

Influence du type de sol sur la capacité de nodulation de deux espèces de légumineuses, *Vigna radiata* L.Wilczek et *Vigna unguiculata* L.Walp (Fabaceae)

N'guessan KOUAME*, Jacob N'dri KOUASSI, Koutoua AYOLIE, Joël Koffi YAO
et Justin Kouadio YATTY

Université Jean Lorougnon GUEDE, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, UFR Agroforesterie,
BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

* Correspondance, courriel : maximekouamelma@yahoo.fr

Résumé

L'un des problèmes des sols tropicaux en Afrique est la baisse leur fertilité chimique. Cependant, les légumineuses paraissent comme une alternative pour la restauration de la fertilité du sol du fait de leur capacité à fixer l'azote atmosphérique. Mais cette fixation est limitée par la disponibilité en nutriments et la nature du sol. La présente étude a été conduite afin d'accroître la capacité de nodulation des légumineuses. Les résultats de l'analyse statistique ont montré que le type de sol influence la nodulation. Sur le ferralsol, une hausse de plus de 22 % de nodules par rapport au gleysol a été observée pendant que le poids reste statistiquement identique.

Mots-clés : *légumineuses, bactéries rhizobia, nodulation, type de sol.*

Abstract

Influence of soil type on the nodulation capacity of two legume species, *Vigna radiata* L.Wilczek and *Vigna unguiculata* L.Walp (Fabaceae)

One of the problems in tropical soils is the decline in chemical fertility. However, legumes appear to be an alternative for restoring soil fertility because of their ability to fix atmospheric nitrogen. But this fixation is limited by the availability of nutrients and the nature of the soil. This study was conducted to increase the nodulation capacity of legumes. The results of the statistical analysis showed that the soil type influences nodulation. On ferralsol, an increase of more than 22 % in nodules compared to gleysol was observed while the weight remained statistically identical.

Keywords : *legumes, bacteria rhizobia, nodulation, soil type.*

1. Introduction

La dégradation des sols et particulièrement la baisse de la fertilité chimique due à l'appauvrissement des sols en matière organique, en azote et autres éléments minéraux, est connue de tous les spécialistes comme étant à la base de la chute de productivité agricole en Afrique tropicale [1]. Selon [2], les sols de l'Afrique subsaharienne voient décroître en moyenne annuellement, et par hectare, leur stock d'azote (N) de 22 kg, celui

de phosphore (P) de 2,5 kg et celui de potassium (K) de 15 kg. Par ailleurs, les pratiques culturales rudimentaires acidifient souvent les sols agricoles dans les pays en voie de développement. Pour y faire face, les systèmes agricoles traditionnels utilisent souvent la rotation « jachère-culture de subsistance », pour restaurer la fertilité du sol [3]. Aussi, la fertilisation chimique (engrais azotés) envisagée comme alternative, a permis durant plusieurs décennies, d'augmenter les productions agricoles. Cependant, elle est très souvent inappropriée (coût élevé, destruction de la microfaune du sol, etc). Aussi les nitrates non assimilés, entraînés par les eaux de lessivage des sols, sont à la base de la pollution des nappes phréatiques. De même, les nitrates qui peuvent s'accumuler dans les organes végétaux récoltables tels que les feuilles, les tubercules et les racines sont considérés comme un danger potentiel pour la santé de l'homme [4]. Cet échec des engrais minéraux serait aussi le fait de l'analphabétisme des paysans et des effets dépressifs des adventices sur les cultures. Face à cette situation, il est urgent de développer des techniques de fertilisation rationnelle, efficiente et accessible aux producteurs à moindres coûts et qui permettent d'augmenter la production par unité de surface tout en maintenant la fertilité des sols à long terme. Ceci dans un concept d'une agriculture respectueuse des concepts de durabilité. Parmi d'autres solutions envisageables, les légumineuses paraissent comme une alternative d'intérêt importante du fait de leur capacité d'enrichissement rapide des sols par la fixation d'azote atmosphérique et la production abondante de biomasse végétal. Cette fixation est due à la présence de bactéries appartenant aux rhizobia du sol présentes dans les nodosités de leurs racines. L'objectif principal de cette étude vise à identifier le type de sol permettant d'optimiser la nodulation chez les légumineuses.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel

2-1-1. Site d'étude

La zone d'étude est située dans la région du Haut-Sassandra au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire dans le département de Daloa (**Figure 1**). Le département de Daloa situé entre 6°53'58" de latitude Nord et 6°26'32" W de longitude Ouest. Cette zone est sujette à quatre saisons répartis comme suit : une grande saison des pluies allant d'Avril à mi-Juillet, une petite saison sèche de mi-Juillet à mi-Septembre, une petite saison des pluies de mi-Septembre à Novembre et la grande saison sèche de Décembre à Mars.

2-1-2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de semences de deux espèces de légumineuses herbacées alimentaires. Il s'agit des grains de haricot mungo (*Vigna radiata*) appelé communément soja vert de couleur verte et des grains de niébé (*Vigna unguiculata*) (**Figure 2**).

2-1-3. Matériel édaphique

Deux types de sols de différentes textures ont été utilisés dans cette étude (**Figure 3**). Il s'agit du ferralsol de texture sablo-limoneuse de couleur sombre traduisant une teneur en matière organique importante et un degré de fertilité élevé, une bonne capacité de rétention en eau. Le deuxième type est le gleysol avec une texture sableuse de couleur beige caractéristique d'une teneur en matière organique relativement faible d'où un degré de fertilité inférieure à celui du ferralsol et une capacité de rétention en eau faible.

