UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Effets des composts de Lantana camara, de Calliandra calothyrsus et du fumier de vache sur la production du haricot

Nduwayezu, Déo

2021-08
UB, Faculté des Sciences
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/158

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES

EFFETS DES COMPOSTS DE *Lantana camara*, DE *Calliandra calothyrsus* ET DU FUMIER DE VACHE SUR LA PRODUCTION DU HARICOT

Par

Déo NDUWAYEZU

Mémoire présenté et défendu publiquement en vue de l'obtention du Diplôme de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement (MSGIE)

Option : Génie de l'Environnement (GE)

Membres du jury :

Président : Dr. Samuel NDAYIRAGIJE

Secrétaire : Prof. Salvator KABONEKA

Directeur : Prof. Séverin NIJIMBERE

Bujumbura, août 2021

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY :

Président : Dr. Samuel NDAYIRAGIJE

Secrétaire : Prof. Salvator KABONEKA

Directeur : Prof. Séverin NIJIMBERE

DEDICACE

A mes parents ;

A mon épouse ;

A mes frères et sœurs ;

NDUWAYEZU Déo

REMERCIEMENTS

Aux termes de mes études de deuxième cycle à l'Université du Burundi et de ce travail, nous voudrions exprimer mes sentiments de reconnaissance à toute personne qui a contribué à sa réalisation.

Cette étude a été effectuée sous le financement de l'Université du Burundi à travers le projet de recherche : « Gestion durable de la fertilité des sols et amélioration de la productivité agricole à travers la valorisation des plantes autochtones du Burundi. Cas d'*Erythrina abyssinica* et *Lantana camara* ». Nous tenons à remercier vivement cette institution pour l'organisation des enseignements universitaires en général, et le Programme de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement, et pour le financement de cette étude en particulier.

La liste d'autres personnes que nous devons remercier est longue mais nous tenons à remercier particulièrement :

1° Professeur Dr. Ir. Séverin NIJIMBERE, Directeur de ce mémoire, pour m'avoir proposé le sujet et avoir accepté de m'encadrer malgré ses multiples occupations. Nous disons merci pour l'encadrement et les conseils qu'il m'a prodigués ;

2° tous nos enseignants depuis l´école primaire jusqu'à l'Université pour la formation qu'ils m'ont donnée ;

3° nos parents pour les encouragements et l'orientation qu'ils nous ont suggérés.

Enfin, nous disons merci à tous nos amis, à nos collègues, aux membres de notre famille et à la population vivant au voisinage du site d'expérimentation dont la collaboration m'a permis de bien réaliser cette étude.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Composition chimique de Tithonia diversifolia et de quelques espèces agroforestières (SOURCE : Kaho et al., 2011) 6
Tableau 2. Paramètres physico-chimiques du sol d'expérimentation 14
Tableau 3. Caractéristiques chimiques du fumier de vache et des composts utilisés lors de l'expérimentation 18
Tableau 4. Taux de germination, nombre de feuilles, de fleurs et de gousses des plants de haricot blancs dans les parcelles expermentales 19
Tableau 5. Production moyenne potentielle du haricot dans traitements expérimentaux à Bihunge 26

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Dispositif expérimental utilisé 9
Figure 2. Placement de l'échantillon de sol de départ dans le triangle textural USDA 15
Figure 3: Taux de survie de plants de haricot 21
Figure 4: Nombre de gousses à graines dans les parcelles expérimentales par plante 22
Figure 5: Comparaison des moyennes de la biomasse sèche par traitement 23
Figure 6: Comparaison des moyennes du nombre de graines par traitements 24
Figure 7: Comparaison des moyennes du poids de graines par traitements 25

LISTE DES SIGLES ET ABBREVIATIONS

ANOVA : Analyse de la variance

CEC : Capacité d'échange cationique

FABI : Faculté d'Agronomie et Bio-Ingénierie

HSD : Différence significative honnête

ISABU : Institut des Sciences Agronomiques au Burundi

K_2O : Oxyde de potassium

P_2O : Oxyde de phosphore

RESUME

L'usage des composts améiore le rendement des cultures et les propriétés des sols. Cette étude vise à évaluer la réponse du haricot à une fertilisation organique constituée de composts de *Lantana camara* Linn, *Calliandra calothyrsus* Meisn, et de fumier de vache en association ou non avec des engrais chimiques (dose N-P_2O_5-K_2O : 18-46-30). L'expérience a été réalisée avec un protocole en blocs alétoires complet (trois blocs) sur un sol ferrallitique acide de la colline Bihunge dans la commune de Matongo au Burundi.

Les résultats analysés par ANOVA à l'aide du logiciel JMP Pro14 ont montré que la combinaison d'engrais chimiques et du compost de Lantana, ainsi que du fumier de vache améliorait significativement le nombre de feuilles, de fleurs, de gousses et de graines, la biomasse totale et le poids des graines. Les rendements en grains obtenus avec le traitement du fumier de vache et des engrais chimiques (1067 kg/ha) étaient significativement plus élevés que ceux obtenus dans tous les autres traitements. Ce traitement est suivi du traitement à base de compost de *Lantana camara* combiné avec les engrais chimiques (999 kg/ha). Les traitements de compost Calliandra associés ou non à des engrais chimiques ont présenté des rendements en graines (371 kg/ha et 167 kg/ha respectivement) qui n'étaient pas significativement différents de celui du témoin (0,67 kg/ha). En fin de compte, le compost de *Lantana camara* peut remplacer efficacement le fumier de ferme pour la production du haricot sur un sol ferrallitique acide, et donc être utile aux agriculteurs sans bétail.

Mots clés : ferralsol, *Lantana camara*, *Calliandra calothyrsus*, fumier de vache, rendement haricot, engrais organique, engrais chimiques

ABSTRACT

The use of composts in agriculture has many advantages on soil properties and the productivity of cultivated plants. This study aims to evaluate the response of the bean to organic fertilization consisting of composts from *Lantana camara* Linn, *Calliandra calothyrsus* Meisn, and cow manure in combination or not with chemical fertilizers (dose N-P_2O_5-K_2O: 18-46-30). The experiment was carried out in a randomized complete block design with three blocks on an acidic ferrallitic soil of the Bihunge hill in Matongo commune in Burundi.

Results analyzed with ANOVA using JMP Pro14 software showed that the combination of chemical fertilizers and the Lantana compost, as well as cow manure significantly improved the numbers of leaves, flowers, pods, and seeds, the total biomass and the weight of seeds. The grain yields obtained with the treatment of cow manure plus chemical fertilizers (1067 kg/ha) was significantly higher than those obtained in all other treatments. This treatment is followed by the treatment made of *Lantana camara* compost plus chemical fertilizers (999 kg/ha). The treatments of Calliandra compost combined with chemical fertilizers or not exhibited seed yields (371 kg/ha and 167 kg/ha respectively) that were not significantly different with that of the control (0.67 kg/ha). Ultimately, *Lantana camara* compost can effectively replace farmyard manure for bean production on an acidic ferrallitic soil, and thus be useful to livestock-less farmers.

Key words: ferralsol, *Lantana camara*, *Calliandra calothyrsus*, cow manure, bean yield, organic fertilizer, chemical fertilizers

TABLE DES MATIERES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY : i
DEDICACE ii
REMERCIEMENTS iii
LISTE DES TABLEAUX iv
LISTE DES FIGURES v
LISTE DES SIGLES ET ABBREVIATIONS vi
RESUME vii
ABSTRACT viii
TABLE DES MATIERES ix
AVANT-PROPOS xi
0. INTRODUCTION GENERALE 1
0.1. Contexte et intérêt du sujet 1
CHAPITRE I. GENERALITES SUR LA CULTURE DU HARICOT ET LA FERTILISATION DES SOLS 3
1.1. Culture du haricot 3
1.1.1 Particularités du haricot 3
1.2. Fertilisation des sols 4
1.2.1. Fertilisation minérale 4
1.2.2. Fertilisation organique 5
1.2.2. Intérêt de la fertilisation organique 5
CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES 8
2.1. Site expérimental 8
2.2. Traitements et protocole expérimental 8
2.3. Pratiques culturales 9
2.4. Caractéristiques de la variété cultivée 9
2.5. Sarclage 10
2.6. Matériels utilisés 10

2.6.1. Matériels biologiques 10
2.6.2. Matériels techniques 10
2.7. Collecte de données 12
2.8. Analyse des données 13
CHAPITRE III. PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS 14
3.1. Propriétés physico-chimiques du sol du site d'expérimentation 14
3.1.1. Texture du sol 14
3.1.2. Pourcentage en matière organique 15
3.1.3. Acidité 15
3.1.4. Capacité d'échange cationique effective 15
3.1.5. La capacité d'échange cationique sur la fraction argileuse 16
3.1.6. Somme des bases échangeables et taux de saturation en bases 16
3.1.7. Taux de saturation en aluminium (m) et taux de saturation acide 17
3.1.8. Conclusion sur les limitations du sol étudié 17
3.2. Propriétés des composts utilisés dans l'expérimentation 17
3.3. Caractéristiques agronomiques mesurées pendant la période végétative 18
3.3.1. Taux de germination 18
3.3.2. Nombre de feuilles par plante 18
3.3.3. Nombre de fleurs par plante 20
3.3.4. Nombre de gousses 20
3.4. Paramètres de rendement mesurés en fin de campagne 20
3.4.1. Taux de survie 20
3.4.2. Nombre de gousses productives 21
3.4.3. Production de biomasse 22
3.4.4. Nombre de graines par traitement 23
3.4.5. Poids de graines par traitement 24
3.4.6. Production potentielle 25
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS 27
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 28
ANNEXES 31

AVANT-PROPOS

Le Burundi a toujours exercé un attrait indéniable suscité par ses richesses naturelles parmi lesquelles le sol occupe une place exceptionnelle.

Le secteur de l'exploitation du sol s'est rapidement développé et a fait la prospérité de bon nombre de sociétés publiques que prives souvent implantées simultanément dans plusieurs provinces voisines. Plus récemment, quelques constants ont été approuvés par différents acteurs, mais ont du mal à s'adapter à une utilisation des engrais organiques très améliorés en qualité de type des espèces selectives utilisatrices pour faire des compost, moins onéreuse qu'ici au Burundi. Très peu de nationaux africains sont parmi les pays qui ont fait des essais dans la région.

Ce memoire a été réalisée dans un premier temps au laboratoire de l'ISABU pour l'analyse physico-chimique et dans un second temps au laboratoire d'Agrochimie de la FABI de l'Université du Burundi (UB). Ce travail de recherche est le fruit d'un long parcours au cours duquel, j'ai bénéficié d'un soutien multiforme. Qu'il me soit alors permis d'adresser mes remerciements à toutes ces institutions et personnes qui ont contribué à son aboutissement, en commençant par ceux qui ont assuré l'accompagnement scientifique et le jury.

Ce travail a bénéficié d'un appui financier pour son aboutissement et j'en suis très reconnaissant. Je cite l'Université du Burundi à travers le projet de recherche : « Gestion durable de la fertilité des sols et amélioration de la productivité agricole à travers la valorisation des plantes autochtones du Burundi. Cas d'*Erythrina abyssinica* et *Lantana camara* » et le Gouvernemeent du Burundi**.** Nous tenons à remercier vivement cette institution pour l'organisation des enseignements universitaires en général, et le Programme de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement, et pour le financement de cette étude en particulier.

0. INTRODUCTION GENERALE

0.1. Contexte et intérêt du sujet

La matière organique du sol présente de nombreuses fonctions écosystémiques dont celle de constituer une réserve d'azote et d'autres éléments nutritifs requis par les plantes, et finalement par la population humaine (Craswell et Lefroy, 2001). D'autres fonctions importantes comprennent : la formation d'agrégats stables et la protection de la surface du sol ; maintien de la vaste gamme de fonctions biologiques, y compris l'immobilisation et la libération de nutriments ; fourniture d'une capacité d'échange d'ions ; et stockage du carbone terrestre (Craswell et Lefroy, 2001)

Au Burundi, la plupart des sols cultivables sont surexploités et dégradés par l'érosion, par une diminution du niveau de nutriments et par l'acidification. L'augmentation des teneurs en matière organique des sols burundais apparaît comme une option pour augmenter la production agricole afin d'assurer un approvisionnement alimentaire permanent à la population dont le taux de croissance est l'un des plus élevés du monde.

