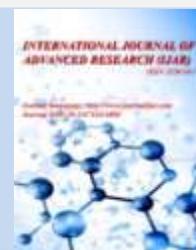




Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/22470
DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/22470>



RESEARCH ARTICLE

EFFET DE L'INOCULUM MYCORRHIZIEN DE SYNTHÈSE ISSU DES SOUCHES FONGIQUES ENDOGENES DES SOLS D'AZAGUIE, SUD-EST DE LA COTE D'IVOIRE, SUR LES PARAMETRES DE CROISSANCE DUBANANIER PLANTAIN (MUSA PARADISIACA) SOUS ABRI DE CULTURE

A.J. Bongoua-Devisme¹, E.B. Bolou Bi¹ and D. JB. Ettien^{1,2}

1. Université Felix Houphouët-Boigny, Laboratoire des Sciences du sol, de l'Eau et des Géomatériaux, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

2. Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire, 01 BP1303 Abidjan 01.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 14 October 2025

Final Accepted: 16 November 2025

Published: December 2025

Key words:-

Côte d'Ivoire, Azaguie, Soil,
Mycorrhizae, Inoculum, host plants,
Banana.

Abstract

Effect of synthetic mycorrhizal inoculum from endogenous fungal strains of Azaguie soils on the growth parameters of plantain (*Musa paradisiaca*) under crop shelter Symbiotic microorganisms of the soil, in this case mycorrhizal fungi, are a major asset for plants in general, and crops in particular. Indeed, scientific innovations in recent decades suggest that mycorrhizal fungi are likely to protect plants from biotic and abiotic stress and increase agricultural productivity. The aim of this study was to assess the mycorrhizal potential of banana. Plantain was inoculated with endogenous fungal strains derived from host plants grown on Azaguie soil, in a controlled environment in trays (1 m*50 cm) containing soil and root samples taken in the field and on which sorghum, maize and cowpea seeds had been sown respectively. After eight weeks of host plant culture, densities, spore diversity, intensity and root infection were assessed. These inocula were then tested on banana plants in a greenhouse nursery, also for eight weeks. The results showed the presence of viable spores in the culture soil capable of infecting host plants. Similarly, a sporulation density of 20.48 spores. g⁻¹ of soil was determined, revealing maize and sorghum as specific host plants to stimulate spore production compared with cowpea. However, the frequency of mycorrhization intensity revealed no significant differences between the trapping systems. The plantain inoculation test was positive, with an average degree of dependence of no more than 15%. The use of mycorrhizae as biofertilisers could therefore be a promising way of improving plantain productivity in the Azaguie area and the rest of Côte d'Ivoire.

"© 2025 by the Author(s). Published by IJAR under CC BY 4.0. Unrestricted use allowed with credit to the author."

Corresponding Author:- A.J. Bongoua-Devisme

Address:- Université Felix Houphouët-Boigny, Laboratoire des Sciences du sol, de l'Eau et des Géomatériaux, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

Introduction:-

La banane plantain constitue la troisième culture vivrière en Côte d'Ivoire, après l'igname et le manioc, avec une production locale annuelle de 1,42 millions de tonnes (Kouame et al., 2014). En Afrique en générale et en Côte d'Ivoire en particulier, la banane est un produit alimentaire de grande consommation locale. Elle constitue aussi une source de revenus importante, d'emplois et de recettes d'exportation (Kouame et al., 2014). Les travaux portant sur la culture bananière en Côte d'Ivoire indiquent le rôle central du type de sol dans la productivité de cette culture annuelle. L'étude des relations entre le sol et la plante, principalement la nutrition minérale des plantes, semble décisive pour analyser le potentiel de production des bananiers sur lequel l'acidité du sol agit comme un facteur limitant. Ainsi, lorsque le pH du sol baisse suffisamment pour atteindre la valeur de 4, les ions de fer et d'aluminium libres fixent alors les ions phosphates dans la solution du sol, provoquant une déficience en phosphore dans ces sols. De ce fait, pour augmenter le taux de phosphore assimilable et maintenir le niveau de productivité des bananeraies, les paysans ont recours à un apport externe d'engrais chimique. Cependant, ces intrants ne sont pas toujours accessibles aux petits producteurs et les résultats agricoles sont mitigés (Kotchi et al., 2010). Une alternative pour améliorer la fertilité des sols et la croissance des plantes est la valorisation de symbioses naturelles existant entre les plantes et les microorganismes. Dans ce contexte agroécologique, les symbioses mycorhiziennes constituent une option à explorer. Les mycorhizes à arbuscules sont les formes les plus répandues de mycorhizes. Leur importance a été mise en évidence à travers de nombreuses études (N'doye et al., 2016 ; Redon, 2010 ; Fogainet al., 2005)