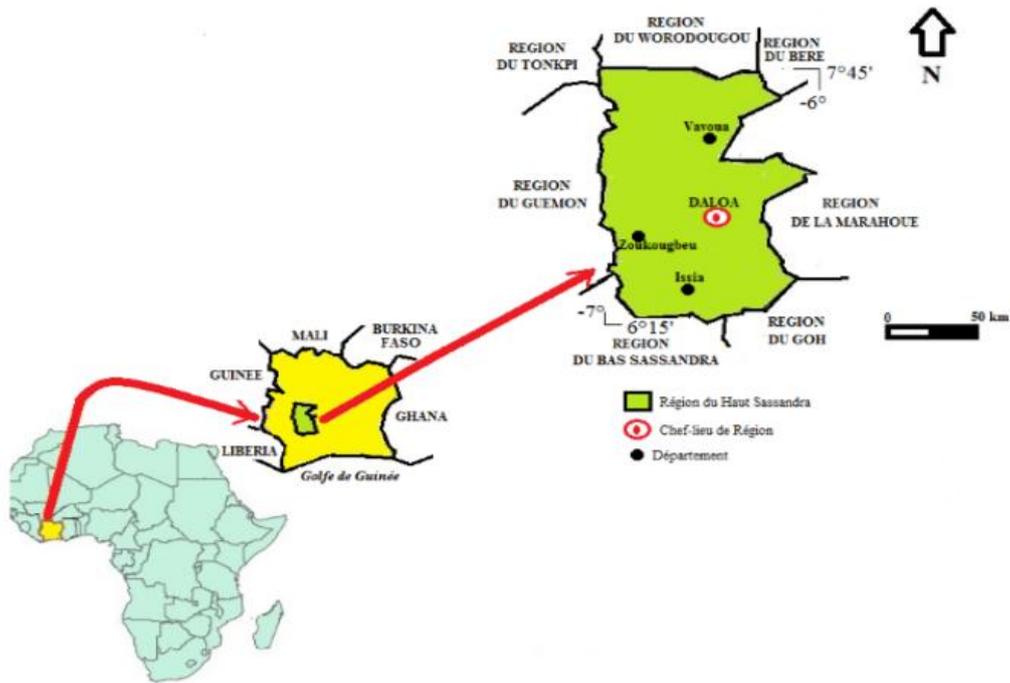


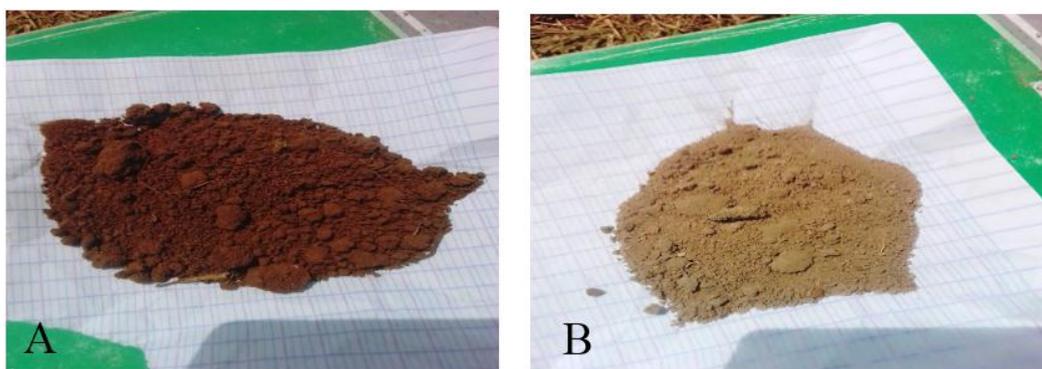
Figure 1 : Localisation de la zone d'étude



A: Semence de *Vigna radiata*

B : Semence de *Vigna unguiculata*

Figure 2 : Semence de deux légumineuses



A: Ferralsol

B: Gleysol

Figure 3 : Sols utilisés pendant l'étude

2-2. Méthodes

2-2-1. Dispositif expérimental

Le champ expérimental a été installé sous forme d'une pépinière couvrant un espace de 12 m². Il était composé de deux blocs. Le premier représentant l'une des espèces et le second bloc représentant l'autre espèce. Au sein de chaque bloc, deux parcelles élémentaires séparées de 0,3 m représentant chaque type de sol. Les deux blocs ont été espacés de 0,5 m. Pour chaque espèce, il est appliqué 6 traitements avec 3 répétitions. L'évaluation de la capacité de nodulation a été faite en considérant deux paramètres après la floraison. Il s'agit du nombre et du poids des nodules. Les mesures ont été effectuées sur toutes les plantes de la pépinière selon le type de sol. Ces données ont été prises environ 55 jours après semis. Le nombre de nodules (NbNod) a été noté pour chaque plante. Le poids des nodules (PoNod) a été également déterminé.

2-2-2. Analyse statistique

Pour chaque variable étudiée (le nombre de nodules, le poids des nodules), les moyennes ont été comparées en prenant en compte les espèces et les types de sol à travers une analyse de la variance à deux facteurs (ANOVA 2). La signification du test a été déterminée en comparant la probabilité (P) associée à la statistique au seuil $\alpha = 0,05$. Lorsqu'une différence significative a été observée entre les caractères, l'ANOVA a été complétée par le test de la Plus Petite Différence Significative (PPDS). La PPDS permet de voir les groupes homogènes, étant donné qu'elle nous situe à quel niveau cette différence significative a lieu. Le logiciel statistique utilisé dans le cadre de ce travail est STATISTICA version 7.1.

3. Résultats et discussion

3-1. Résultats

3-1-1. Comparaison de la nodulation des deux espèces de légumineuses

Les résultats de l'analyse statistique consignés dans le **Tableau 1** n'ont montré aucune différence significative de l'effet espèce sur la capacité de nodulation des légumineuses ($P > 0,05$).

Tableau 1 : Nombre et poids des nodules selon l'espèce de légumineuse

Variables	effets espèces		Paramètres du test	
	Niébé	haricot mungo	F	P
NbNod/plt	62,98 ± 43,15 ^a	75,54 ± 81,42 ^a	1,78	0,18
PoNod/plt (g)	0,94 ± 0,96 ^a	1,01 ± 1,40 ^a	0,15	0,69

NbNod/plt : nombre de nodules par plant, PoNod/plt : Poids des nodules par plant, NB : Les valeurs sur les lignes suivies de même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de la Plus Petite Différence Significative (PPDS) à 5 % de probabilité.

3-1-2. Influence du type de sol sur la capacité de nodulation des deux espèces

Le nombre moyen de nodules varie en fonction du type de sol (**Tableau 2**). L'analyse statistique indique une différence significative du type de sol sur le nombre de nodules ($P < 0,05$). Le nombre de nodules moyen observé au niveau du ferralsol (**Figure 3B**) s'est distingué de celui du gleysol par une augmentation de 22,44 %. Cependant, aucune différence significative concernant le poids des nodules.