Pour faire face à cette dégradation des sols, les agriculteurs burundais font généralement recours à un amendement calcaire pour corriger l'acidité et la fertilisation minérale pour augmenter la teneur en éléments nutritifs du sol. La fumure organique est basée sur l'application de fumier de ferme. Les engrais chimiques sont chers pour une grande partie de la population burundaise, dont plus de 60% vivent en dessous du seuil de pauvreté (Ntimarubusa, 2015).

Il est donc nécessaire d'explorer des pratiques durables en utilisant des matériaux disponibles localement, y compris des plantes autochtones. Leur utilisation dans la gestion des sols pourrait aider les agriculteurs à accroître leurs profits en réduisant les dépenses familiales allouées aux engrais chimiques et à améliorer durablement la qualité des sols.

0.2. Problématique

Le rôle de certains arbustes, tels que *Tithonia diversifolia* (Jama et *al*., 2000) et *Sesbania sesban* (Chirwa et al., 2004) et *Calliandra calothyrsis* (Mugendi, 1999), dans l'amélioration de la productivité des sols et de l'agriculture a déjà été évalué. Cependant, celle de la plupart des plantes adaptées aux conditions locales au Burundi n'a pas encore été suffisamment explorée bien qu'elle soit abondante et utile dans la gestion durable des sols.

Ce travail vise à évaluer le potentiel de fertilisation des sols et d'amélioration du rendement des cultures de deux plantes indigènes abondantes dans toutes les régions écoclimatiques du Burundi : *Calliandra calothyrsus* et *Lantana camara* (*Umuhengerihengeri*).

0.3. Objectif

0.3.1. Objectif général

L'objectif global de cette étude est d'améliorer la productivité agricole en adoptant la fertilisation biologique basée sur l'utilisation de la biomasse végétale issue de plantes indigènes.

0.3.2. Objectifs spécifiques

Plus spécifiquement, cette étude envisage les objectifs suivants :

i. Identifier les espèces végétales dont l'application des composts présenterait des effets sur les paramètres agronomiques du haricot qui sont meilleures que (ou qui ne diffèrent pas de) ceux observés en application du fumier de vache ;

ii. Identifier les espèces végétales dont l'application des composts présenterait des effets sur le rendement du haricot qui sont meilleures que (ou qui ne diffèrent pas de) ceux observés en application du fumier de vache.

CHAPITRE I. GENERALITES SUR LA CULTURE DU HARICOT ET LA FERTILISATION DES SOLS

1.1. Culture du haricot

Plante de la famille des Fabacées, le haricot visé par notre étude nous vient d'Amérique du Sud, largement cultivé dans le monde, a été introduit en Afrique au XXème siècle par les portugais (Godderis, 1995) et au Burundi par l'ISABU en 2011.

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est une plante annuelle de la famille des Fabacées ou Légumineuses. Il y a deux types de haricots selon la façon de pousser : les haricots nains (50 cm de hauteur) et les haricots à rames ou grimpantes (2 à 3 m de hauteur). Le haricot est une plante autogame car les ovaires d'une fleur sont fécondés par le pollen provenant de la même fleur (Sirtori et Boffelli, 2007). Le fruit du haricot est une gousse qui contient les graines. Généralement, les gousses mesurent entre 8 et 20 cm de long (Polese, 2006). Les haricots sont cultivés pour récolter les gousses (haricots verts frais) ou les grains (haricots à écosser).

1.1.1 Particularités du haricot

La température optimale de croissance de la plante est de 25°C, le zéro végétatif (température en dessous de laquelle la croissance de la plante s'arrête) est de 10°C. La germination commence à partir de 12°C (Hallouin et *al.*, 2012). La température optimale pour l'émergence des semences est de 25°C tandis que les températures idéales pour la croissance varient de 18,3°C à 29,4°C (Aguiar et *al*., 1999). Par contre, des températures au-dessus de 32°C causent l'avortement des fleurs, ce qui affecte les rendements (Aguiar et *al*., 1999). Si le sol est trop compact, il faut le travailler un peu avant le semis. Quant aux exigences édaphiques, le haricot peut pousser dans plusieurs types de sols avec un pH optimal se situant entre 6,0 et 6,5 (Aguiar et *al*., 1999; Polese, 2006). Il se développe bien dans les terres meubles, fertiles, chaudes et pas trop humides (Sirtori et Boffelli, 2007). Des conditions de sols trop humides peuvent entraîner des maladies racinaires et des carences (Aguiar et *al*., 1999).

Comme le haricot est mal adapté aux températures froides, il est préférable de le semer quand la température du sol est supérieure à 10°C. Un semis plus tardif augmente les risques que le haricot soit confronté à des températures froides. Lors de bonnes conditions de semis, la levée prend une semaine. La plupart des variétés de haricots atteignent la maturité 50 à 60 jours après le semis (Aguiar et *al*., 1999; Sirtori et Boffelli, 2007).

Au Burundi en général, la densité de semis est fonction du type de croissance du haricot. Le semis se fait en lignes aux écartements de 20 cm dans la ligne et 40 cm entre les lignes avec 2 graines par poquet pour le haricot nain et semi-volubile, soit 250 000 plants par hectare et pour le haricot volubile, soit alors entre 90000 et 120000 plants par hectare. En fonction de la taille des graines, la quantité de semences varie entre 60 à 100 kg par hectare et de 40 à 70 kg par ha (ISABU, 2012).

De plus, le haricot constitue l'aliment de base des burundais et la source de protéines, glucides et micronutriments. En effet, la graine du haricot commun contient environ 21% de protéines, environ 60% de glucides et des sels minéraux comme le fer et zinc ainsi que des vitamines essentiels (PABRA, 2005). Sans doute, il est aussi parmi les cultures les plus importantes en termes de superficie occupée et cultivées dans toutes les régions naturelles du pays avec une superficie ensemencée, estimée à plus de 400 000 ha avec une production moyenne annuelle de 214053 tonnes entre 2000-2010 (ISTEEBU, 2011).

1.2. Fertilisation des sols

La fertilité d'un sol est une notion complexe qui dépend de la culture en place, du climat, et des capacités techniques d'un producteur. Un sol fertile est un sol qui peut permettre pour une culture donnée une production considérée comme importante relativement aux techniques culturales utilisées et au climat de la zone (Lacharme, 2001).

En règle générale, on considérera la fertilité d'un sol en fonction de différents facteurs physiques, chimiques et biologiques (Lacharme, 2001).

1.2.1. Fertilisation minérale

La fertilisation est l'aptitude d'un sol à produire des récoltes en fonction de ses qualités intrinsèques et des techniques culturales utilisées (anonyme 1993). Elle est la capacité du sol à soutenir durablement la croissance des plantes dans des conditions climatiques données et d'autres caractéristiques pertinentes du sol (Young 1995).

Les plantes prélèvent les éléments minéraux du sol pour produire les composés organiques. Les éléments nutritifs doivent être présents sous une forme assimilable pour que les végétaux puissent les absorber. La fertilisation minérale a pour but d'apporter le complément nécessaire à la fourniture du sol en vue de répondre aux besoins physiologiques des plantes pour une croissance et un développement optimum (anonyme 2013).

Les travaux sur la fertilisation sont généralement spécifiques à une région donnée car l'efficacité de la fertilisation est fortement conditionnée par la nature du sol et le climat (adams *et al*., 1985).

Les besoins en azote augmentent de la floraison à la récolte des premiers fruits verts. L'alimentation en cet élément devra donc être importante avant floraison et durant le grossissement des fruits, puis elle diminue légèrement (Brinon *et al*., 2001). Le "pilotage" des apports est assez délicat car il faut éviter les excès qui favorisent les coulures. La demande en phosphore passe par un maximum à l'apparition des premières fleurs, puis au cours de la maturation des graines. Le rythme d'absorption de la potasse s'accélère en cours de végétation jusqu'à la floraison, puis se stabilise ; la bonne lignification des tiges dépend de l'alimentation potassique (Brinon *et al*., 2001). La bonne alimentation en calcium dépend d'une alimentation hydrique régulière.

1.2.2. Fertilisation organique

Ce contexte permet de faire un point sur la fertilisation organique en Agriculture Biologique au travers des différents besoins du sol et des apports complémentaires que l'on peut réaliser, selon la formulation, les cultures et le type de sol. La maîtrise de la fertilisation organique est un enjeu particulièrement important en Agriculture Biologique car les produits que l'on regroupe sous le terme générique de « fertilisants organiques » permettent d'apporter les différents éléments minéraux nécessaires aux cultures. En effet, les amendements organiques représentent un ensemble assez général de fertilisants d'origines naturelles, principalement issus des végétaux et du compostage des déchets, mais aussi parfois des déjections animales, qui, mélangés à la terre, améliorent les propriétés physiques, biophysiques, biologiques et chimiques du sol (ITAB, 2001).

1.2.2. Intérêt de la fertilisation organique

La fertilisation organique présente plusieurs intérêts pour l'amélioration du sol. Tout d'abord, d'un point de vie physique, elle améliore la capacité de rétention en eau ainsi que la circulation de l'air et de l'eau. Par ailleurs, d'un point de vie chimique, elle aide à la formation du complexe argilo-humique, réservoir d'éléments nutritifs pour la plante (tableau 1). Elle permet également de former des mocules (types chelates) contenant les oligo-éléments nécessaires au bon développement des végétaux (Germiflor, 2016). Enfin, d'un point de vue biologique, elle stimule les microorganismes du sol qui libèrent des composés organiques aidant à la stimulation naturelles des plantes (Balesdent, 1996).

Les apports d'amendement organique type compost ou fumier frais ne sont pas conseillés avant une culture de haricot car les plants de haricots craignent le contact avec la matière organique fraîche en décomposition (brûlure racinaire, augmentation du risque de maladies, Rhizoctonia, Sclerotinia, etc.)

Sur les fermes d'élevage, l'utilisation des fumiers aux champs permet de recycler les nutriments. Ce recyclage est de toute première importance pour maintenir et améliorer la fertilité. Ils représentent la base de la stratégie de fertilisation en agrobiologie.

Les fumiers sont donc le mélange des déjections animales et de litière. Tous les fumiers sont utilisables avec profit (Jobin *et al..*, 2005). Ils sont riches en tous les nutriments.

Tableau 1. Composition chimique de Tithonia diversifolia et de quelques espèces agroforestières (SOURCE : Kaho et al., 2011)

Espèce	**N (%)**	**P (%)**	**K (%)**	**Ca (%)**	**Mg (%)**
Titonia diversifolia	3,53	0,42	4,7	3,52	0,45
Desmodium intortum	1,79	0,30	0,58	1,70	0,28
Pueraria phaseoloides	2,17	0,37	0,59	2,75	0,32
Calliandra calothyrsus	3,4	0,15	1,1	nd	nd
Crotalaria grahamania	3,2	0,15	nd	nd	nd
Lantana camara	2,8	0,25	2,1	nd	nd
Leucaena leucocephala	3,8	0,20	1,0	nd	nd
Sesbania sesban	3,7	0,23	1,7	nd	nd
Tephrosia vogeli	3,0	0,10	1,0	nd	nd

La pratique de la fertilisation du haricot s'opère en deux temps : au moment du semis (fumure de fond) et en cours de culture. La fumure de fond doit être adaptée aux teneurs en azote présentes dans le sol (Hallouin *et al.,* 2012). Des apports de fertilisants en cours de culture pour une culture longue sous abri peuvent être nécessaires au stade gousses en cours de grossissement ou si les plantes ont une faible vigueur (Hallouin *et al.* 2012).

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Site expérimental

L'expérience a été menée pendant la première saison des pluies, de novembre 2019 à février 2020, sur un ferralsol de Matongo, situé à une latitude Sud de 03° 06' 31,9", une longitude Est 29° 35' 38', 8 " et une altitude d'environ 2128 m au-dessus du niveau de la mer dans la zone agroécologique de Mugamba au Burundi. Le climat de la région est de (Cw3)S ; c'est-à-dire que la température moyenne mensuelle du mois le plus froid est inférieure à 18 °C et les précipitations du mois le plus sec sont inférieures à 60 mm alors que la saison sèche est en hiver (Kottek *et al.*, 2006). Dans cette zone, on note la pluviométrie annuelle moyenne de 1603,6 mm et la température moyenne journalière de 18,2° C.

