

Essai comparatif d'inoculation du haricot nain avec rhizobia et champignons mycorhiziens

Par Kahindo Nzalamingi Anselme est

Assistant à l'ISP-Oicha/RD.Congo

Abstract

Two commercial biofertilizers, one based on rhizobia, BIOFIX[®], and the other based on mycorrhizal fungi, RHIZATECH[™], were tested at Babungwe on a ferrallitic forest soil hosting a bean crop for the first time. The result is spectacular. The difference in yield in dry seeds is very highly significant between the control treatment in which bean was not inoculated and the treatments in which the bean was inoculated with BIOFIX[®] on one hand, and with RHIZATECH[™] on the other hand.

Key words : French bean, forest ferrallitic soil, mycorrhizal fungi, rhizobium, BIOFIX[®], RHIZATECH[™]

RESUME

Deux biofertilisants commerciaux, l'un à base de rhizobia, le BIOFIX[®], et l'autre à base de champignons mycorhiziens, le RHIZATECH[™], ont été expérimentés à Babungwe sur un sol ferrallitique forestier accueillant pour la première fois une culture de haricot. Le résultat est spectaculaire. La différence de rendement en graines sèches est très hautement significative entre le témoin qui n'a pas fait l'objet d'inoculation et les traitements où l'on a fait l'inoculation de haricot avec BIOFIX[®] d'une part, et avec RHIZATECH[™] d'autre part.

Mots clés : Haricot nain, sol ferrallitique forestier, champignons mycorhiziens, rhizobium, BIOFIX[®], RHIZATECH[™].

Date of Submission: 10-04-2021

Date of Acceptance: 26-04-2021

I. Introduction

Les terres agricoles de Babungwe en territoire de Mambasa, en République Démocratique du Congo sont caractérisées par la présence de sols ferrallitiques riches en oxyhydroxydes de fer et d'aluminium (JONGEN, 1970), lesquels adsorbent très fortement le phosphore (HINSINGERS, 2001). Les nutriments rétrogradés du fait de leur complexation sont rendus indisponibles pour les plantes. Dans la majorité des cas, ces propriétés qu'ont les oxyhydroxydes de fer et d'aluminium de retenir très fortement les nutriments s'accompagnent aussi d'une pauvreté des sols de culture en azote qui, au même titre que le phosphore, est bien connu comme étant un facteur limitant la production végétales (VANCE et al., 2003). La mise en valeur des sols ferrallitiques nécessite alors des améliorations préalables, pour réduire ces déficiences en phosphore et en azote. Ceci peut se faire à travers des apports directs de ces deux éléments sous formes minérales, ce qui n'est pas envisageable pour les paysans en territoire de Mambasa. Une autre alternative est le recours au processus écologiques d'association plantes-microorganismes existants dans le sol. C'est cette voie que nous explorons dans ce travail où nous comparons à un témoin non inoculé à l'apport de Rhizobium et/ou de mycorhize sur une culture de haricot nain. L'amélioration de la fertilité du sol et de la productivité végétale peuvent s'obtenir en recourant à l'utilisation des rhizobiums fixatrices d'azote –grâce auxquelles on peut, selon MOHAMMANDI et al (2012), obtenir jusqu'à plus de 200 à 300 kilogrammes d'azote par hectare chez certaines légumineuses– et les champignons mycorhiziens.

II. Matériel Et Méthode

Dans cet essai, l'expérimentation porte sur une variété de haricot nain, *haseolus vulgaris*, dénommé localement « Pigeon vert ».