L'objectif de cette étude est d'évaluer le potentiel mycorhizien d'inoculum de synthèse issu du sol de la localité d'Azagui sur la culture de banane plantain.

Matériel Et Methodes:-

Site expérimental et sols

La culture et synthèse de l'inoculum est faite sous ombrière de culture à partir de sol provenant du site expérimental d'Azagui (Figure 1)

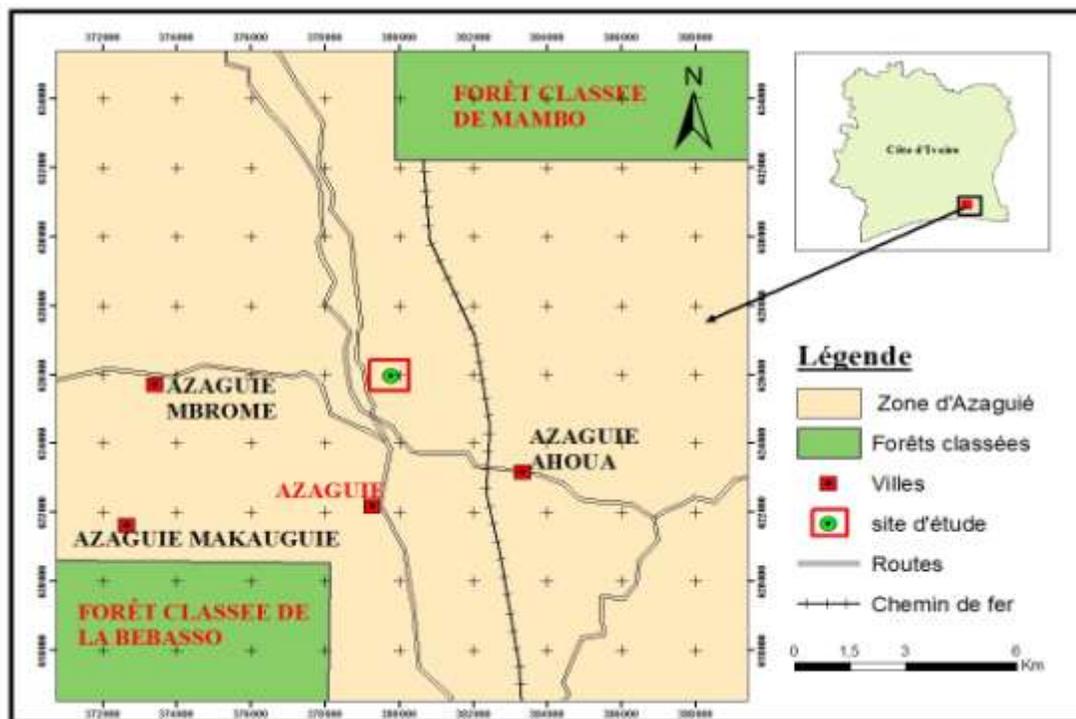


Figure 1. Zone d'étude

localitesituee au Sud-est de la Cote d'Ivoire entre les latitudes 5°33 et 6°15 Nord, les longitudes 3°57 et 4°90 Ouest (Figure 2), avec des sols de type Ferralsols (Hyperdystric à Dystric) (WRB,2016).