2.2. Traitements et protocole expérimental

Le plan expérimental était le dispositif en blocs aléatoires complets comprenant 3 blocs et trois répétitions pour chaque traitement (Figure 1). Le traitement consistait en une combinaison factorielle de quatre substrats de sol (témoin, 10 t MS / ha de fumier de vache, 10 t MS / ha de *Calliandra calothyrsus*, 10 t MS / ha de *Lantana camara*) avec ou sans engrais NPK répondant à la dose recommandée par ISABU pour le haricot, à savoir N- P_2O-K_2O : 18-46-30, soit 18 unités d'azote, 46 unités de P_2O_5 et 30 unités de K_2O. Les teneurs de ces substrats en nutriments essentiels (NPK), en Mg, en Ca et en matière organique sont indiquées dans le tableau 2.

Il y avait 8 traitements à savoir :

- T1 = Témoin (0 kg de compost + 0 kg d'engrais NPK),
- T2 = fumier de vache (10 t MS / ha) sans engrais chimique,
- T3 = compost de *Calliandra calothyrsus* (10 t MS / ha) sans engrais chimique,
- T4 = compost de *Lantana camara* (10 t MS / ha) + sans engrais chimique,
- T5 = sol seul (0 kg de compost) avec engrais NPK à la dose 18-46-30,
- T6 = fumier de vache (10 t MS / ha) avec engrais NPK à la dose 18-46-30,
- T7 = *calliandra calothyrsus* (10 t MS / ha) avec engrais NPK à la dose 18-46-30),
- T8 = *Lantana camara* (10 t MS / ha) avec engrais NPK à la dose 18-46-30.

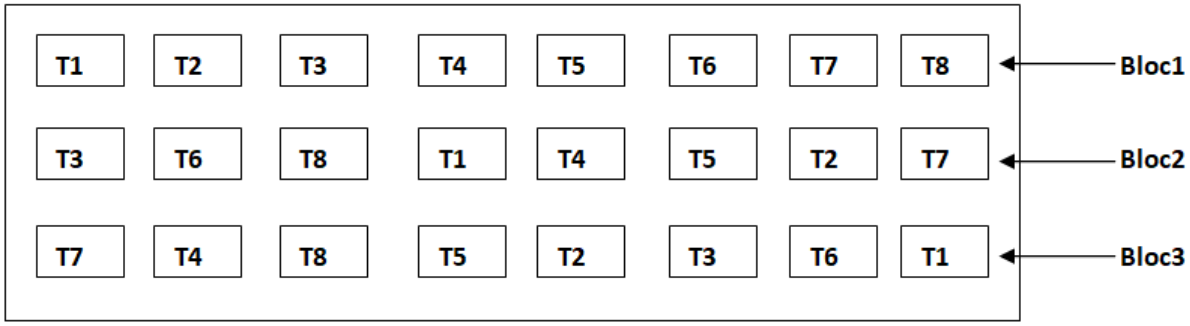


Figure 1. Dispositif expérimental utilisé

2.3. Pratiques culturales

Les opérations culturales comprenaient la préparation du terrain, le semis, le sarclage et la récolte. La préparation du terrain impliquait le labour, l'hersage, le chaulage, le creusement de poquets de semis, le dépôt de composts et d'engrais chimiques.

Après le labour et le hersage du site expérimental, de la chaux a été appliquée à raison de 4,52 t / ha, calculée en utilisant la formule de Yamoah *et al* (1990) et le pH du sol indiqué dans le tableau 2. Le terrain a été subdivisé en 24 parcelles unitaires, de 200 cm x 120 cm (2,4 m^2) organisées en trois blocs de parcelles. Chaque parcelle expérimentale, prise pour traitement, comprenait quatre rangées espacées de 40 cm. Une distance de 0,8 m à 1m a été laissée entre les parcelles et les blocs, respectivement.

Dans chaque parcelle élémentaire, cinq poquets de semence par rangée ont été creusés avec une houe. Les poquets de semis étaient espacés de 20 cm dans la rangée.

Dans chaque poquet, une quantité équivalente à 10 MS T / ha de compost de fumier de vache, de compost de *Calliandra* ou de compost de *Lantana* a été déposée sauf dans les traitements témoins.

Une fois le compost déposé dans les poquets, l'opération suivante consistait à ajouter de l'engrais chimique aux traitements T5, T6, T7 et T8. Pour cette raison, la dose appliquée est celle recommandée par l'ISABU (Ruraduma *et al*., 2012). Le semis a été réalisé le 13 novembre 2019 en déposant deux graines dans chaque poquet.

2.4. Caractéristiques de la variété cultivée

La variété cultivée au cours de cette expérience était la variété BCB-11-404 provenant du CIAT. Introduite au Burundi par l'ISABU en 2011, elle a été distribuée aux agriculteurs en 2017 où elle a reçu le nom local de Mabondo en Kirundi. Quant à ses caractéristiques

morphologiques, c'est un haricot semi-grimpant à fleurs blanc rosé et graines jaune pâle de forme ronde (Ruraduma *et al*., 2012).

2.5. Sarclage

Le premier sarclage a été effectué dans 3 semaines après le semis et le second 6 semaines après le semis. La récolte a été faite le 19 février 2020, soit 90 jours après de semis.

2.6. Matériels utilisés

Pour prouver l'efficacité de fertilisants organique à base de *Lantana camara, Calliandra calothyrsus* et du fumier de vache comparativement aux traitements des composts mélangés avec les engrais chimiques, plusieurs matériels ont été mis en place : le matériel biologique, le matériel technique.

2.6.1. Matériels biologiques

Dans le cadre de cet essai, 3 matériels biologiques différents ont été utilisés :

- Graines de haricot à semer dans les poquets creusés dans le sol et dans les différentes parcelles expérimentales correspondant aux traitements voulus ;
- Feuilles et tiges de *Calliandra calothyrsus* et de *Lantana camara,* récoltées encore vertes, puis hachées et composter pendant un mois avant leur application dans les poquets.
- Fumier de vache, ramassé à l'étable.

2.6.2. Matériels techniques

2.6.2.1. Liste des outils utilisés

Le matériel utilisé était l'outillage de culture :

● Des engrais chimiques (NPK) pour fertiliser le sol juste avant le semis,
● Une houe pour la préparation du terrain à semer et le sarclage,
● Des piquets pour délimiter le terrain,
● Une machette pour couper les piquets,
● Un mètre-ruban pour mesurer le terrain d'expérimentation,

● Des sacs pour stocker et transporter les parties visées et collectées sur terrain de *Calliandra calothyrsus* et de *Lantana camara*,

● Une bèche pour ameublir la terre,

● Une tarière Riverside le prélèvement des échantillons du sol,

● Des couteaux pour hacher les feuilles de *Calliandra calothyrsus* et de *Lantana camara* avant leur compostage,

● Un registre et stylo pour noter les données collectées lors de l'échantillonnage ainsi que les mesures et d'autres observations,

● Des papiers pour l'étiquetage des traitements,

● Des tuteurs ont été utilisés pour faciliter le grimpage du haricot,

● Un appareil photographique.

2.6.2.2. Liste de matériels utilisés aux Laboratoires

● Berlin de 50 ml de forme haute en verre, baguette en verre, pH-mètre, pissette et papier kleenex, burette de 25 ml, minuterie 60 minutes, erlenmeyers en verre de 250 ml, chlorure de potassium,

● Ballon Kjeldahl (Jaugé / 500ml) ; Rampe d'attaque (6 places) ; Jaugé de 250,1000 et 2000 ml) ; Entonnoirs ; Pipettes de 25ml, Appareillage à distiller; Agitateur et bâtons magnétiques ; Cylindre à pied 25 ml ; Acide sulfurique concentré p.a (H_2SO_4 96-98%) ; Sélénium en poudre p.a (se) ; Sulfate de cuivre p.a ($CuSO_4.5H_2O$) ; Sulfate de fer p.a ($FeSO_4.7H_2O$) ; Sulfate de potassium p.a K_2SO_4 ; Soude caustique (NaOH) ; Acide borique p.a (H_3BO_3) ; Vert de bromocrésol p.a ; Rouge de méthyl p.a ; Titrisol H_2SO_4 .O.1 N p.a ; Filtre whatmann N°41.

● Mortier en porcelaine, tamis de maille 500 microns, centrifugeuse, bain mari ; Spectrophotomètre UV-visible SECOMANN, acide ascorbique, mélange sulfo e-molybdique, bicarbonate de sodium ; fluorure d'ammonium

● Verres de montre Ø 120 mm ; Etuve à 65°C ; Dessiccateur ; Eau oxygénée 100 volumes p.a (H_2O_2 30%) ; Acide chlorhydrique cc p.a (HCl 35- 37%) ; Carbonate de sodium p.a (Na_2CO_3) ; Hexaméthaphosphate de sodium p.a ($Na_4P_2O_7$) ; Tampons PH7.00 et 9.22

● Colonnes de percolation en verre, support pour colonnes, acétate d'ammonium p.a, acide acétique 98% p.a, chlorure de potassium p.a, ashless floc, sable pur lavé aux acides et base, éthanol dénaturé.
● Coton, cuillère, phénolphtaléine, Na_2CO_3, NaF.
● Un ordinateur avec les logiciels MS Word et MS Excel pour la saisie des données
● Un ordinateur avec le logiciel JMP Pro14 pour le traitement des données

2.7. Collecte de données

Avant le semis, un échantillon composite de sol a été prélevé à partir de huit points choisis dans le site expérimental, à une profondeur de 0 à 30 cm à l'aide de la tarière Riverside, partie inférieure, baie, Ø7 cm.

Après la collecte des feuilles et des tiges de *Calliandra calothyrsus* et de *Lantana camara*, on les a broyées avec un pilon et un mortier et entreposés dans la compostière parallélépipédique de 2 m de long, 0,5m de profondeur et 1,2 m de largeur pour leur décomposition pendant deux mois. Après le prélèvement des échantillons du sol et la constitution des composts, ces échantillons du sol et ceux des composts ont été disposés au laboratoire de l'ISABU pour l'analyse physico-chimique tandis que d'autres ont été analysés à l'aide du matériel disponible au laboratoire de l'Université du Burundi (laboratoire d'Agrochimie de la FABI). L'échantillon de sol a été séché à l'air pendant deux semaines, tamisé en passant à travers un tamis de 2 mm. Ce recours des analyses chimiques avait un but de présenter la composition du sol et celle des fertilisants organiques.

Concernant la collecte des données, le nombre de plantes germées a été compté dans chaque parcelle au 14ème jour après le semis. Ce nombre a été utilisé pour calculer le taux de germination. Une graine était considérée comme ayant germé si à la fois le prumule et la radicule dépassaient d'une hauteur de 0,5 cm.

Dans chaque unité expérimentale, quatre plants de haricot ont été sélectionnés pour former un échantillon. Pour ces plantes sélectionnées, le nombre de feuilles et de fleurs a été compté au 50ème jour après le semis, tandis que le nombre de gousses a été compté au 70ème jour après le semis.

La récolte s'est faite par arrachage manuel. Les plantes ont été déterrées en gardant les racines. Ils ont ensuite été entassés traitement par traitement et séchés à l'air pendant une

semaine avant de collecter des données constituées du nombre de gousses, du nombre de gousses, du nombre de graines, du poids des graines et de la biomasse totale.

2.8. Analyse des données

Le traitement des données a été réalisé par analyse de la variance (ANOVA) avec le logiciel JMP Pro14 pour tester s'il existerait une différence significative entre les différents traitements pour chaque variable de production étudiée. Chaque fois que la différence significative était notée ($p<0,05$), un classement des groupes de moyennes homogènes était réalisé en recourant à la comparaison multiple des moyennes par le test de Tukey HSD

Les graphiques ont été tracés à l'aide de Microsoft Excel 2013. Les traitements suivis de la même lettre minuscule pour une catégorie particulière de traitements ne diffèrent pas statistiquement. Les catégories suivies de la même lettre majuscule dans un traitement particulier ne diffèrent pas statistiquement. Catégorie No_CheFe de traitements effectués sans application d'engrais chimiques dans la catégorie CheFe de traitements effectués avec application d'engrais chimiques.

