constaté une augmentation de rendement de maïs associé au *Jatropha* sur couverture permanente du *Stylosanthes*. Par ailleurs Pamba M *et al.*, (2018) ont confirmé dans leur étude que le rendement le plus élevé de maïs (2233,3 kg/ha) a été observé dans les parcelles où il était associé avec le soja et le *Mucuna*.

Nos résultats se rapprochent de ceux de l'ICIPE (2015) qui stipule que d'après une étude des coûts-avantages et d'agronomie étendue sur sept ans (1998-2004) dans six districts de l'ouest du Kenya, la technologie Push-pull a donné des rendements de maïs nettement plus élevés par rapport aux cultures intercalaires maïs-haricot et au système de monoculture de maïs. Ce rendement variait entre 1.9t/ha à 6.3t/ha en le comparant à la culture intercalaire Maïs-haricot qui varie de 0.9t/ha à 3.9t/ha. La monoculture de maïs a des faibles rendements allant de 1t/ha à 3.9t/ha (ICIPE, 2015).

Mais par contre, ils ne sont pas conformes avec ceux de Coulibaly *et al.*, (2017), qui ont montré dans leur expérimentation que l'association légumineuse-maïs entraînait une baisse de rendement de maïs par rapport à sa culture pure, mais de façon non significative. Ces différences s'expliquaient par le décalage de semis entre le maïs et les légumineuses qui ont réduit le degré de compétition pour les ressources du sol entre les composants de l'association.

En outre, certaines variétés bien que fortement attaquées dans leur phase végétative arrivent à surmonter les dégâts infligés par le ravageur durant le tallage jusqu'à l'épiaison. Ainsi Kumar (2002) a signalé que certains hybrides, même s'ils présentaient moins de dommages à la Chenille légionnaire d'automne, avaient des rendements significativement plus faibles que ceux ayant eu des dommages plus élevés.

Dans le même ordre d'idée, Lofinda et al., (2018) ont dit que la stratégie « Push-pull » favorise et conserve la biodiversité et par ricochet, les écosystèmes agricoles se retrouvent améliorés suite au cycle des matières nutritives en augmentant le rendement et la réduction de l'érosion.

5. Conclusion

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'efficacité des techniques : Push-Pull et plasticulture sur la croissance et le rendement de la culture de maïs à l'INERA Ngandajika. Pour ce faire, nous avons utilisé la méthode hypothético-déductive, qui a consisté à installer un essai expérimental en saison A (2022) à l'INERA/Ngandajika sur un dispositif en Split-plot, afin d'obtenir plus de précisions sur les techniques innovantes. Les résultats obtenus ont montré que : Par rapport aux variétés, le rendement variait de 1,8 à 2,2 t/ha, avec une moyenne de 2,04t/ha, Les variétés : Salongo 2 (2,2 kg/m²), Muibaki 3 (2,1 kg), et Mudishi 3 (1,9kg) ont enregistré une production similaire significativement supérieure à Mus 1 (1,8 kg), $P = 0,04 < 0,05$. Concernant les moyens de lutte, le rendement variait de 1,3 à 2,5 t/ha avec une moyenne de 2,08 t/ha. La technique Push-pull (2,5 t/ha) a enregistré un rendement significativement supérieur à Push (2,2 t/ha) et à Pull (2,1 t/ha) qui ont significativement eu un rendement similaire, mais supérieur à plasticulture (1,9 t/ha) et au témoin (1,3 t/ha), $P = 0,00 < 0,05$. La combinaison Salongo 2 Push Pull (2,8t/ha) a induit un rendement supérieur par rapport à la combinaison Salongo 2 témoin (1.2 t/ha) qui a eu un faible rendement. Ainsi donc, les techniques : Push-pull et Push sont à recommander aux producteurs de maïs dans la région de Ngandajika, dans la mesure où ils peuvent se procurer les plantes à effets répulsifs et attractifs à moindre coût, respectueuse de l'environnement et de la santé humaine dans leur milieu. D'autres études similaires peuvent être menées pour déterminer l'efficacité de la technique Push-pull à différentes dates de semis et aux différents stades phénologiques des plantes à effets répulsifs et attractifs.

REFERENCES

- [1] A, Hazoume. F. A. G, Gnagassi. C, & Kpagbin G., 2005. Impact d'une plante de couverture (*Mucuna pruriens utilis*) sur la productivité du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique du Sud-Benin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 50, pp.47- 56.
- [2] Beauval V., 2016. *Présentation très résumée des cultures associées dans les agricultures africaines*, 4 p.
- [3] Bamba I., (2006). Etude de la structure spatiale et de la dynamique spatio-temporelle d'un paysage dans l'ex-Bas Congo (RD. Congo). Mémoire DEA. Université libre de Bruxelles, Bruxelles Belgique.
- [4] Cokola. C. M, 2019. Monitoring, caractérisation moléculaire et lutte biologique contre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae). Mémoire de fin de cycle. 74p. URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/8077>.
- [5] Coulibaly. K, Gomgnimbou. A.P.K, and Traoré M., 2017. Effets des associations maïs-légumineuses sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) et la fertilité d'un sol ferrugineux tropical à l'ouest du Burkina Faso. *Afrique SCIENCE* 13 : 226 - 235.
- [6] INERA, 1988. Bureau des ressources génétiques végétales (On line) <http://brg.fr> (dobe).
- [7] Ganou. S. F, Fernand. Sankara, Lakpo. K. A, Aïchatou. N. C, Dao. R, Dabire, K. N, Issaka. Z, Wangrawa. D, Somda. I., 2024. Contribution des parasitoïdes dans la lutte contre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en Afrique de l'Ouest: cas de *Chelonus bifoveolatus* et *Coccygidium luteum* (synthèse bibliographique), *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 18(1): 279-288, February 2024 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print).
- [8] Goergen. G, Kumar. P. L, Sankung, S. B, Togola. A, and Tamò. M., 2016. First report of out breaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a génétiques de plantes cultivées. Thèse de doctorat de l'École Nationale Supérieure Agronomique Montpellier (France); 245p.