Figure 2 : Echantillonnage du sol sur le site experimental dans la profondeur de 0-20 cm à l'aide d'une tarière Edelman

Materiels:-

Le materiel biologiqueestconstitue de racinesmycorhizees et de rhizosphère de plantes hotes à savoir le maïs(ZeamaysL.), le sorgho(Sorghumvulgare) et le niebe(Vignaunguiculata)fournis par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA).

Methodes:-

Production de l'inoculum

Les graines de maïs, de sorgho et de niebestertilisees et pregermeesontetesemees dans des bacs (L 1m ; l 0,5m) contenant trois types de substrats de culture prealablementsterilises à l'etuve pendant 24h à 105 °C. Cessubstrats de culture sontcomposesrespectivement de bas en haut, d'une couche de 10 cm d'epaisseur du melange sol d'Azaguie et sable fin, d'une couche de 5 cm d'epaisseur de sold'Azaguieuniquementpuis'd'une couche de 5 cm d'epaisseur du melange sol d'Azaguie et sable fin(Figure 3).



Figure 3 : Culture de l'inoculum à partir des plantes hotesA(ZeamaysL.),B(Sorghumvulgare),C (Vignaunguiculata)

Trois mois après leur culture (figure 2), ces plantes hotesontete mis sous stress afin de stimuler le potentiemycorhizien des racines. Les racinesonteterecoltees, coloreespuisobserveesselon la methodedecrite par Trouvelot et al., (1986) pour evaluer la frequence et l'intensite de mycorhization.

Cesracinesmycorhizeesonteterecoltees, decoupeesen fragments d'environ 1cm,sechees à la temperatureambiante et melangees au sol de rhizosphère pour constituerl'inoculum.

Mise en place de l'essai

L'essai a consiste à cultiversous abri de culture, des rejets de plantain dans des pots contenant 4kg de substrat de culture (melange sol, sable et gravillon). Vingt (20) grammes d'inoculumonteteapportes dans les pots des traitementsinocules.Le dispositifexperimentalutiliseest de type randomise simple (Figure 4).



Figure 4 : Essai d'Inoculation des bananiers en pots

Ce dispositifestcompose de 5 traitements (quatre traitementsinocules et un temoin non inocule) et chaquetraitement a eterepete 3 fois. Les traitementssont les suivants: N (inocule avec la souche issue de racine de niebe) ; S (inocule avec la souche issue des racines de sorgho) ; M (inocule avec la souche issue des racines de maïs) ; S M N (inocule avec les souches issues des trois racines) et NI (temoin non inocule). Les rejetsontete bi-quotidiennementarroses à l'eauidistillee (100ml/pot) pendant trois mois.

Pour estimer la reponse du bananier à l'inoculationmycorhizienne, la hauteur, la circonference du pseudo tronc, nombre de feuilles et la surface foliaire des plants ontetesmesuresquotidiennement.

La hauteur estdeterminee à partir du substratjusqu'à la dernierefeuille, la circonferenceestprise à 3 cm du substrat, tandis que la surface foliaireen cm^2 estcalculeepar la formule:

L (longueur) x l (largeur) X 0,8 (Tsaneet al., 2005).

Au terme de l'essai, le taux de mycorhization a eteevalue. Les racines, eclairciespuiscoloreesonteteobservees à la loupe binoculaire, afin'devaluer la frequence (F) et l'intensite (I) de la mycorhizationselon la methode de Trouvelotet al. (1986).

Analyses statistiques

Les donnees collectees des differentsparametresontetesoumises à une analyse de variance (ANOVA). Les moyennes de chaque variable ontetecompareesenutilisant le test de Newman-Keuls au seuil de significativite ($P < 0,05$) par le logiciel SAS, XLSTAT.503.