CHAPITRE III. PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

3.1. Propriétés physico-chimiques du sol du site d'expérimentation

Les données relatives aux caractéristiques du sol du site expérimental de Bihunge sont montrées au tableau 2.

Tableau 2. Paramètres physico-chimiques du sol d'expérimentation

pH-H_2O (1/5)	CO (%)	N (%)	P-Olsen (mg/kg)	CEC (Méthode Metson) et Cations échangeables (cmolc kg^{-1})							Granulométrie		
				CEC	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Al^{3+}	H^{+}	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)
3,94	5,97	0,43	4,7	19,4	0,83	0,20	0,28	0,04	3,12	0,20	53.09	42.87	4.04

La manipulation de ces données et leur confrontation aux normes d'interprétation des résultats d'analyses des sols notamment ceux qui ont été établis par ISABU (Tessens et Gourdin, 1993) et de Landon (1991) sont rapportées dans les paragraphes qui suivent.

3.1.1. Texture du sol

En portant les valeurs de la composition granulométrique du sol sur le triangle textural du département d'Agriculture des Etats-Unis (USDA) en recourant au logiciel TALWIN mis au point par Christopher et Mokhtaruddin (1996), on constate qu'il s'agit d'un sol argilo-limoneux (Figure 2) classé au sein des sols à texture argileuse, une texture caractéristique des ferralsols.

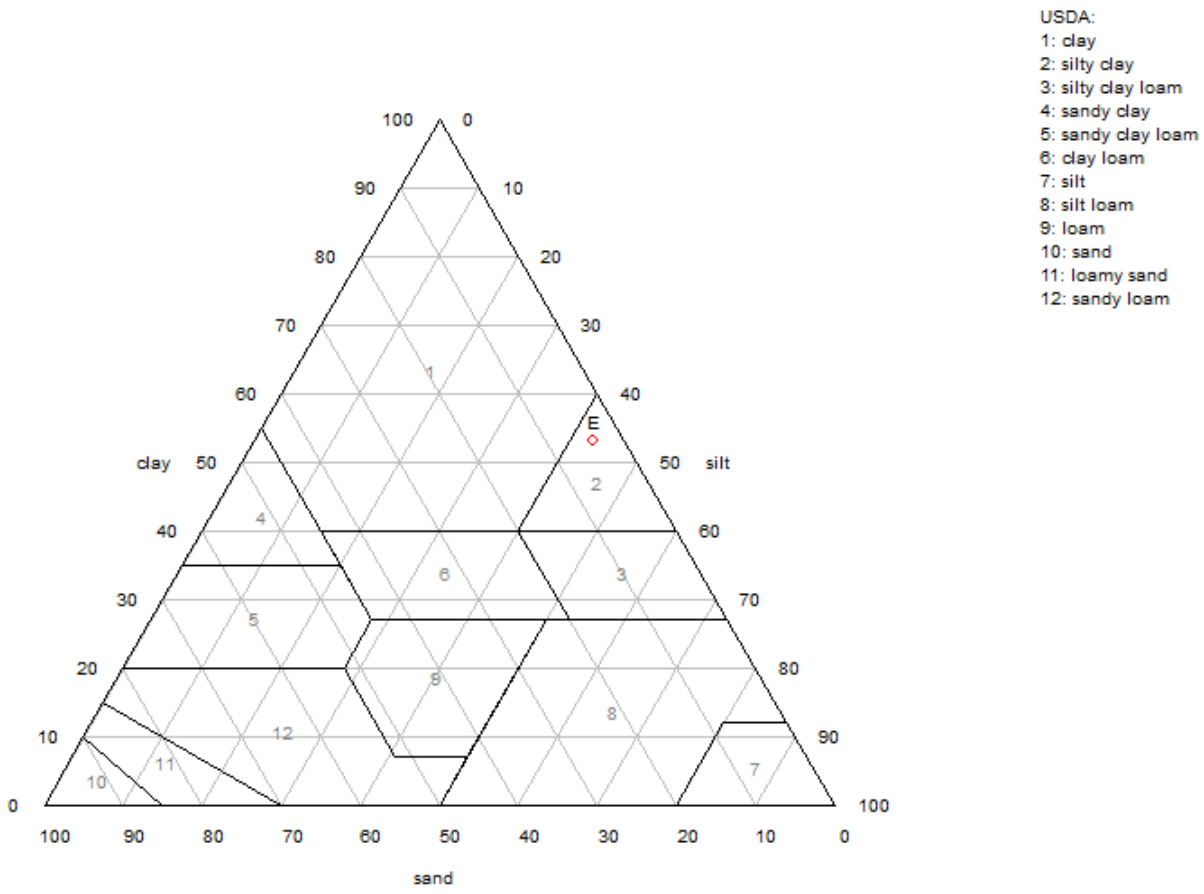


Figure 2. Placement de l'échantillon de sol de départ dans le triangle textural USDA

3.1.2. Pourcentage en matière organique

Le dosage de la matière organique (MO) est réalisé à partir du dosage de l'un de ses constituants : le carbone organique (CO). Il est connu que la MO contient en moyenne 58% de CO ; d'où la formule de calcul de la MO :

MO (%) = CO% X 1,724

Avec cette formule, nous trouvons une valeur de 10,29 % pour la matière organique. Selon Tessens et Gourdin (1993), une telle teneur en matière organique est très élevée ; d'où le sol utilisé peut-être qualifier de sol humifère.

3.1.3. Acidité

Le pH eau du sol étant de 3,94, nous concluons que notre sol est très acide. Cette forte acidité affecte la disponibilité des éléments nutritifs surtout le phosphore et s'accompagne d'une toxicité aluminique et/ou manganique.

3.1.4. Capacité d'échange cationique effective

La capacité d'échange cationique effective (CECE) est la somme des valeurs de tous les cations adsorbés sur le complexe d'échange exprimées en concentration équivalentaire. Elle se calcule par la formule :

CECE =Ca+Mg+Na+K+H+Al

Elle est en théorie égale à la CEC. Néanmoins, les caractéristiques du sol et les méthodes analytiques peuvent perturber cette égalité et afficher des valeurs nettement différentes. Pour le sol qui nous concerne, la valeur de la CECE est de 4,67 meq/100g.

Cette valeur est largement inférieure à celle de la CEC puisqu'elle ne représente même pas un quart de la CEC. Ce grand écart montre que le sol d'essai est dominé par les charges variables. Celles-ci peuvent provenir de la kaolinite, des oxyhydroxydes de fer et d'aluminium et de la MO. Ce grand écart montre en outre l'inadéquation de la méthode Metson (méthode à acétate d'ammonium à pH 7) pour les sols tropicaux acides à dominance des charges variables.

En effet, la CEC a été surestimée par la méthode analytique puisque le pH du sol est de 3,94 et que la matrice dans lequel la CEC est analysée a un pH élevé de 7.

Dans les calculs qui vont suivre, du taux de saturation en bases, de l'indice de Kamprath (m) et du taux de saturation en acide et en Na, nous allons utiliser la CECE au lieu de la CEC.

3.1.5. La capacité d'échange cationique sur la fraction argileuse

Il est connu que la CEC des sols provient de la fraction colloïdale du sol constituée par l'argile et la matière organique. En considérant une CEC de la matière organique de 200 meq/100 g, la CEC pour la fraction argileuse se calcule alors avec la formule qui suit.

$$CEC_{arg} = \frac{[CEC-(MO*2)]*100}{A}$$

En utilisant les données de notre sol d'essai, nous obtenons des valeurs de -2,23 meq/100 d'argile. Cette valeur négative nous indique que le sol du site d'essai est un sol dégradé et dépourvu de charges négatives suffisantes pour retenir les éléments nutritifs cationiques. Le sol ne présente pratiquement pas de charges négatives des argiles ; il y a des charges positives provenant sûrement des oxyhydroxydes de fer et/ou d'aluminium

3.1.6. Somme des bases échangeables et taux de saturation en bases

La somme des bases échangeables se calcule comme suit :

$S= [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [K^{+}] + [Na^{+}]$

Sa valeur pour notre sol est de 1,35 cmolc/kg.

Le taux de saturation en bases se calculé par la formule : V (%) = S*100/CECE

Sa valeur pour le sol étudié est de 28,91 %. Ce taux de saturation montre que le sol est désaturé en bases (saturation faible en cations basiques)

3.1.7. Taux de saturation en aluminium (m) et taux de saturation acide

Le taux de saturation en aluminium (m) ou indice de Kamprath est une indication de la représentativité de l'aluminium sur le complexe d'échange ; et donc du niveau de toxicité aluminique du sol.

La formule de calcul de m est :

m (%) = Al éch *100/CECE

Sa valeur pour notre sol est de 66,81 %

Le taux de saturation acide de sa par est calculé par la formule :

m (%) = ($[Al^{3+}]$ + $[H^{+}]$)*100/CECE

Sa valeur pour le sol d'essai est de = 71,09 %

Le regard simultané de A (%) et de m (%) montre que le complexe d'échange est largement dominé par l'aluminium et que le gros d'acidité est représenté par l'aluminium.

3.1.8. Conclusion sur les limitations du sol étudié

En synthétisant les analyses précédentes, nous concluons que c'est un sol très acide, très désaturé en bases et très riche en aluminium. Ce sol mérite donc d'être amendé par chaulage pour augmenter le pH et pour resaturer le système.

3.2. Propriétés des composts utilisés dans l'expérimentation

La composition chimique des composts et du fumier de vache utilisés dans l'essai est reprise dans le tableau 3.

La maturité d'un compost est analysée à travers divers paramètres dont le rapport C/N (Compaore et al., 2010). Les composts qui ont un rapport C/N voisin de 10 -15 sont qualifiés de composts matures (Namkoong et al, 1999). Suivant cette logique, seul le fumier de vache peut être qualifié de mature car sa valeur est d'environ 10 alors que les composts de Calliandra et de Lantana ne sont pas matures (tableau 3).

S'agissant de l'azote (N), on remarque que tous les trois composts utilisés dans cette étude sont bons pour l'agriculture. En effet, un compost dont la teneur en azote est supérieure à 1% peut être utilisé en agriculture (Baker, 1997)

La plus grande quantité de P dans les matières organiques est retenue dans les complexes organiques. Selon Baker 1997), le rapport C/P des composts est généralement compris entre 80 et 100. Des rapports supérieurs à cet intervalle traduisent une immobilisation du P. Le maximum de cette ration pour un compostage optimale est de 120. Dans les composts objets de cette étude, nous constatons de ce point de vue que seul le comoost de Lantana remplit cette condition alors que celui de *Calliandra calothyrsus* (avec C/P de 127) semble afficher un caractère d'immobilisation de P et que le fumier de vache présente une valeur nettement inférieure à 80.

Les concentrations en Ca et en Mg des composts varient en moyenne de 1 à 4 % et de 0,2 à 0,4 % respectivement (Baker, 1997). Suivant ces normes, nous constatons que la plupart des composts utilisés dans cette étude (sauf *Lantana camara*) sont en dessous de la moyenne pour les teneurs en Ca et en Mg (tableau 3).

Tableau 3. Caractéristiques chimiques du fumier de vache et des composts utilisés lors de l'expérimentation

Compost/fumier	CO (%)	N (%)	C/N	P (%)	C/P	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Fumier de vache	15,05	1,55	9,7	0,43	35	1,06	0,32	0,16
Calliandra calothyrsus	22,9	3,8	6,0	0,18	127,2	0,99	0,79	-
Lantana camara	26,4	3,8	7,0	0,32	82,5	3,89	1,48	0,54

3.3. Caractéristiques agronomiques mesurées pendant la période végétative

Les valeurs moyennes des paramètres agronomiques du haricot déterminés pendant la période entre le semis et la récolte de sont présentées dans le tableau 4. Ces résultats indiquent le classement des groupes de moyennes homogènes obtenu par les comparaisons multiples au seuil de 5 % avec la méthode de Tukey HSD. Les moyennes suivies de la même lettre minuscule ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

3.3.1. Taux de germination

Les moyennes de taux de germination des graines de haricot dans cette étude varient entre 82,6 (T5) et 87 % (T2). Nous notons que le type de compost n'affecte pas la germination des graines de haricot car aucune différence significative n'a été observée entre les taux de germination moyens.