- [9] Kimou S.H., Coulibaly L. F, Soumahoro A.B, Koné T, Koné M., 2023. Influence du mode d'association culturale maïs [*zea mays* (L.) (poaceae)] - niébé [*vigna unguiculata* (L.) walp (fabaceae)] sur la masse et la qualité nutritionnelle des graines des deux espèces semences, European Scientific Journal, ISSN : 1857 - 7881 (Prin), e - ISSN 1857- 7431.
- [10] ICIPE, 2015. The 'Push-Pull' Farming System: Climate-smart, sustainable agriculture for Africa, African Insect Science for Food and Health, ISBN 978-9966-063-06-9, Nairobi, Kenya, 36P.
- [11] ICIPE Push-Pull.net, 2024. *News and Events. A platform technology for improving livelihoods of resource poor farmers in sub-Saharan Africa. A Novel Conservation Agriculture Strategy for Integrated Pest and Soil Management in Cereal Farming Systems.* <http://www.push-pull.net/index.shtml> (Consulté le 7 octobre 2024).
- [12] INERA, 1988. Bureau des ressources génétiques végétales (On line) <http://brg.fr> (dobe). Influence des habitats adjacents sur l'infestation et le biocontrôle de *Spodoptera*
- [13] Kambale.M.H, Mbusa.W, Mubalama.M.J, Kasika.L.E., 2023. Incidence de la chenille légionnaire (*Spodoptera frugiperda*) et performances agronomiques de six cultivars de maïs cultivés à Butembo, Nord-Kivu. Rev. Journal of Applied Biosciences 184: 19245– 19258 ISSN 1997-5902.
- [14] Kambi, D.A., (2001), phénomène de ravinement dans la ville de Mbujimayi (Rep. Dém. Congo). Géographie, 10-17, ISP.
- [15] Lofinda.L.M, Hance.T, Monde.T.K.G., 2018. Gestion intégrée du puceron *Pentalonia nigronervosa* par la stratégie push-pull dans la région de Bengamisa, RD Congo, Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. 6 (4): 569-574.
- [16] Ministère de l'Agriculture, 2021. Etude de pré faisabilité et de faisabilité pour le développement des parcs Agro-industriels (ED-PAI) de Mweka, Ngandajika et Kanyama-Kasese (RDC), P 501.
- [17] Minengu JDD., 2014. Etude des possibilités de culture de *Jatropha curcas* L. dans la région de Kinshasa (République Démocratique du Congo), Thèse de Doctorat, Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech, 178 p
- [18] Nkongolo M.M, Mutombo T. J.M, Cibanda M.J, Muka M. P, Masengu T.T, Tshibangu K .G., 2026, Contribution à l'étude de la gestion intégrée de la fertilité du sol pour la culture de maïs (*Zea mays*) dans la Région de Mbujimayi, RDC, Journal of Applied Biosciences 99:9416 – 9422, ISSN 1997–5902.
- [19] Musambayi C., Mayiba T., Tshibanda A., Mutombo H., Kabemba M., Gaston Citenga G. (2022). Caractérisation géochimique des formations carbonatées de l'est de la ville de Mbujimayi (Secteur de Lukelenge) : Utilité dans les travaux de génie-civil. Rev. International Journal of Innovation and Applied Studies ISSN 2028-9324 Vol. 37 No. 3 Oct. 2022, pp. 818-829 © 2022 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- [20] Pamba M., Muwo J.C, Mwenzi I, 2018, Etude des possibilités de production de maïs (*Zea mays* L.) et de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) sur couverture de *Mucuna pruriens* (L.) DC, dans les conditions écologiques de Kikwit en République Démocratique du Congo, Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture, Revue Africaine d'environnement et d'Agriculture, 1 (1), 30-35
- [21] Tchegueni. M, Tounou Q. K, KolanI. L, Tcha. M, Gnon. T, Agboka. K et Sanda. K ., 2022. Effet des associations culturales maïs-soja et maïs-manioc sur la dynamique et les dégâts de la chenille légionnaire d'automne *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) et le rendement en grains de maïs au Sud Togo, Int. J. Biol. Chem. Sci. 16(4): 1399-1410, ISSN 1997-342X
- [22] Yaméogo., I. S, Ouattara. D, Dabiré. R, Oumsonré. R, Kossi. L, Gnankiné. O, Nacro. S, 2023. Évaluation de la sensibilité de variétés vulgarisées de maïs à la chenille légionnaire d'automne, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith à l'ouest du Burkina Faso, Journal of Applied Biosciences 191: 20186 – 20202, ISSN 1997-5902.