Resultats:-

Potentiemycorhizien des sols

L'etude des moyennes des frequences de mycorhizationracinaire des plantes hotes a montre que cesfrequencesontsuperieures à 70 %, quel que soit le systeme de piegeage. L'ANOVA n'areveleaucunedifference significative au seuil de 5 % Test de Newman-Keuls ($p = 0,6313$) entre les frequences de mycorhization des plantes

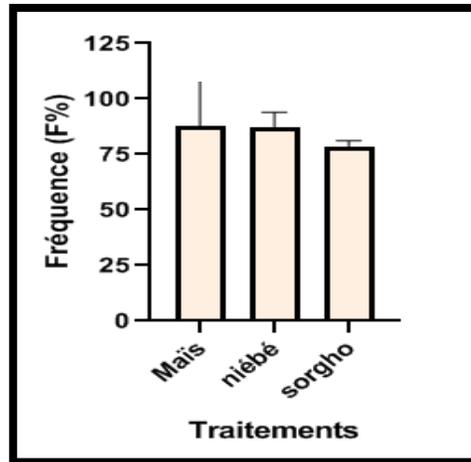


Figure 5 : Fréquence de mycorhization des plantes hotes

Les barres sont les moyennes de 3 lames de racines. Les valeurs de barres avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ANOVA Test de Newman-Keuls.

hotes (Figure 4). La fréquence de mycorhization (F%) moyenne des racines de niebeest de $87,44 \pm 6,54\%$ avec un taux de 80 à 92,31 %, celle du maïsindiqueunemoyenne de $87,88 \pm 21\%$ et un taux de 63,64 à 100 % ; quant à celle du sorgho, ellevarie de 75 à 80 % avec unemoyenne de $78,33 \pm 2,89\%$. Ces estimations ontétérealisees sur un ensemble de 30 fragments de racinesobservees par lame mince.

Intensite de mycorhization (M%)

L'analysestatistique a montre que l'intensite de mycorhization de la quasi-totalite des plantes hotes ne depasse pas 50 % (Figure 6).

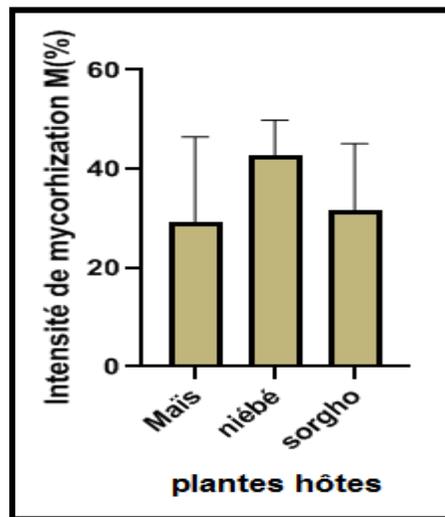


Figure 6 : Intensite de la mycorhization des plantes hotes

Les barres sont les moyennes de 3 lames de racines. Les valeurs de barres avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ANOVA test de Newman-Keuls

De même, l'analyse statistique ne montre pas de différence significative ($p = 0,4647$ Test de Newman-Keuls) entre les intensités de mycorhization des plantes hôtes. L'intensité de la mycorhization (M%) moyenne des racines du maïs est de $29,33 \pm 17,11$. Elle varie de 9,64 à 40,50 % sur un ensemble de 30 fragments racinaires observés. Pour le niébe la colonisation indique une intensité moyenne de $42,68 \pm 7,14$ %, variant de 37,60 à 50,85 %. Le sorgho a présente une intensité de mycorhization variant de 22,58 à 47,10 % avec une valeur moyenne de $31,66 \pm 13,44$ % sur l'ensemble des 30 fragments observés.

Identification microscopique des structures fongiques

L'observation des lames minces au microscope a montré une infection mycorhizienne des racines caractérisée par la présence de plusieurs structures fongiques (vésicules, des hyphes, des arbuscules). Les racines de maïs, étaient marquées de vésicules au sein des cellules corticales de la racine, avec des hyphes et des arbuscules moins représentés (Figure 7A). Sur les racines de sorgho, les vésicules ont été moins observées. Aussi une abondance d'hyphes colonisant la presque-totalité de la racine a été observée (Figure 7 B).