L'essai a été conduit selon un dispositif de blocs aléatoires complets, sur un sol forestier accueillant pour la première fois une culture de haricot, à quatre répétitions. Une répétition comprenait les quatre traitements suivants : semence de haricot sans apport de Rhizobium et de champignon mycorhiziens, semence de haricot inoculée avec une forme commerciale de Rhizobium, BIOFIX[®], plantes de haricot inoculée avec une forme commerciale de champignons mycorhiziens, RHIZATECH[™], et semence de haricot inoculée avec BIOFIX[®] puis les plantes de haricot inoculée avec RHIZATECH[™]. Dans une répétition, un traitement n'a été appliqué que dans une parcelle dont la superficie était de 3mx2m, soit 6 m². Les semis ont été faits aux

écartements de 30cm x 20cm. Dans chaque parcelle nous avons observé le rendement en graines sur 88 plantes sur 155, le reste des plantes constituant la bordure.

Pour l'inoculation de semence haricot avec BIOFIX[®], on procède comme suit :

- Dissolution de 20 g de saccharose dans 300 ml d'eau potable ;
- Pesage 15 kg de semence de haricot ;
- Mouiller aussi uniformément que possible les 15 kg de semence de haricot avec les 300 ml de solution de saccharose ;
- Saupoudrer 100 g de BIOFIX[®] sur la semence ainsi mouillée ;
- Brasser le tout de façon aussi homogène que possible ;
- Puis procéder au semis au plus tôt possible.

Pour l'inoculation de plantes de haricot avec RHIZATECH[™], on a procédé comme suit :

- Dissoudre 667 g de saccharose dans 10 litres d'eau potable ;
- On verse 600 ml de RHIZATECH[™] dans 10 litres de solution sucrée ;
- Utiliser ce mélange pour couvrir un are en arrosant les poquets de plantes de haricot ;
- La dose à l'hectare est d'au moins de 60 litres de RHIZATECH[™].

L'analyse et l'interprétation des observations ont été faites par l'analyse de la variance, modèle croisé mixte, à trois critères de classification : le premier critère est BIOFIX[®], un critère fixe, le deuxième critère, fixe aussi, est RHIZATECH[™], le troisième critère est Blocs, aléatoire.

III. Resultat

Les poids sec des graines des différents traitements sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Poids sec des graines en kg par are : les observations

BIOFIX [®]	RHIZATECH [™]	BLOCS			
		1	2	3	4
NON	NON	7,9	8,2	7,5	8,0
	OUI	11,4	10,8	9,9	11,0
OUI	NON	10,5	9,7	9,3	10,9
	OUI	12,9	13,2	12,8	13,5

L'expérience ainsi planifiée correspond au modèle croisé mixte (2 facteurs fixes, 1 aléatoire) avec n = 1 observation par cellule. On déduit facilement les sommes des carrés des écarts suivantes :

La somme des carrés des écarts totale vaut : $SCE_t = 58,374375$;

La somme des carrés des écarts RHIZATECH[™] vaut : $SCE_{RHIZATECH} = 34,515625$;

La somme des carrés des écarts BIOFIX[®] vaut : $SCE_{BIOFIX} = 20,475625$;

La somme des carrés des écarts BLOCS vaut : $SCE_{BLOCS} = 2,161875$;

Les sommes des carrés des écarts des interactions de deuxième ordre peuvent être calculées à l'aide des sous tableaux suivants.

Tableau 2 : Poids sec des graines en kg par are : interaction BIOFIX[®] et RHIZATECH[™]

RHIZATECH [™]	BIOFIX [®]	
	NON	OUI
NON	31,6	43,1
OUI	40,4	52,4

Le tableau 2 permet de calculer la somme des carrés des écarts de l'interaction BIOFIX[®] * RHIZATECH[™]. Elle vaut : $SCE_{BIOFIX * RHIZATECH} = 0,015625$;

Tableau 3 : Poids sec des graines en kg par are : interaction BIOFIX[®] et BLOCS

RHIZATECH [™]	BLOCS			
	1	2	3	4
NON	18,4	17,9	16,8	18,9
OUI	24,3	24,0	22,7	24,5

La somme des carrés des écarts de l'interaction RHIZATECH[™] * BLOCS peut être déterminée à partir du tableau 3. Elle vaut : $SCE_{RHIZATECH * BLOCS} = 0,341875$;