Tableau 2 : Nombre et poids des nodules selon le type de sol

Variables	Effet du type de sol		Test statistique	
	Ferralsol	gleysol	F	P
NbNod/plt	80,48 ± 70,52 ^a	58,04 ± 57,8 ^b	5,81	0,016
PoNod/plt (g)	0,93 ± 1,23 ^c	1,01 ± 1,14 ^c	0,19	0,65

NbNod/plt : nombre de nodules par plant, *PoNod/plt* : Poids des nodules par plant, *NB* : Les valeurs sur les lignes suivis de même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de la Plus Petite Différence Significative (PPDS) à 5 % de probabilité.

3-1-3. Influence de l'interaction espèces-type de sol sur la nodulation du haricot mungo (*Vigna radiata*) et du niébé (*Vigna unguiculata*)

Les données obtenues après analyse statistique ont permis de montrer l'effet significatif de l'interaction espèce-sol sur le nombre de nodules ($p < 0,05$). La moyenne du nombre de nodules la plus élevée a été obtenue avec l'interaction ferralsol-haricot mungo (94,39) alors que la plus faible valeur a été obtenue avec l'interaction gleysol-haricot mungo. Cependant, aucune différence significative n'a été observée en ce qui concerne le poids des nodules ($p > 0,05$) comme le présente le **Tableau 3**.

Tableau 3 : Nombre et poids des nodules selon le type de sol et l'espèce de légumineuse

	Ferralsol		gleysol		paramètres du test	
	haricot mungo	niébé	haricot mungo	niébé	F	P
NbNod/plt	94,39 ± 87,08 ^a	66,58 ± 87,08 ^b	56,68 ± 71,33 ^c	59,39 ± 40,7 ^c	7,36	0,007
PoNod/plt (g)	1,02 ± 1,49 ^a	1,00 ± 1,49 ^a	0,99 ± 1,32 ^a	0,88 ± 0,93 ^a	0,05	0,82

NbNod : nombre de nodules, *PoNod* : Poids des nodules, *plt* : plant, *NB* : Les valeurs sur les lignes suivis de même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de la Plus Petite Différence Significative (PPDS) à 5 % de probabilité

3-2. Discussion

Les résultats des travaux effectués montrent que le nombre de nodules et le poids des nodules ne dépendent pas des espèces de légumineuses cultivées. En effet, la capacité de nodulation des légumineuses reste constante d'une espèce à une autre. Ces résultats sont contradictoires à ceux de [5] qui ont montré que le nombre de nodules observé au niveau du soja était significativement différent de celui du niébé. Les variations pourraient probablement s'expliquer par la fertilité native du sol [6], les souches indigènes de rhizobia et les techniques culturales [7]. Cela pourrait également s'expliquer par la différence au niveau de la phénologie et les besoins des deux espèces. Une étude similaire menée sur quatre espèces de légumineuses (*Medicago ruthenica*, *Medicago sativa*, *Medicago falcata*, *Lespedeza daurica*) par [8] sous serre a montré que le nombre de nodules et leurs poids variaient d'une espèce à une autre avec des différences hautement significatives. Cette différence serait liée aux conditions abiotiques du milieu de culture telles que la température et l'eau. Nos résultats portant sur l'effet du type de sol sur les paramètres de la nodulation ont montré que le nombre de nodules est affecté par la typologie du sol. En revanche, le poids des nodules n'a pas été impacté par le substrat. Cette influence sur le nombre des nodules pourrait s'expliquer par le fait que la croissance des nodules est facilement influencée par l'environnement du sol, en particulier les propriétés physiques du sol plutôt que par l'infection rhizobienne de la plante hôte [9]. Ces différentes variations découleraient également du degré de fertilité de ces sols notamment la teneur en matières organiques, la