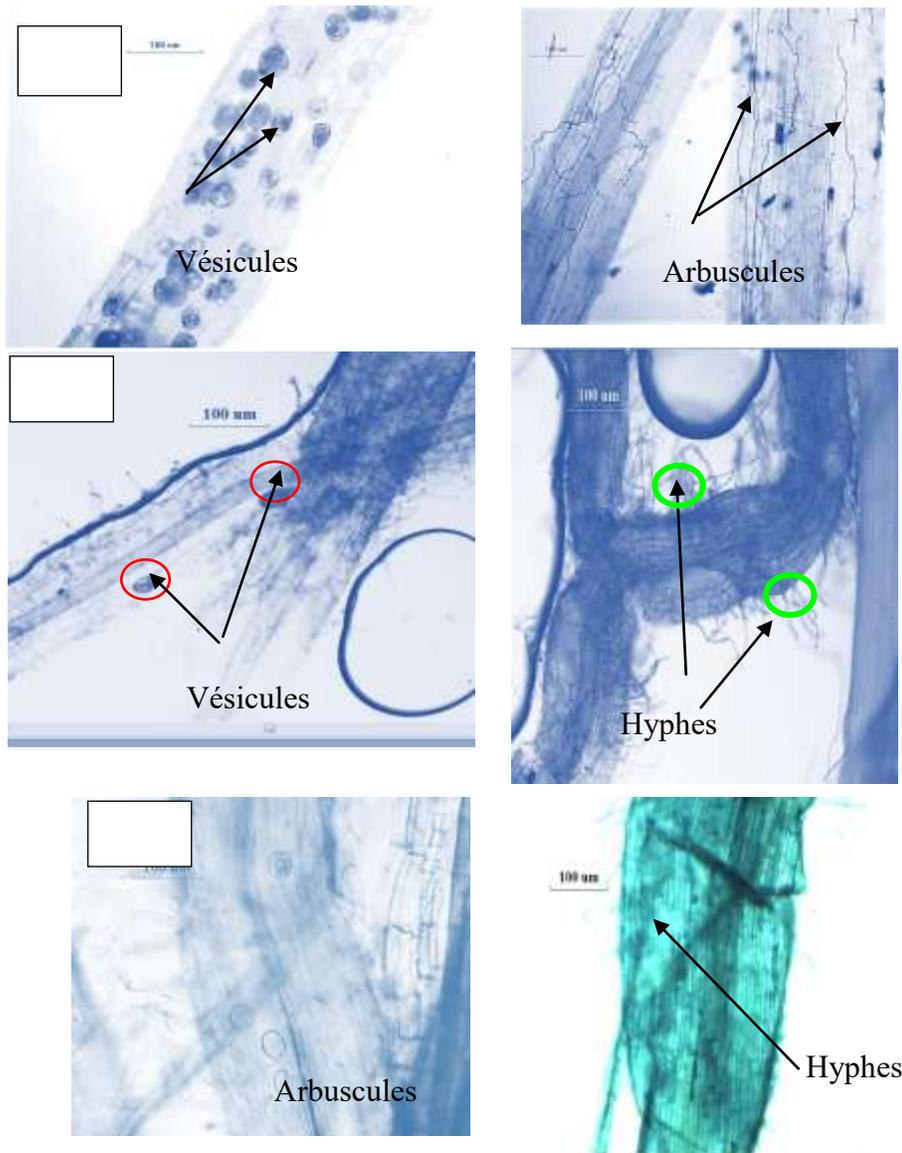


Figure 7 : Structures fongiques observées sur les racines de maïs (A), de sorgho (B) et niébe (C) au microscope optique (grossissement X 600)

Enfin, sur les racines de niébe, l'observation microscopique a révélé que toutes les cellules contiennent des arbuscules plus ou moins développées, il existe une forme claire de vésicule peu marquée au niveau des fragments examinés (Figure 7 C).