3.3.2. Nombre de feuilles par plante

Les haricots sont cultivés pour la consommation des feuilles, des gousses et des graines. Les feuilles sont une excellente source de protéines (Aguida et Capo-chichi, 2015). Outre le rôle nutritionnel pour la consommation humaine, l'abondance des feuilles influence le nombre de gousses et la quantité de graines à la récolte. En général, plus un plant de haricot a de feuilles, plus il aura de gousses et de graines ; d'où la nécessité d'évaluer le nombre de feuilles au stade végétatif.

Dans cette étude, des différences statistiquement significatives entre les effets de différents types de compost sur le nombre de feuilles par plante ont été trouvées (tableau 4). Les moyennes les plus élevées du nombre de feuilles sont observées pour deux amendements organiques du sol combinés à des engrais chimiques. Il s'agit du fumier de vache (T6) et du compost de Lantana camara (T8) qui a manifesté 14 feuilles par plant de haricot. Pendant ce

temps, le nombre moyen de feuilles le plus faible (2 feuilles) a été obtenu dans les parcelles témoins (T1). Ce traitement est classé dans le même groupe de moyennes homogènes que les traitements de sol non amendé mais avec application d'engrais chimique (T5), et les traitements au compost Calliandra sans engrais chimique (T3). Par ailleurs, les traitements du compost Calliandra (avec application ou non d'engrais chimiques) ont des nombres moyens de feuilles nettement inférieurs à ceux du compost Lantana et du fumier de vache accompagné d'engrais chimiques.

Quant à l'effet des engrais chimiques, des différences significatives ont été observées au sein des parcelles amendées avec du *Lantana camara* et du fumier de vache. Dans ces deux cas, les traitements effectués avec ajout de fertilisants chimiques montrent un nombre de feuilles significativement plus élevé que celui des traitements utilisant uniquement de la fumure organique.

Tableau 4. Taux de germination, nombre de feuilles, de fleurs et de gousses des plants de haricot blancs dans les parcelles expermentales

Traitement	Taux de germination (%)	Nombre de feuilles	Nombre de feuilles	Nombre de gousses
T_1: Témoin 1 (0 kg de compost + 0 kg d'engrais NPK)	85,00±1,44a	2,33±0,74d	0,08±0,08b	0,56±0,29c
T_2: Fumier de vache (10 t MS/ha+ 0 kg d'engrais NPK))	86,67±2,20a	7,67±0,96b	0,42±0,17b	3,92±0,79b
T_3: Calliandra (10 t MS/ha + 0 kg d'engrais NPK))	85,00±1,44a	5,08±0,58bcd	0,5±0,25b	2,64±0,53bc
T_4: Lantana (10 t MS/ha + 0 kg d'engrais NPK))	85,00±1,44a	7,33±0,46bc	0,92±0,22b	4,08±0,36b
T_5: Témoin 2 (0 kg de compost + engrais NPK)	82,50±1,44a	3,42±0,44cd	0,08±0,08b	1,03±0,32bc
T_6 = Fumier de vache (10 t DM/ha + engrais NPK)	83,33±1,67a	13,83±0,30a	2,92±0,17a	10,00±1,30a
T_7 : Calliandra (10 t MS/ha + engrais NPK)	83,33±1,67a	7,33±0,55bc	1,17±0,44b	3,42±0,36bc
T_8: Lantana (10 t MS/ha + engrais NPK)	84,17±2,20a	13,50±1,76a	3,33±0,30a	8,92±0,71a

Remarques : ±Erreur standard des moyennes. Les traitements suivis de la même lettre minuscule ne diffèrent pas statistiquement au niveau de probabilité de 5 %.

3.3.3. Nombre de fleurs par plante

Des différences significatives dans le nombre de fleurs de haricot ont été observées entre les traitements (tableau 4). Le plus grand nombre de fleurs a été noté pour les traitements amendés avec du compost de Lantana camara et du fumier de vache associé à des engrais chimiques (T6 et T8). Dans ces traitements, les nombres moyens de fleurs de haricot (3 fleurs) sont significativement plus élevés que ceux obtenus dans toutes les autres parcelles, qui variaient entre 0,08 (T1 et T5) et 1,17 nombre de fleurs (T7). Concernant les effets des engrais chimiques sur ce paramètre, des différences significatives sont montrées dans le cas de l'utilisation du fumier de vache et du compost Lantana. Avec ces deux amendements, l'ajout d'engrais chimiques augmente significativement le nombre de fleurs de 4 à 7 fois.

3.3.4. Nombre de gousses

Le nombre de gousses de haricot a été compté le soixante-dixième jour après le semis. Les moyennes du nombre de gousses comptées dans les traitements avec engrais chimiques ajoutés au compost de Lantana camara (9 gousses) et au fumier de vache (10 gousses) sont significativement plus élevées que celles obtenues dans les parcelles témoins (0,6 gousses), ainsi que les autres traitements (Tableau 4). De plus ; les nombres moyens de gousses comptés dans les traitements effectués avec Calliandra avec ou sans engrais chimiques (T3 & T7) sont classés dans les mêmes groupes homogènes que les parcelles témoins (T1).

Les effets des engrais chimiques ne sont observés que dans les cas d'utilisation de composts de Lantana et de fumier de vache : les traitements effectués avec l'application d'engrais chimiques montrent le plus grand nombre de gousses (9-10).

Remarque : Appliqués seuls, en l'absence d'amendements organiques, les engrais chimiques ne différaient pas significativement des traitements témoins. Tous ont évalué les paramètres de croissance du haricot (nombre de feuilles, de fleurs et de gousses).

3.4. Paramètres de rendement mesurés en fin de campagne

Les données recueillies à la fin des stades végétatifs sont réalisées dans le tableau 4 et dans les figures 3 à 8. Dans ces figures, les traitements suivis de la même lettre minuscule ne diffèrent pas statistiquement. Les abréviations CheFe et No_CheFe désignent avec et sans application d'engrais chimiques.

3.4.1. Taux de survie

Le site sur lequel cette étude a été menée est très altéré et son sol est extrêmement acide (tableau 2). Pour évaluer l'amélioration possible des effets négatifs de l'acidité du sol sur la survie des haricots par des ajouts des composts testés, nous avons compté le nombre de plantes qui n'avaient pas disparu au moment de la récolte et, nous avons calculé le taux de survie. Les résultats sont présentés dans la figure 3. Le taux de survie le plus élevé a été observé dans le cas du compost Lantana et du fumier de vache sans aucun engrais chimique (T2 et T4). Ces traitements sont statistiquement différents des traitements témoins (T1 & T5) et du traitement du compost Calliandra accompagné d'engrais chimiques (T7) pour ce

paramètre. Ces trois traitements sont classés dans le dernier groupe de moyennes homogènes selon le test de Tukey HSD.

Remarque : Les taux de survie les plus élevés sont observés avec les traitements modifiés sans engrais chimiques qui étaient significativement plus élevés que les traitements témoins mais pas différents entre eux. En revanche, tous les traitements combinant des amendements organiques et des engrais chimiques ne diffèrent pas significativement entre eux. Fait intéressant, les engrais chimiques ont amélioré le taux de survie du traitement témoin, mais l'ont diminué pour les traitements modifiés, en particulier pour le traitement modifié par Calliandra.

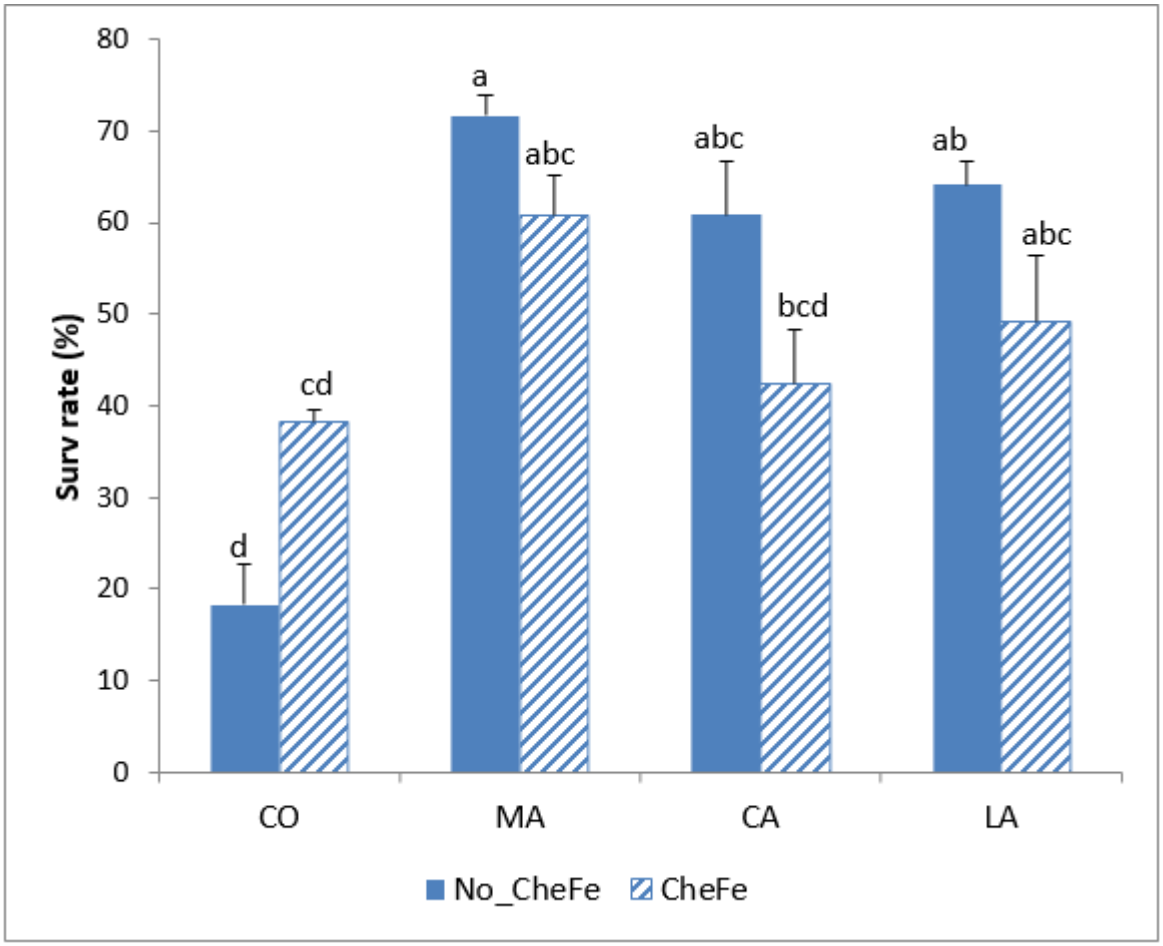


Figure 3: Taux de survie de plants de haricot

3.4.2. Nombre de gousses productives

Les nombres moyens de cabosses productives (avec graines) comptées dans les parcelles expérimentales sont affichés à la figure 4. La classification des traitements selon les résultats du test Tukey HSD en quatre groupes. Le premier est le groupe de traitements avec application d'engrais chimiques combinés avec du fumier de vache et du Lantana camara (avec respectivement 8,0 et 6,7 gousses). Le dernier groupe comprend cinq traitements à

savoir. le témoin (T1 et T5), les traitements de Calliandra avec engrais chimiques ou non (T3 et T7) et celui de compost de Lantana sans engrais chimiques (T4).

De plus, il est noté que l'utilisation d'engrais chimiques a significativement amélioré ce nombre dans les parcelles amendées avec du fumier de vache et avec du compost de Lantana camara, indiquant un fort effet interactif entre les deux amendements organiques et l'application d'engrais chimiques.