différence de l'activité microbienne. Des travaux menés en Tanzanie par [10] corroborent nos affirmations quant au nombre de nodules. En effet, des expérimentations effectuées sur trois sols à différentes textures (sableux, limoneux et argileux) ont montré une variation du nombre de nodules. Par contre leurs résultats diffèrent des nôtres en ce qui concerne le poids des nodules. Selon ces auteurs, le type de sol affecte significativement le poids des nodules. Cette divergence serait attribuée à la morphologie des nodules (taille, forme) obtenus par plant et l'efficacité des souches de rhizobia. D'autres expériences réalisées au Japon sur deux sols à propriétés physiques différentes (la perméabilité à l'air et le régime hydrique) sur le soja ont montré que le nombre de nodules au 35^{ème} jour après semis était différent ainsi que le poids des nodules [9]. Ces résultats controversés quant aux poids des nodules seraient dus aux dates de collectes des données et à un retard de l'infection racinaire. En effet, un retard de l'infection de la plante par la bactérie pourrait engendrer des nodules de petite taille. Il est intéressant de noter que l'infection par les rhizobia des plants n'était pas inhibée même lorsque les conditions physiques du sol n'étaient pas favorables.

4. Conclusion

Il ressort de cette étude que la capacité de nodulation de *Vigna radiata* et *Vigna unguiculata* est quasiment identique, ce qui traduit l'abondance des souches de rhizobiums capables d'exprimer une grande affinité à ces deux espèces de légumineuses. En outre, cette étude montre la variation de la fixation symbiotique sur différents types de sol. Sur le ferralsol, le potentiel des légumineuses à noduler est élevé par rapport au gleysol.

Références

- [1] - R. K. KASONGO, E. VAN RANST, P. KANYANKOGOTE, A. VERDOODT & G. BAERT, Réponse du soja (*Glycine max*) à l'application de phosphate de Kanzi et de dolomie rose de Kimpese sur sol sableux en RD Congo. *Can. J. Soil Sci.*, 92 (2012) 905 - 916
- [2] - P. A. SANCHEZ, Soil fertility and hunger in Africa. *Science*, 295 (2002) 2019 - 2020
- [3] - C. FLORET & R. PONTANIER, La jachère en Afrique tropicale. Rôle, Aménagement, Alternatives. Vol 1, Actes de séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999. U.E., CORAF, IRD. Edition John Libbey Eurotext, Paris, (2000) 777 p.
- [4] - JF. MOROT-GAUDRY, Assimilation de l'azote chez les plantes. Aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Institut National de la Recherche Agronomique, (1997) 254 p.
- [5] - A. MUHAMMAD, A. U. DIKKO, M. AUDU & A. SINGH, Comparative Effects of Cowpea and Soybean Genotypes on N₂ - Fixation and N-Balance in Sokoto Dry Sub-Humid Agro-Ecological Zone of Nigeria. *Nigerian Journal of Basic and Applied Science*, 18 (2) (2010) 297 - 303
- [6] - N. SANGINGA, K. DASHIELL, J. A. OKOGUN & G. THOTTAPPILLY, Nitrogen and N Contribution by promiscuous nodulating soybeans in the southern guinea savanna of Nigeria. *Plant and Soil*, 195 (1997) 257 - 266
- [7] - O. O. OKOGUN, N. SANGINGA, R. ABAIDOO, K. E. DASHIELL & J. DIELS, On-farm evaluation of biological nitrogen fixation potential and grain yield of Lablab and two soybean varieties in the northern Guinea savanna of Nigeria. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 73 (2005) 265 - 275
- [8] - Q. LI, Y. SONG, G. LI, P. WANG & D. ZHOU, Grass-legume impact soil N, species recruitment, and productivity in temperate steppe grassland. *Plant and soil*, 394 (2015) 271 - 285
- [9] - T. SATO, Y. KANETA, N. FURUTA, H. KOBAYASHI, H. SHINDO, T. OTA & A. SATO, Effect of soil physical properties on soybean nodulation and N₂ fixation at the early growth stage in heavy soil field in Hachirougata Polder, Japan, *Soil Science and Plant Nutrition*, 49 : 5 (2003) 695 - 702
- [10] - G. P. MSUMALI & A. K. JUDITH, Bean Nodulation Patterns in Soils of Different Texture at Morogoro, Tanzania. *Tanzania J. Agric. Sc.*, 1 (2) (1998) 181 - 186