Effet de l'inoculation sur les paramètres de croissance du bananier

Les paramètres de croissance (hauteur, nombre de feuilles, circonférence, surface foliaire, poids frais et poids sec) montrent que les plants de bananiers inoculés ont une croissance significativement plus élevée que les plants non inoculés (Tableau I). Cependant, pour les paramètres tels que la surface foliaire, le nombre de feuilles et le poids sec de la partie aérienne, aucune différence significative n'a été observée entre les différents traitements.

L'analyse de la biomasse aérienne, de la hauteur, du nombre de feuilles et de la circonférence des plants de plantain a montré une amélioration de tous les paramètres de croissance grâce à l'inoculation, avec ou non une différence significative par rapport aux témoins.

Effet de l'inoculation sur la mycorhization du bananier

L'observation des racines de bananiers après inoculation a mis en évidence l'infection mycorhizienne des racines par les CMA. Cela a été traduit par la présence de plusieurs structures fongiques principalement des vésicules et des hyphes (Figure 8).

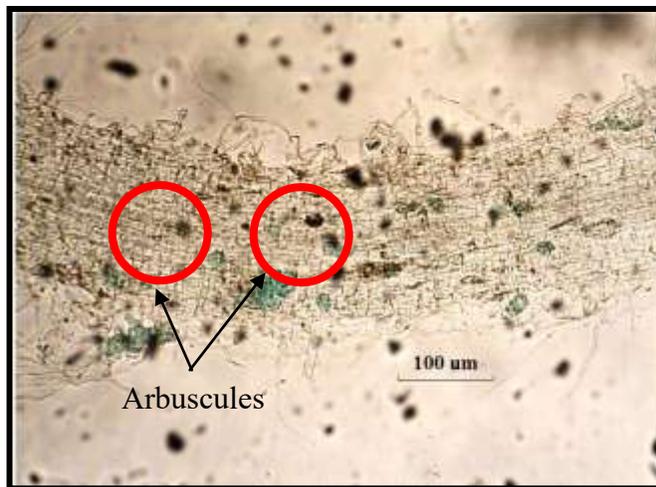


Figure 8 : Observation des mycorhizes colonisant les racines de bananiers inoculées au microscope électronique (grossissement X 600)

De même, les paramètres de mycorhization ont été évalués et consignés dans le tableau ci-après (Tableau II).

L'étude de corrélation entre les paramètres de mycorhization des inoculés et les paramètres de croissance des plants de bananiers montre une corrélation positive entre les paramètres de croissance du bananier et l'intensité de mycorhization. À l'inverse, on note une corrélation négative entre la teneur des arbuscules et l'intensité de mycorhization (Tableau III).

Une meilleure croissance des bananiers inoculés a été observée sous les traitements à base de racines de niébe et ceux à base de racines de sorgho par rapport aux traitements avec les racines de maïs. Il en a été de même pour le taux d'infection des racines.

Discussion:-

Efficiéce de la mycorhization des plantes hotes

L'essai a montré que le sol d'Azaguie, contient des CMA capables de s'associer aux racines des trois plantes hotes (maïs, niébe et sorgho) testées. L'évaluation de l'efficiéce de la mycorhization racinaire des plantes hotes à partir de la fréquence et l'intensité indique une légère différence entre les traitements, différence bien marquée chez le niébe. Cette forte intensité de mycorhization du niébe pourrait être liée à la présence de nodules dans les racines. Cette synergie entre les rhizobium et les mycorhizes favoriserait l'infection racinaire des CMA (Haro et al., 2012). Aussi, la majorité des spores extraites du sol d'Azaguie appartiendrait au genre *Glomus* du fait de

leur diamètre inférieur ou égal à 150 µm (Danesh et al., 2016). Ce résultat est corroboré par les travaux Cardoso et Kuyper, (2006) et Haougui et al., (2013) qui ont observé majoritairement des spores du genre *Glomus* les sols des forêts tropicales. Par ailleurs, la sporulation supérieure observée chez le maïs et le sorgho par rapport au niébe pourrait provenir d'une saturation plus précoce des racines fasciculées du maïs et du sorgho induisant une sporulation plus élevée, alors que chez les légumineuses comme le niébe le système racinaire n'explorera pas un plus vaste volume du sol pour établir la symbiose si le milieu est déjà riche en éléments nutritifs (Diatta et al., 2013; Fogain, 2005).