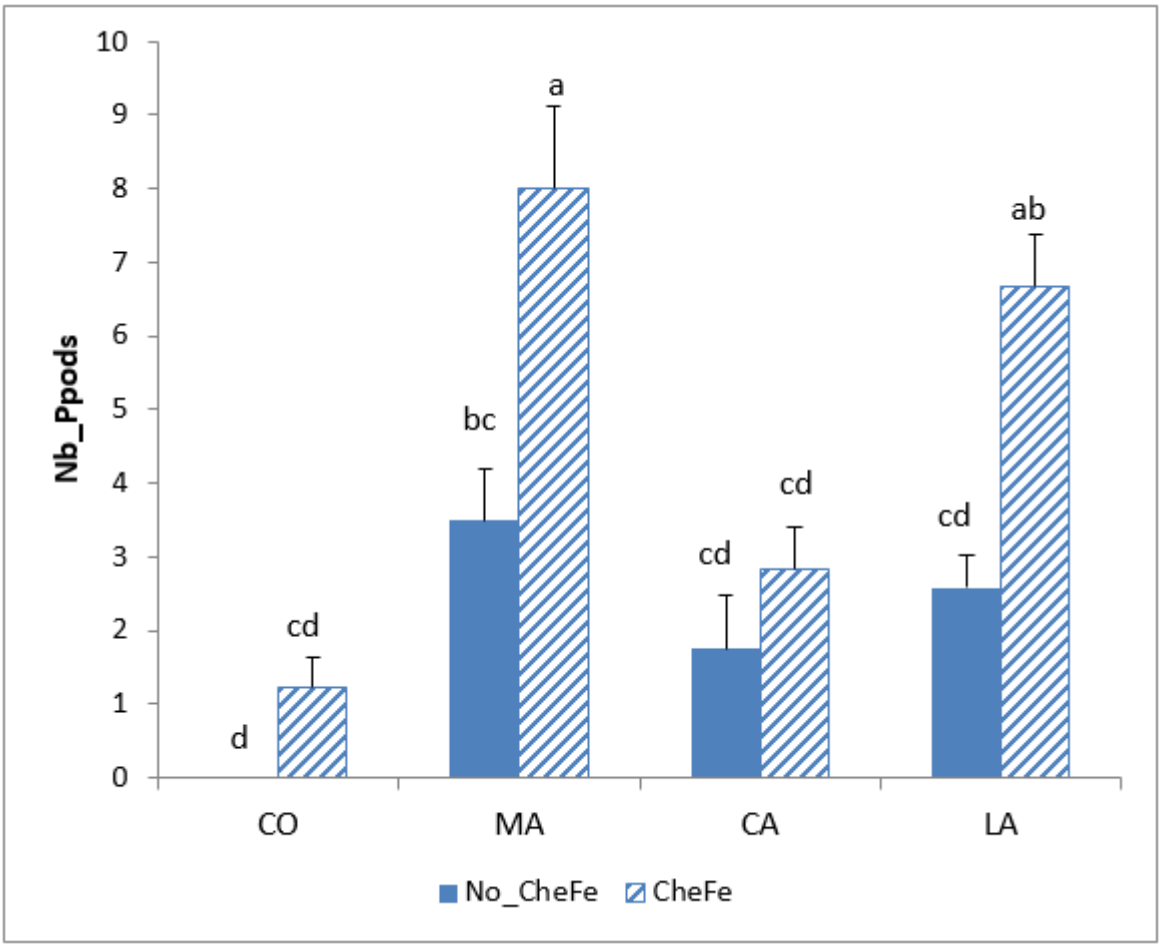


Figure 4: Nombre de gousses à graines dans les parcelles expérimentales par plante

3.4.3. Production de biomasse

La biomasse totale de haricots produite dans les parcelles expérimentales est illustrée à la figure 5. Le test de Tukey classe les traitements en quatre groupes qui se chevauchent. Le premier groupe comprend le traitement avec du fumier de vache et des engrais chimiques (T6 : 546 g MS par parcelle). Le deuxième groupe comprend le traitement de Lantana camara avec des engrais chimiques (T8 : 362 g MS par parcelle) et le fumier de vache seul (T2 : 206,23 g MS par parcelle). Le troisième groupe contient les traitements avec application

d'engrais chimiques ajoutés au sol seul (T5) et aux composts de Calliandra (T7), et les traitements avec les composts de Lantana et Calliandra seuls (T4 et T3, respectivement). Le dernier groupe comprend les traitements du troisième groupe (hors fumier de vache) auquel s'ajoute le témoin (T1) qui a la biomasse totale la plus faible (7,53 g MS par parcelle).

Concernant l'effet des engrais ajoutés sur la production totale de biomasse, le constat est que l'effet est significatif avec les utilisations de fumier de vache et de compost de Lantana camara, comme cela a également été noté pour le nombre de gousses productives.

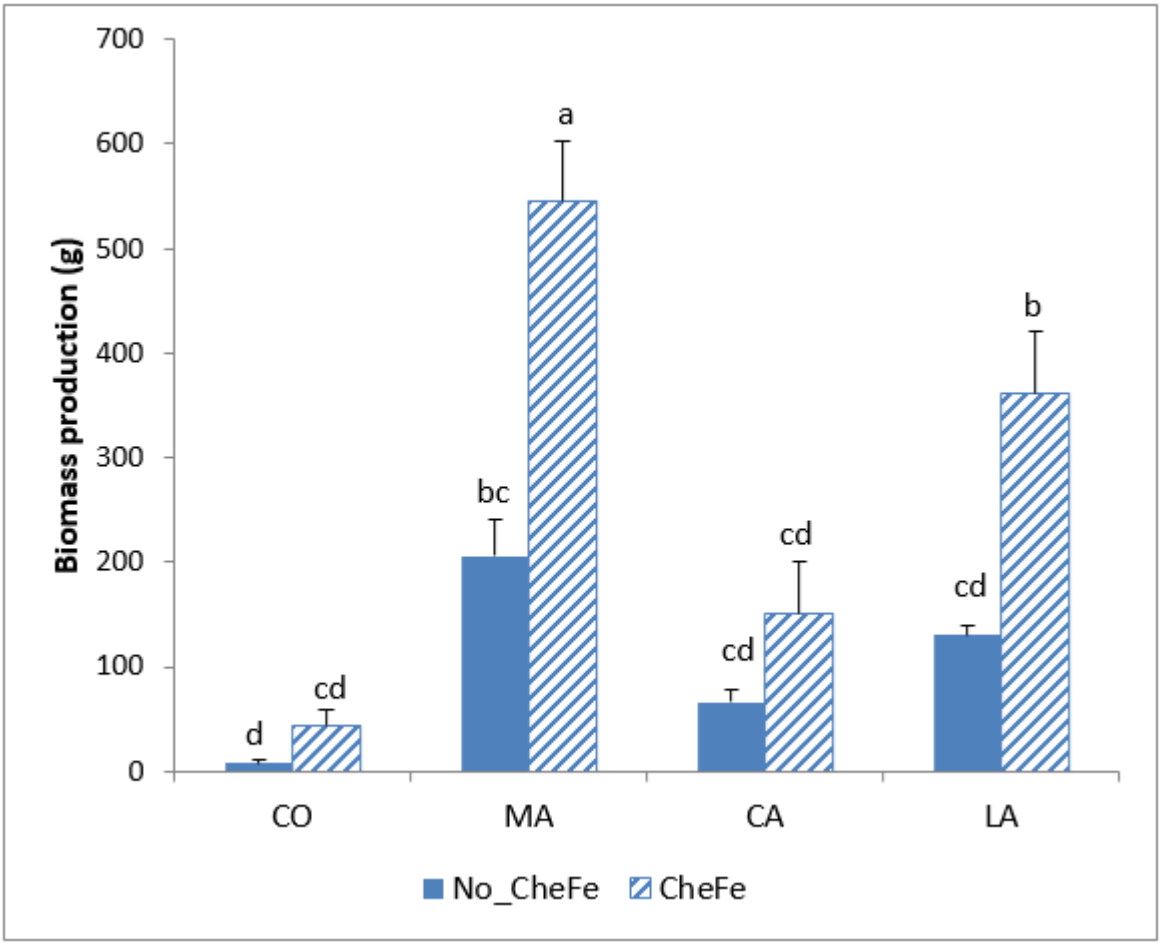


Figure 5: Comparaison des moyennes de la biomasse sèche par traitement

3.4.4. Nombre de graines par traitement

Les nombres moyens de graines par traitement sont indiqués sur la figure 6 qui montre quatre groupes de moyennes homogènes qui se chevauchent. Le premier groupe est celui du fumier de vache plus engrais chimiques (T6 : 604 graines) et du compost de Lantana plus engrais chimiques (T8 : 408 graines). Le dernier groupe comprend les traitements sans engrais organiques : T1 (0,7 graines) et T5 (43,3 graines).

En ce qui concerne l'effet de l'application d'engrais chimiques sur la production totale de biomasse, une observation similaire est notée que dans les cas des paramètres précédents (nombre de cabosses productives et production de biomasse de haricot).

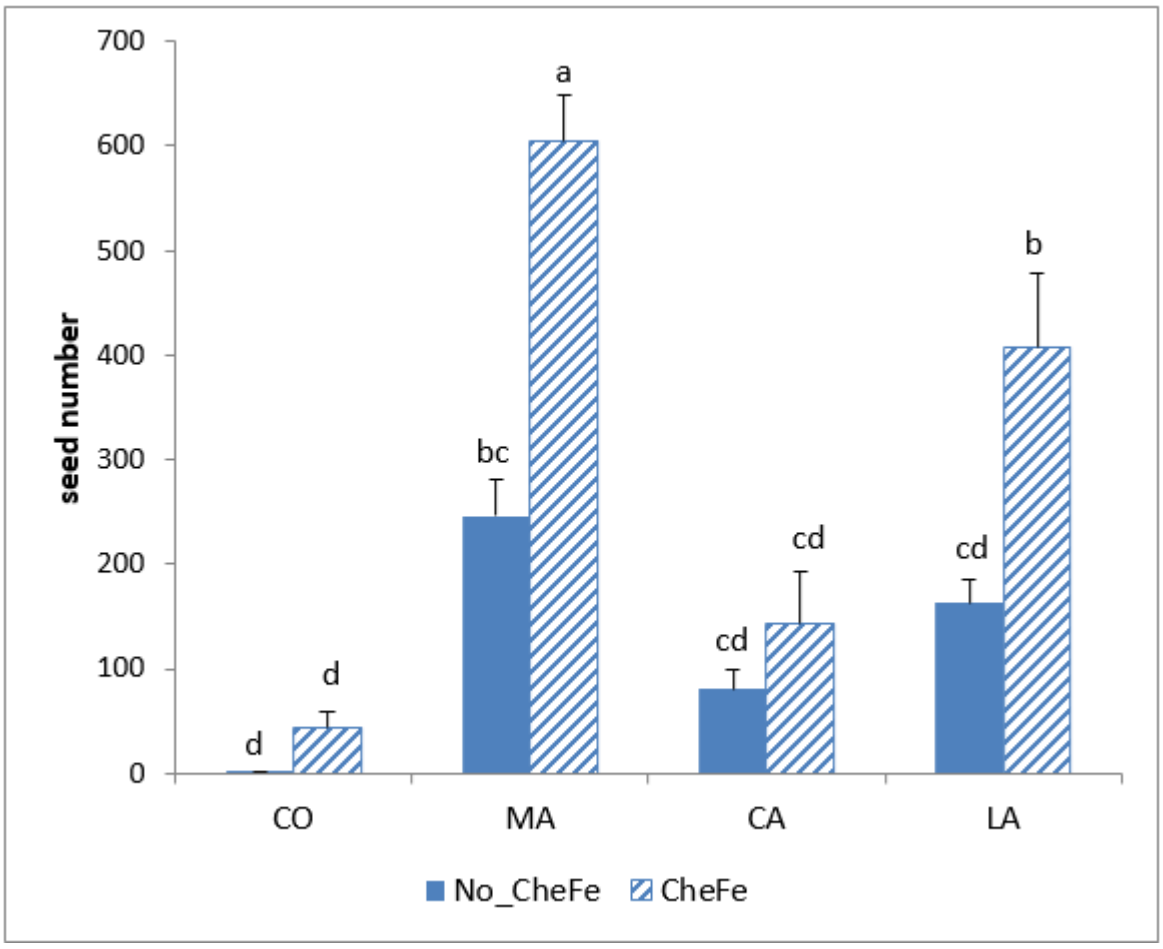


Figure 6: Comparaison des moyennes du nombre de graines par traitements

3.4.5. Poids de graines par traitement

Les poids moyens de graines récoltées par traitement sont présentés sur la figure 7. L'analyse de variance au seuil de 5% montre un effet significatif des traitements sur le poids des graines récoltées. Le test de Tukey montre 4 groupes de moyennes homogènes qui se chevauchent. Le premier groupe comprend les traitements de fumier de vache et d'engrais chimiques (257,19 g). La seconde comprend le traitement du compost de Lantana plus engrais chimiques (159,84 g) et du fumier de vache sans engrais chimiques (T2 : 93,3 g). Le poids de graine le plus faible est celui du témoin (T1 : 0,11g). Ce traitement est statistiquement différent des trois traitements des deux premiers groupes, et n'est pas différent des autres traitements de cette expérience.