Tableau 4 : Poids sec des graines en kg par are : interaction BIOFIX[®] et BLOCS

BIOFIX [®]	BLOCS			
	1	2	3	4
NON	19,3	19,0	17,4	19,0
OUI	23,4	22,9	22,1	24,4

La somme des carrés des écarts de l'interaction BIOFIX® * BLOCS se calcule aisément grâce au tableau 4. Elle vaut : $SCE_{\text{BIOFIX}^{\circledast} \text{BLOCS}} = 0,341875$;

En fin, la somme des carrés des écarts de la triple interaction :

BIOFIX® * RHIZATECH™ * BLOCS se déduit par différence. Elle vaut : $SCE_{\text{BIOFIX}^{\circledast} \text{RHIZATECH}^{\text{TM}} \text{BLOCS}} = 0,8323375$.

Ces différentes sommes des carrés des écarts permettent de dresser le tableau 5 de l'analyse de la variance.

Tableau 5 : Poids sec des graines en kg par are : Analyse de la variance

SOURCES DE VARIATION	DDL	SCE	CM	F _{obs}
RHIZATECH™	1	34,5156625	34,515625	3248,53***
BIOFIX®	1	20,475625	20,475625	179,68***
BLOC	3	2,161875	0,720625	Non testable car n = 1
BIOFIX®*RHIZATECH™	1	0,015625	0,015625	0,0383
RHIZATECH™ *BLOCS	3	0,031875	0,010625	Non testable car n = 1
BIOFIX® * BLOCS	3	0,341875	0,1139583	Non testable car n = 1
BIOFIX®* RHIZATECH™*BLOCS	3	0,832337	0,2774457	Non testable car n = 1
Totaux	15	8,374375		

D'après le tableau 5, l'application de BIOFIX® a eu un effet très hautement significatif sur le rendement de haricot. Il en a été de même pour le RHIZATECH™. En plus, on voit que le modèle est additif d'autant plus qu'il y a absence d'interaction entre BIOFIX® et RHIZATECH™.

Aussi, une comparaison des moyennes des traitements BIOFIX® et RHIZATECH™ donne une différence non significative. En effet, la somme des carrés des écarts BIOFIX® versus RHIZATECH™ vaut 0,91125, la somme des carrés des écarts résiduelle étant 2,8075. Le test de Fisher-Snedecor donne : $F_{obs} = 1,95$. Avec $k_1 = 1$ et $k_2 = 6$, on a bien $F_{0,95}(1,6) = 5,99$. La différence n'est donc pas significative.

Il y a cependant lieu de remarquer que l'utilisation conjointe de deux biofertilisants, BIOFIX® et RHIZATECH™, donne un résultat significativement différent à celui obtenu en utilisant les mêmes biofertilisants séparément. En effet, la somme des carrés des écarts associée à une décomposition orthogonale, à laquelle correspond un degré de liberté, entre BIOFIX® et RHIZATECH™ utilisés séparément versus BIOFIX® et RHIZATECH™ utilisés conjointement vaut 18,904. Le test de Fisher-Snedecor donne : $F_{obs} = 54,75$. Avec $k_1 = 1$ et $k_2 = 9$, on a bien $F_{0,999}(1,9) = 22,86$. La différence est donc très hautement significative. Le rendement de l'innoculation était donc supérieur lorsque les deux biofertilisants sont utilisés conjointement que lorsqu'ils étaient utilisés séparément. Il y a eu donc une synergie entre BIOFIX® et RHIZATECH™.

IV. Discussion

RAZAKATIANA (2019), fait remarquer que les plantes cultivées ne devraient nullement être considérées comme des entités autonomes. Leur rhizosphère abrite une grande diversité de microorganismes, surtout des bactéries et des champignons. Du fait que les légumineuses ont des besoins élevés en azote, elles doivent s'associer avec des bactéries spécifiques pour couvrir leur besoin en azote.