Intérêt de la présence des champignons indigènes

L'observation microscopique des racines des plantes pièges a révélé une forte colonisation des champignons, indigènes grâce à la présence des structures fongiques caractéristiques comme les vésicules, les arbuscules et les hyphes dans les racines. Les résultats de la fréquence de mycorhizations sont similaires aux résultats de Malick et al., (2015); Ndoye et al., (2016) avec le maïs (Zeamay), de Gnamkoulamba et al., (2018) avec le sorgho et Haro et al., (2012) avec le niébe tant que plante piège de CMA indigènes pour la production d'inoculum. Cette forte colonisation peut en partie s'expliquer par la pauvreté en phosphore du substrat de culture. En effet, la faible teneur en phosphore dans le sol induit une forte dépendance mycorhizienne chez la plante (Fogain, 2005).

Effet de l'inoculation sur le bananier

L'infection racinaire des jeunes plants de plantain par l'inoculum de synthèse favoriserait la nutrition minérale et hydrique des plants par les CMA, d'où l'impact de cette mycorhization sur les paramètres de croissance du bananier (Bousselmame et al., 2003). La croissance efficace des plants inoculés par rapport à ceux non inoculés serait due à l'activité des mycorhizes. De même, la richesse des racines de niébe en arbuscules, hyphes extra racinaires et en rhizobies expliquerait les meilleurs résultats observés chez les plants de bananier inoculés avec les racines de cette plante hôte. Ce constat est d'autant plus pertinent que l'action combinée des CMA et des bactéries du genre *Rhizobium* qui sont une potentielle source d'azote, favorise la minéralisation des nutriments, tels que le phosphore, grâce à des phosphatases, qui permettent d'augmenter le phosphore disponible pour la plante (Rivaton, 2017). En outre, la très courte période d'essai sur le bananier (8 semaines) expliquerait le faible taux de colonisation observé dans cette étude car selon Emar et al. (2018), l'effet de l'inoculation n'est perceptible et marque sur le bananier qu'à partir de 20 semaines de culture.

Conclusion:-

Les résultats obtenus dans cette étude ont montré que le piégeage des souches fongiques issues des plantes hôtes (maïs, niébe et sorgho), induit des paramètres de mycorhization très élevés pour la production de l'inoculum fongique. Aussi, l'inoculation a-t-elle montré un effet significatif sur la croissance des plants inoculés. Les résultats de ces travaux suggèrent également que les types de champignons mycorhiziens dans les sols acides d'Azaguie appartiendraient au genre *Glomus* sp. Cependant, l'identification et le calcul du nombre précis de spores de CMA doit être faite pour une évaluation exhaustive du potentiel mycorhizien de ces sols acides de la région. Il est donc indispensable de poursuivre cette investigation pour mieux identifier les CMA et leur nombre pour compléter l'étude, afin de parachever la caractérisation des CMA et de leurs effets sur la libération du fer et du phosphore assimilable dans les sols acides, au bénéfice de la nutrition minérale optimale du bananier plantain.

Remerciements :-

Les auteurs de cette étude remercient chaleureusement la structure de formation d'Azaguie (Institut des Nouvelles techniques Agricoles) qui a bien voulu abriter ce projet en mettant à disposition le matériel.

Ils remercient également l'équipe de microbiologie de la Filière Pédologie et Agriculture Durable de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR STRM) de l'Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan en Côte d'Ivoire pour l'équipement mis à disposition pour les manipulations expérimentales au laboratoire.

References Bibliographiques:-

1. Bolou-Bi B. E., N'Guetta K.A., Gnimassoun K. E.G, Ettien D. JB 2023. Plantain mycorrhization with native consortium of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) induce solubilisation of metals (Fe²⁺ and Al³⁺) in soil from Azaguie (south-east of Côte d'Ivoire). *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* Vol. 124 No. 1, pp.47–56.