En examinant les effets des engrais chimiques sur le poids des graines pour un même type de compost, on constate que la fertilisation minérale améliore le poids des graines dans le cas des traitements utilisant du fumier de vache et du compost de Lantana camara.

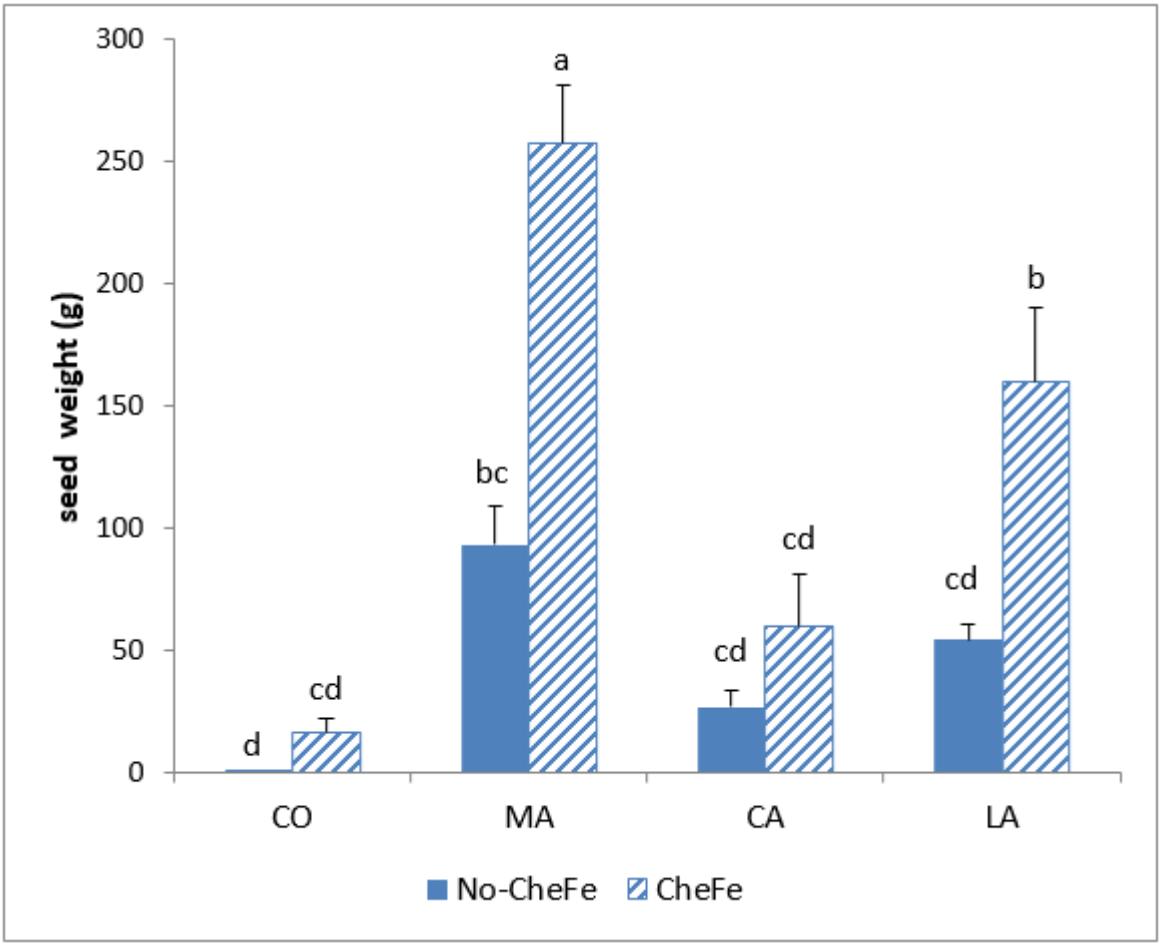


Figure 7: Comparaison des moyennes du poids de graines par traitements

3.4.6. Production potentielle

En extrapolant ces productions semencières à la surface d'un hectare dont le nombre de poches habituellement recommandé est de 125 000 poquets tout en respectant les mêmes espacements de 20 cm x 40 cm que nous avons utilisés dans cette étude, on obtient les rendements présentés dans le tableau 5. Les rendements en semences de la variété BCB-11-404 observée par les services de recherche agronomique, dans sa zone d'adaptation qui comprend les régions d'altitude entre 774 et 1850 m, sont de 1400 kg à la station et 800 kg chez les agriculteurs (Nduwarugira et al., 2018). En comparant ces rendements observés et ceux qui ressortent de cette étude, nous constatons que seules les utilisations d'engrais chimiques ajoutés au fumier de vache (T6 : 1067,46 kg par ha) et au compost de Lantana camara (T8 : 998,98 kg par ha) atteignent les rendements potentiels obtenues dans les exploitations des agriculteurs sans toutefois atteindre ceux des stations de recherche.

Tableau 5. Production moyenne potentielle du haricot dans traitements expérimentaux à Bihunge

Traitement	**Rendement potentiel en graines (kg)**
T1: Témoin 1 (0 kg of compost + 0 kg d'engrais NPK)	0,67±0,67d
T2 : Fumier de vache (10 t MS/ha+ o kg d'engrais NPK)	582,90±97,22bc
T3 : Calliandra (10 t MS/ha + 0 kg d'engrais NPK)	166,69±42,09cd
T4 : Lantana (10 t MS/ha + 0 kg d'engrais NPK)	338,15±40,33cd
T5: Control 2 (0 kg of compost + engrais NPK)	100,79±36,71cd
T6 = Manure (10 t MS/ha + engrais NPK)	1067,46±152,37a
T7 : Calliandra (10 t MS/ha + engrais NPK)	371,17±137,96cd
T8 : Lantana (10 t MS/ha + engrais NPK)	998,98±189,01b

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Dans un contexte de sols dégradés et acides, caractérisés par un faible pouvoir de rétention des nutriments, l'enrichissement de ces sols en matière organique pour la restauration de leur fertilité est une nécessité pour une agriculture durable. Au Burundi, la principale source de matière organique utilisée est le fumier de ferme. Les paysans sans bête d'élevage, qui sont nombreux au Burundi, ont des difficultés d'accès à la matière organique pour amender leur sol. L'objectif de cette étude était d'évaluer si les composts de *Lantana camara* et de *Calliandra calothyrsus* peuvent substituer le fumier de ferme dans la fertilisation des sols et servir aux agriculteurs qui n'ont pas de bête d'élevage.

Appliqués en accompagnement avec une fertilisation minérale, les effets du fumier de ferme et du compost de *Lantana camara* n'ont pas montré de différence significative pour le nombre de feuilles, le nombre de fleurs, le nombre de gousses, le taux de survie à la récolte, le nombre de gousses à graines, la biomasse totale et le nombre de graines par traitement. Le compost de Lantana seconde le fumier de vache pour la variable poids de graines et rendement à l'hectare. Pour les deux types d'amendements organiques, fumier de vache et compost de Lantana, appliqués sans accompagnement d'engrais organique, les valeurs de ces paramètres sont toujours significativement plus petites que celles des traitements menés avec le même amendement organique et ajout d'engrais chimiques.

Par ailleurs, les effets des traitements de Calliandra et des traitements témoins, en accompagnement ou non aux engrais minéraux, sont significativement différents à ceux du fumier de vache pour la biomasse totale, le nombre de graines, le poids de graines.

En définitive, le compost de *Lantana camara* peut remplacer le fumier de vache pour la production du haricot commun. Mais, l'association de ces deux types d'amendements organiques avec les engrais chimiques à la dose de 18-46-30 donne de meilleurs rendements.

Le compost de *Calliandra calothyrsus*, bien qu'il soit réputé bon par certaines recherches antérieures pour la fertilité des sols et la production des cultures, ne montre pas de meilleures performances comparativement au sol seul non amendé par la fumure organique.

A l'issue de cette étude, nous aimerions émettre des recommandations pour les études futures dans le domaine de la gestion des sols. L'extention de cette étude dans d'autres zones agroécologiques et la diversification des types de composts serait avantageux pour le développement de l'agriculture au Burundi. La gestion de *Lantana camara* dont le compost s'est révélée aussi performant que le fumier de vache dans les agrosystèmes est aussi un thème de recherche à développer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Aguiar et *al.*.., 1999 ; Polese, 2006 ; Sirtori et Boffelli, 2007. Guide pratique de la culture et des vertus de plus de 50 herbes. 377p

[2] Baker A.- V.1997. Composition and Uses of Compost (Chapter 10). In Agricultural Uses of By-Products and Wastes; Rechcigl, J., et al.; ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC, 1997

[3] Balesdent, 1996. Effet de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région de Ouargla.

[4] Chirwa, T.S., Mafongoya, P., Mbewe, D.N.M., and Chishala, B. 2004. Changes in soil properties and their effects on maize productivity following *Sesbania sesban* and *Cajanus cajan* improved fallow systems in eastern Zambia. Biology and Fertility of Soils. 40. 20-27. 10.1007/s00374-004-0740-8.

[5] Christopher T. B. S. , Mokhtaruddin A. M..1996. A computer program to determine the soil textural class in 1–2–3 for windows and excel, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 27:9-10, 2315-2319, DOI: 10.1080/00103629609369705

[6] Compaore E, Nanema LS, Bonkoungou S, Sedogo MP. 2010. Évaluation de la qualité de composts de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso pour une utilisation efficiente en agriculture. Journal of Applied Biosciences, 33 : 2076-2083.

[7] Craswell, E., Lefroy, R. 2001. The role and function of organic matter in tropical soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems 61, 7–18.

[8] Daniel C., 2016. Essai d'adaptation de 9 lignées de haricot noir (*Phaseolus vulgaris* L.) riches en fer à Lalouère, 4^{e} section communale du St Marc. 48p

[9] GERMIFLOR, 2016. Intérêt de la fertilisation organique et organo-minérale en viticulture » - Bilan de l'essai du Domaine de Flandry à Limoux (11) de 2011 à 2016. 6p.

[10] occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user.

[11] Goderris, W. 1995, La culture du haricot au Burundi. AGCD. Publicationb N°32, 163 p

[12] Hallouin I., Camoin L., Chaix M., Chauprade M., Corneille T., De Coninck M., Delcassou F., Delmas J.-L., Ernoult H., Feuvrier E., Ferrera S., Gasq S., Mazollier C., Taussig C., Terrentroy A., Veyrier F. 2012. Tout savoir sur la culture du Haricot sous abri et en plein champ. Chambre d'agriculture Bouches-du-Rhône. 16 p

[13] Hubert P. 1978. Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar Antananarivo

[14] ISABU, 2012 : Catalogue des Espèces et variétés vivrières sélectionnées par l'ISABU. Deuxième édition, juin 2012, p.125

[15] ISABU, 2012. Conduite de la culture du haricot (phaseolus vulgaris l.) au Burundi. 69p

[16] ISABU, Rapports annuels 2009, 2010 et 2011

[17] ISTEEBU, 2011 : Annuelle des statistiques agricoles, Année 2010

[18] ITAB 2001. Guide des matières organiques. 240p

[19] Jama, B., Palm, C. A., Buresh, R. J., Niang, A., Gachengo, Nziguheba, G. 2000. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: A review. Agroforestry Systems, 49. p.201-221

[20] Jobin P., Petit J., 2005. La fertilisation organique des cultures. 52p

[21] Kaho F, Yemefack M, Feujio-Teguefouet P, Tchantchaouang JC. 2011. Effet combiné des feuilles de Tithonia diversifolia et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferralitique au Centre Cameroun. Tropicultura, 29(1): 39-45. http://www.tropicultura.org/text/v29n1/3 9.pdf.

[22] Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorol. Z. 15, 259–263.

[23] Lacharme, M., 2001. La fertilisation minérale du riz. 45p.

[24] Landon, J. R. 1991. Booker tropical soil manual: a handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics. Pbk. ed. Harlow, Essex, England: Longman Scientific & Technical.