Sur un sol forestier récemment mis en culture, les souches spécifiques font souvent défaut. D'où l'importance d'inoculer la semence pour obtenir un bon rendement. Un autre problème couramment rencontré est celui de la non disponibilité des éléments minéraux, bien que présents dans le sol. Une association entre la plante et un champignon, un mycorhize, permet de solubiliser ces éléments et de les mettre à la disposition des plantes cultivées (RAZAKATIANA, 2019).

Le rôle majeur des mycorhizes est le prélèvement et le transport vers la plante des éléments très peu mobiles dans le sol (GOBAT et al., 2010). En fonction du pH du sol, surtout pour des pH bas, ce qui est fréquent pour les sols ferrallitiques, le phosphore se retrouve en grande partie associé au fer, à l'aluminium ou au calcium sous des formes de phosphates difficilement disponibles pour les plantes (HINSINGER, 2001).

L'exploitation d'un plus grand volume de sol et la possibilité de solubilisation des minéraux primaires par les mycorhizes devraient ainsi permettre une meilleure nutrition phosphatée des plantes (GARBAYE, 2013). Cette amélioration de l'acquisition des nutriments inorganiques par les mycorhizes concerne également l'azote, le potassium, le magnésium, le sodium, le soufre, le bore, le brome, le chlore, le cuivre, le chrome, le césium, le cobalt, le fer, le molybdène, le manganèse, le nickel, le silicium et le zinc (SMITH et READ, 1997 ; CARIS et al., 1998 ; DUPONNOIS et BÂ, 1999 ; HE et NARA, 2007).

Les associations mycorhiziennes peuvent jouer un rôle significatif dans la décomposition et la minéralisation des matières organiques végétales et mobiliser les nutriments au bénéfice de la plante hôte (TARAFDAR et RAO, 1997 ; PARE et al., 2000 ; HODGE et al., 2001 ; GOBAT et al., 2010 ; LAMBERS et al., 2008).

Les plantes appartenant à la famille des légumineuses, en association symbiotique avec un rhizobium, sont capables de fixer l'azote de l'air pour compléter ou suppléer l'absorption racinaire d'azote minéral

(VOISIN et al., 2014). Dans cette association, la plante fournit les sucres et l'énergie issus de la photosynthèse au rhizobium. En contrepartie, la plante bénéficie de l'azote minéral assimilable produit par le rhizobium à partir de l'air. Ainsi, les légumineuses sont autonomes en azote et n'ont pas besoin d'engrais azoté minéral pour leur croissance.

D'après HAYMAN (1986), l'influence des mycorhizes sur les légumineuses est potentiellement plus grande que chez les autres groupes des plantes car, en atténuant la contrainte phosphore, les champignons symbiotiques augmentent indirectement l'acquisition de l'azote de la légumineuse. Avec le soja, l'arachide et le pois, le haricot fait partie des légumineuses mycorhiziennes fixatrices d'azote (RAZAKATIANA, 2019). Le fabricant kenyan indique que RHIZATECHTM améliore non seulement l'absorption du phosphore, mais également aussi celle l'azote, du soufre, du calcium, du zinc et du cuivre. Ces affirmations du fabricant s'accordent avec SMITH et READ (1997), CARIS et al. (1998), DUPONNOIS et BÂ (1999) et HE et NARA (2007).