2. Bousselmame F., Kenny, L., et Achouri M. (2003). Effet des mycorhizes à vésicules et arbuscules sur la croissance et la nutrition de l'arganier (*Arganiaspinosa* L.). *Actes Institut Agronomique*, 22(4), pp. 193–198.
3. Cardoso I. M., et Kuyper T. W. (2006). Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (116), pp. 72–84.
4. Danesh Y. R., Najafi S., et Demir S. (2016). Using in vitro culturing technique for studying life cycle of arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) *glomus intraradices*. *YYU J AGR SCI*, 26(2), pp. 161–167.
5. Diatta M. B., Manzo O. L., Roger P., Diouf M., et Diop T. (2013). Effets de l'inoculation mycorhizienne sur le sésame (*Sesamum indicum* L.) en conditions naturelles. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(October), pp. 2050–2057.
6. Emara H. A., Nower, A., HMZA E., Saad M., et Shaib F. EL. (2018). Role of Mycorrhiza as Biofertilization of Banana Grand Naine on Nursery Stage. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 7(10), pp. 805–814.
7. Fogain R, G Tsane, R Achard, J Foko. 2005. Impact de la mycorhization arbusculaire sur la croissance de vitroplants de plantain, testée sur des sols de fertilité différente en conditions contrôlées au Cameroun. *Fruits*, 2005, vol. 60, p. 303–309.
8. Haougui A., Souniabe P. S., Doumma A., et Adam T. (2013). Evolution des populations des champignons endomycorhiziens sur les adventices de quatre sites maraîchers de la région de Maradi au Niger. *International journal of biological and chemical sciences*, 7(April), pp. 554–565.
9. Haro H., Sanon K. B., Diop I., Kane A., Dianda M., Hounnandan P., et Traore A. (2012). Réponse à l'inoculation mycorhizienne de quatre variétés de niébe [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] cultivées au Burkina Faso et au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6 (October), pp. 2097–2112.
10. Kouame N., ACKA E. D., Nogbou E. A., et ABO P. A. (2014). Étude de la croissance du bananier plantain (*Musa* sp., AAB, cultivar Corne 1) dans les régions de Yamoussoukro et Azaguie (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 76(ISSN 1997–5902), pp. 6411–6424.
11. Laminou M. O., Ibrahim, D., Campanella B., et Paul R. (2009). Effets de l'inoculation mycorhizienne du substrat sur la croissance et la résistance au stress hydrique de cinq espèces fixatrices de dunes : *Acacia raddiana* Savi ; *Acacia nilotica* (L.) Willd. Ex Del. var. *adansonii* ; *Acacia senegal* (L.) Willd ; *Prosopis chilensis* Stunz. et *Bauhinia rufescens* Lam... *Geo-Eco-Trop.*, 33, pp. 115–124.
12. Malick L. E. H., Malick N., Macoumba D., et Tahir, D. (2015). Étude comparative de l'effet de souches de champignons mycorhiziens arbusculaires sur la croissance et la nutrition minérale du sésame cultivé au Sénégal. *African Crop Science Journal*, 23(3), pp. 211–219.
13. Ndoye F., Diedhiou A. G., Gueye M., Fall, D., et Barnaud A. (2016). Réponse du fonio blanc (*Digitaria exilis* Stapf) à l'inoculation avec des champignons mycorhiziens à arbuscules en conditions semi-contrôlées. *Journal of Applied Biosciences*, 103, pp. 9784–9799.
14. Redon P.O. (2009). Rôle de champignons mycorhiziens à arbuscules dans le transfert du cadmium (Cd) du sol à la luzerne (*Medicago truncatula*). Thèse, université de Nancy, 205p.
15. Trouvelot A., Kough J.L. et Gianinazzi-Pearson V., (1986). Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire : Aspects physiologiques et génétiques des mycorhizes. *INERA* (ed.), Dijon, France. pp. 217 – 221.