[25] Mugendi, D. N., Nair, P. K. R., Mugwe, J. N., O'Neill, M. K., andWoomer, P. L.1999. Calliandra and Leucaena alley cropped with maize. Part 1: Soil fertility changes and maize production in the sub-humid highlands of Kenya. Agroforestry Systems, 46, 39-50.

[26] Namkoong W, Hwang EY, Cheong JG, Choi JY, 1999. A comparative evaluation of maturity parameters for food waste composting. Compost Science & Utilization 7: 55-62.

[27] Ntimarubusa, F., 2015. La construction d'un socle de protection sociale au Burundi.IOB Discussion Papers 2015.02, UniversiteitAntwerpen, Institute of Development Policy (IOB).

[28] PABRA outlook (2005): Pan-African Bean Research Alliance. News about bean Research and development in countries in sub-sahara Africa. A network to nourish the future.Online: http: www.ciat.cgiar.org/ africa/pdf/pabra_outlook.pdf.

[29] Ruraduma C., Ntukamazina N., NtibashirwaS., Niko N. 2012. Technical guide for growing common bean (*phaseolus vulgaris* l.) in Burundi. Institut des Sciences Agronomiques du Burundi.

[30] Tessens E., Gourdin J. 1993. Critères d'interprétation des analyses pédologiques. Programme de Pédologie. Laboratoire de Chimie Agricole. Département des Etudes du Milieu et des Systèmes de production. Fiche de labo n°19. ISABU, Bujumbura, 36 p

ANNEXES

Annexe 1. Données récoltées au cours de la croissance des

Treatment	CH_NO	sample_number	Nb_LeafsA	Nb_podA	Nb_flowerA	Nb_LeafsB	Nb_podB	Nb_flowerB
CONTROL	NO	1	7	0	0	11	2	3
CONTROL	NO	2	2	2	0	1	0	0
CONTROL	NO	3	3	0	0			
CONTROL	NO	4	3	0	1	3	0	0
CONTROL	NO	1	1	1	0			
CONTROL	NO	2	1	2	0	3	1	0
CONTROL	NO	3	4	2	0	1	1	0
CONTROL	NO	4	2	3	0			
CONTROL	NO	1	1	1	0			
CONTROL	NO	2	1	0	0			
CONTROL	NO	3	1	0	0			
CONTROL	NO	4	2	0	0			
CONTROL_CheFe	CH	1	1	0	0	1	0	0
CONTROL_CheFe	CH	2	5	4	0	6	3	0
CONTROL_CheFe	CH	3	2	0	0	6	2	0
CONTROL_CheFe	CH	4	5	5	0			
CONTROL_CheFe	CH	1	3	0	1	5	0	0
CONTROL_CheFe	CH	2	2	0	0			
CONTROL_CheFe	CH	3	1	0	0	2	0	0
CONTROL_CheFe	CH	4	5	3	0	4	2	0
CONTROL_CheFe	CH	1	5	2	0	6	1	0
CONTROL_CheFe	CH	2	4	2	0	3	0	0
CONTROL_CheFe	CH	3	3	3	0	3	1	0
CONTROL_CheFe	CH	4	5	1	0	4	1	0
MANURE	NO	1	7	7	1	4	4	0
MANURE	NO	2	9	7	1	14	3	4
MANURE	NO	3	10	8	0	7	8	0
MANURE	NO	4	12	7	1	12	7	1
MANURE	NO	1	8	5	1	6	5	0
MANURE	NO	2	7	6	0	5	4	0
MANURE	NO	3	8	6	0	5	3	0

Treatment	CH_NO	sample_number	Nb_LeafsA	Nb_podA	Nb_flowerA	Nb_LeafsB	Nb_podB	Nb_flowerB
MANURE	NO	4	2	3	0	2	0	0
MANURE	NO	1	12	8	0	8	6	0
MANURE	NO	2	8	3	1	4	1	0
MANURE	NO	3	4	5	0	4	2	0
MANURE	NO	4	5	5	0	4	4	0
MANURE_CheFe	CH	1	18	13	4	15	12	0
MANURE_CheFe	CH	2	7	4	4	12	4	10
MANURE_CheFe	CH	3	18	9	2	15	9	1
MANURE_CheFe	CH	4	10	14	1	10	6	0
MANURE_CheFe	CH	1	7	8	1	1	7	0
MANURE_CheFe	CH	2	8	7	3	8	5	0
MANURE_CheFe	CH	3	21	6	2	17	10	0
MANURE_CheFe	CH	4	20	13	5	21	18	2
MANURE_CheFe	CH	1	16	9	5	16	13	0
MANURE_CheFe	CH	2	18	11	3	18	13	0
MANURE_CheFe	CH	3	14	12	2	13	12	0
MANURE_CheFe	CH	4	9	8	3	15	11	0
CALLIANDRA	NO	1	1	2	0	4	0	1
CALLIANDRA	NO	2	8	9	3	4	5	0
CALLIANDRA	NO	3	6	7	1	6	3	0
CALLIANDRA	NO	4	6	3	0	6	3	0
CALLIANDRA	NO	1	9	9	0	7	6	0
CALLIANDRA	NO	2	4	3	0	3	2	0
CALLIANDRA	NO	3	7	3	1	8	4	0
CALLIANDRA	NO	4	4	5	0	2	2	0
CALLIANDRA	NO	1	4	1	0			
CALLIANDRA	NO	2	2	3	0	2	1	0
CALLIANDRA	NO	3	2	0	0	5	4	0
CALLIANDRA	NO	4	8	4	1	1	0	0
CALLIANDRA_CheFe	CH	1	8	7	3	6	3	0
CALLIANDRA_CheFe	CH	2	8	3	4	9	2	2
CALLIANDRA_CheFe	CH	3	4	2	0	15	4	0
CALLIANDRA_CheFe	CH	4	11	3	1	5	2	0
CALLIANDRA_CheFe	CH	1	6	0	0	8	0	0
CALLIANDRA_CheFe	CH	2	2	0	0	3	0	0
CALLIANDRA_CheFe	CH	3	11	10	0	9	7	0

Treatment	CH_NO	sample_number	Nb_LeafsA	Nb_podA	Nb_flowerA	Nb_LeafsB	Nb_podB	Nb_flowerB
CALLIANDRA_CheFe	CH	4	13	7	2	18	9	5
CALLIANDRA_CheFe	CH	1	5	3	1	6	3	0
CALLIANDRA_CheFe	CH	2	2	0	0	6	0	0
CALLIANDRA_CheFe	CH	3	11	7	2	9	6	0
CALLIANDRA_CheFe	CH	4	7	6	1	7	5	0
LANTANA	NO	1	5	7	1	1	3	3
LANTANA	NO	2	4	0	0	3	0	0
LANTANA	NO	3	10	10	3	9	4	0
LANTANA	NO	4	9	6	0	10	9	0
LANTANA	NO	1	4	4	0	4	2	0
LANTANA	NO	2	7	6	1	3	5	0
LANTANA	NO	3	12	9	2	10	8	0
LANTANA	NO	4	10	8	2	5	4	0
LANTANA	NO	1	6	10	0	3	3	0
LANTANA	NO	2	7	5	1	6	3	0
LANTANA	NO	3	7	5	1	4	4	0
LANTANA	NO	4	7	8	0	9	4	0
LANTANA_CheFe	CH	1	17	5	8	14	10	2
LANTANA_CheFe	CH	2	8	1	0	10	2	6
LANTANA_CheFe	CH	3	21	12	4	20	15	0
LANTANA_CheFe	CH	4	14	8	2	16	12	0
LANTANA_CheFe	CH	1	16	17	9	15	13	0
LANTANA_CheFe	CH	2	12	8	3	12	6	0
LANTANA_CheFe	CH	3	6	6	0	5	4	0
LANTANA_CheFe	CH	4	6	5	3	7	7	0
LANTANA_CheFe	CH	1	17	4	4	21	10	10
LANTANA_CheFe	CH	2	17	11	3	17	8	2
LANTANA_CheFe	CH	3	8	8	0	6	4	0
LANTANA_CheFe	CH	4	20	10	4	15	16	5

Annexe 2. Données collectées à la récolte

Code	Treatment	CH_NO	Nb_PpodC	Nb_UpodC	Plants_nb	Biomass_production	seed_nb	Seed_weight	Root_Biomass_pp
B1T1T	CONTROL	NO	0	6	8	12,79	0	0	0,30
B1T2T	MANURE	NO	5	1	30	227,65	274	106,87	0,56
B1T3T	CALLIANDRA	NO	1,75	0,75	25	67,96	89	29,63	0,30
B1T4T	LANTANA	NO	3,25	1,25	26	145,81	190	61,54	0,47
B1T5T	CONTROL_CheFe	CH	1	1,33	12	23,49	29	10,73	0,20
B1T6T	MANURE_CheFe	CH	5,75	1	25	498,15	536	227,8	1,92
B1T7T	CALLIANDRA_CheFe	CH	2,25	0,25	13	58,91	48	16,94	0,51
B1T8T	LANTANA_CheFe	CH	7,25	1,75	14	245,37	276	105,87	1,26
B2T1T	CONTROL	NO	0	1	10	8,49	2	0,32	2,17
B2T2T	MANURE	NO	2,75	0,5	27	137,75	175	62,23	0,25
B2T3T	CALLIANDRA	NO	3	0,5	28	86,9	109	36,57	0,24
B2T4T	LANTANA	NO	2,75	1,25	23	129,59	180	59,52	0,39
B2T5T	CONTROL_CheFe	CH	2	0	14	31,25	27	9,79	0,23
B2T6T	MANURE_CheFe	CH	9,25	1,5	21	481,41	589	238,2	1,27
B2T7T	CALLIANDRA_CheFe	CH	4	1,75	17	161,57	161	70,1	0,71
B2T8T	LANTANA_CheFe	CH	5,25	2	23	437,26	521	210,47	1,10
B3T1T	CONTROL	NO			4	1,31	0	0	0,11
B3T2T	MANURE	NO	3	0,25	29	253,29	288	110,69	0,53
B3T3T	CALLIANDRA	NO	0,5	0	20	42,22	44	13,81	0,21
B3T4T	LANTANA	NO	1,75	2,5	28	115,87	118	41,25	0,34
B3T5T	CONTROL_CheFe	CH	0,67	0	20	75,04	74	27,86	0,31
B3T6T	MANURE_CheFe	CH	9	0,25	27	658,26	688	305,58	1,37
B3T7T	CALLIANDRA_CheFe	CH	2,25	2	21	230,89	218	91,12	0,76
B3T8T	LANTANA_CheFe	CH	7,5	1,75	22	402,17	426	163,17	1,06

Annexe 3. Codification employée dans le fichier des résultats de l'essai en champ à Bihunge

code	Signification
C	Témoin (sol seul)
M	Fumier de ferme (de vache)
CAL	Calliandra
L	Lantana camara
CheFe	Sol fertilisé avec des engrais chimique (NPK : 18-46-30)
M_CheFe	Sol fertilisé avec le fumier de vache et de l'engrais chimique NPK 18-46-30
CAL_CheFe	Sol fertilisé avec du compost à base de Calliandra et de l'engrais chimique NPK 18
L_CheFe	Sol fertilisé avec du compost à base de Lantana et de l'engrais chimique NPK 18
NO	Pas d'engrais chimique
CH_NO	Avec engrais chimique
Nb-LeafsA	Nombre de feuilles au 10 janvier 2020
Nb_podA	Nombre de gousses au 10 janvier 2020
Nb_flowerA	Nombre de fleurs au 10 janvier 2020
Nb-LeafsB	Nombre de feuilles au 23 janvier 2020
Nb_podB	Nombre de gousses au 23 janvier 2020
Nb_flowerB	Nombre de fleurs au 23 janvier 2020
Nb_PpodC	Nombre de gousses viables à la récolte càd au 19 février 2020
Nb_UpodC	Nombre de gousses stériles à la récolte càd au 19 février 2020
Plants_nb	Nombre de plants dans parcelle càd dans le traitement
Biomass_production	Biomasse totale (g) dans la parcelle
Root_Biomass	Biomasse racinaire (g) dans la parcelle
seed_nb	Nombre de graines dans la parcelle
Seed_weight	poids de graines (g) dans la parcelle
Biomass_production-pp	Biomasse totale par plant (g)
Root_Biomass_pp	Biomasse racinaire par plant (g)
seed_nb_pp	Nombre de graines par plant
Seed_weight_pp	poids de graines par plant