V. Conclusion

Sur les sols ferrallitiques forestières accueillant pour la première fois une culture de haricot de Babungwe, en territoire de Mambasa en République Démocratique du Congo, l'innoculation de semence de haricot par BIOFIX[®], une préparation commerciale à bases des rhizobia, et/ou RHIZATECHTM, une marque déposée contenant des champignons mycorhiziens, a permis d'augmenter le rendement. Le rendement moyen sur les parcelles où la semence n'a pas été inoculée du tout a été de 7,9 kg par are. Par contre, en inoculant la semence de haricot avec BIOFIX[®] ou RHIZATECHTM on a obtenu un rendement moyen de 10,4 kg par are. Par rapport au témoin non inoculé, la différence moyenne était de 2,5 kg par are. Cependant, lorsqu'on utilise conjointement BIOFIX[®] et RHIZATECHTM, on a obtenu un rendement moyen de 13,1 kg par are. La différence de rendement par rapport à l'innoculation avec un seul produit est de 2,46 kg par are, mais elle est de 4,96 kg par are par rapport au témoin non inoculé.

Reference Bibliographique

- [1]. CARIS C., al., 1998, Studies of iron transport by arbuscular mycorrhizal hyphae from soil to peanut and sorghum plants, *Mycorrhiza*, 8 (1), 35-39.
- [2]. DUPONNOIS R. et BÂ A. M., 1999, Growth stimulation of *Acacia manium* Willd by *Pisolithus* sp. in some Senegalese soils, *Forest Ecology and Management*, 119 (1-3), 209-215.
- [3]. GARBAYE J, 2013, L symbiose mycorhizienne : une association entre les plantes et les champignons, Editions Quae.
- [4]. GOBAT J. M., al., 2010, *Le sol vivant : Bases de pédologie, Biologie des sols*, Ed Presses polytechniques, 844p.
- [5]. HAYMAN D. S., 1986, Mycorrhizae of nitrogen-fixing legumes. *MIRCEN journal of applied microbiology and biotechnology*, 2(1), 121-145.
- [6]. HE X. et NARA K., 2007, Element biofortification : can mycorrhizas potentially offer a more effective and sustainable pathway to curb human malnutrition ? *Trends in Plant Science*, 12 (8), 331-333.
- [7]. HINSINGER P., 2001, Bioavailability of soil inorganic P in rhizosphere as affected by root-induced chemical changes : a review, *Plant and Soil*, 237 (2), 173-195.
- [8]. HODGE A., al., 2001, An arbuscular mycorrhizal fungus accelerates decomposition and acquires nitrogen directly from organic material, *Nature*, 413 (6853), 297
- [9]. JONGEN P et al., 1970, *Carte des sols et de la végétation du Congo*, INEAC, vol 26
- [10]. LAMBERS H., et al., 2008, Plant nutrient-acquisition strategies change with soil age, *Trends in ecology & evolution*, 23 (2), 95-103.
- [11]. MOHAMMADI K., et al., 2012, Bacterial biofertilizers for sustainable crop production : a review. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 7, 307-316.
- [12]. PARÉ T. et al., 2000, Mineralization of nitrogen from crop residues and N recovery by maize inoculated with vascular-arbuscular mycorrhizal fungi, *Plant and Soil*, 218 (1-2), 11-20
- [13]. RAZAKATIANA A. T. E., 2019, *Rôle des symbioses mycorhiziennes et bactérienne : biodisponibilité du phosphore et développement des plants de haricot sur des sols ferrallitiques de Madagascar*, Thèse de doctorat, Université d'Antananarivo
- [14]. SMITH S.E. et READ D.J., 1997, *Mycorrhizal symbiosis*, Academic press, 2nd eds. London, 605p
- [15]. TARAFDAR J. C. et RAO A. V., 1997, Mycorrhizal colonization and nutrient concentration of naturally grown plants on gypsum mine in India, *Agriculture, ecosystems & environment*, 61(1), 13-18.
- [16]. VANCE C. P., et al., 2003, Phosphorus acquisition and use : critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New phytologist*, 157 (3), 423-447.
- [17]. VOISIN A.S., et al., 2014, Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe : a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), 361-380.

Par Kahindo Nzalamingi Anselme est. " Essai comparatif d'innoculation du haricot nain avec rhizobia et champignons mycorhiziens ." *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, 23(04), 2021, pp. 66-69.