

Utilisation de bactéries à activités PGPR pour l'amélioration de la croissance et le rendement de la tomate

Djénéba Nantoumé^{1*}, Amadou Hamadoun Babana¹, Amadou Hamadoun Dicko¹, Adounigna Kassogue¹, Djénéba Ouattara¹, Bintou Diarra¹, Ibrahima Mallé¹, Bakaye Doumbia¹, Rokiatou Fané¹, Sognan Dao¹, Ousmane Diarra¹, Salimatou Samake¹.

¹Laboratoire de Recherche en Microbiologie et Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences, des techniques et des Technologies de Bamako, Bamako, Mali BPE : 3206

*Email : djeneba.nantoume@yahoo.fr

RESUME : La culture de la tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) au Mali est confrontée à des multiples contraintes de nature diverses qui réduisent fortement leur rendement. Des Bactéries rhizosphériques et endophytiques solubilisant le phosphore ont été : (i) isolées des sols rhizosphériques et des racines de tomate, (ii) sélectionnées en fonction de leurs capacités à Favoriser la Croissance des Plantes (FCP) ou Plant Growth Promoting (PGP). Des graines de tomates inoculées avec ces isolats et cultivées en serres ont montré que ces isolats étaient capables d'améliorer la vigueur des plants, le développement végétatif et racinaire. De mêmes ces isolats ont permis d'augmenter de manière significative le poids des fruits des plants inoculés comparativement aux plants témoins non inoculés.

Mots clés : Bactéries, PGPR, tomate, croissance, production, endophytes.

INTRODUCTION

La tomate est l'un des légumes le plus consommé au Mali, cultivée dans les zones péri-urbaines de Bamako et dans certaines régions. Mais ces dernières années, il a été constaté une baisse du taux de production causée par plusieurs contraintes de nature diverses qui réduisent fortement le rendement. Parmi ces contraintes les principales contraintes au Mali sont la carence des sols agricoles en éléments nutritifs (N, K et P), liée principalement à la surexploitation des sols [1] et à l'utilisation abusive des intrants agricoles ; le ravitaillement inadéquat en nutriments [2] et les dégâts multiples causés par les insectes et maladies pouvant détruire jusqu'à 100 % de la production [3] (Dolo, 2004).

Plusieurs travaux ont été réalisés pour minimiser les baisses de production des cultures par utilisation des RFCP avec succès à travers le monde, pour améliorer la nutrition minérale des plantes ; protéger les cultures contre les pathogènes ; stimuler la croissance de la plante ; augmenter la production agricole tout en étendant une bonne alternative contre

l'utilisation abusive des engrais chimiques [4] ; [1] ; [5] ; [6].

La présente étude de recherche s'inscrit dans le cadre de l'utilisation des rhizobactéries à activité FCP pour améliorer la croissance et le rendement de la tomate dans une démarche de développement durable.

MATERIEL ET METHODES

Isolement et présélection

Le prélèvement de 100 g de sol rhizosphérique et des racines de tomate a été fait en détarrant quelques plants de tomate dans des champs à Baguineda.

-Pour isoler les rhizobactéries, 10 g de chaque échantillon de sol rhizosphérique ont été dilués dans 90 ml d'eau distillée stérile. Après homogénéisation des dilutions décimales de 10^{-1} à 10^{-5} ont été réalisées à partir de la solution mère. 0,1 ml de chaque dilution décimale a étéensemencé en surface sur le milieu pivoskaya contenu dans les boîtes de Pétri. Deux répétitions ont été réalisées pour chaque dilution. Les boîtes de Pétri ont été ensuite incubées à 37°C pendant 72 heures. Les colonies présentant des halos

transparents autour ont été sélectionnées et purifiées en respectant les méthodes décrites par [7] ; [8] ; [9].

-Dans le but d'isoler les endophytes de la tomate, 10 g de racines découpées en morceaux ont été pesées et désinfectées à la surface avec de l'éthanol à 70% pendant 5 minutes, suivi d'un traitement avec NaClO (10%) pendant 1 minute puis d'un rinçage à 5 reprises avec de l'eau distillée stérile comme l'indiquée dans la méthode décrite par [9].

Les racines aseptisées ont été broyées dans 90 ml d'eau physiologique stérile.

A partir de cette solution mère de broyats, des dilutions décimales ont été réalisées et ensemencées dans les boîtes de Pétri contenant le milieu Pivovskaya avec le tri calcium phosphate comme seule source de phosphore. Après incubation à 30°C pendant 5 jours, les colonies identifiées comme solubilisant le phosphore ont été sélectionnées et purifiées comme décrit par [8] ; [7].

Après incubation, les colonies présentant des halos clairs tout autour de leur zone de croissance ont été présélectionnées et purifiées.

Caractérisation des isolats

Les isolats ainsi présélectionnés ont été caractérisés par trois tests tels que la caractérisation macroscopique (couleur, aspect), microbiologique (mobilité, Gram) selon les méthodes décrites par [9] ; [11].

Sélection des bactéries favorisant la croissance des plantes au laboratoire

Pour la sélection des isolats pouvant favoriser la croissance des plantes, des différents tests sur leur activité Biostimulant biofertilisation et Biocontrol ont été effectués

Solubilisation du phosphore

La sélection des isolats capables de solubiliser efficacement le phosphore a été effectuée selon la méthode de [8] ; [7] pour ce faire, les isolats ont été ensemencés sur le milieu Pivovskaya agar et incubés à 28° C pendant 7 à 14 jours. Les colonies bactériennes solubilisant le phosphore ont été identifiées par la présence d'une zone claire autour de la surface de croissance.

Production d'Acide Indole-3-Acétique (AIA)

Le milieu solide Luria-Bertani (LB) se composant comme suite pour un litre 1L d'eau distillée, 20g de Tryptone, 5g extrait de levure, 5g de NaCl, 15g d'agar et enrichi avec 1,02g du tryptophane ont été utilisés comme décrit par [12]. Après avoir coulé le milieu dans les boîtes de Pétri, elles ont été inoculées en déposant les isolats au centre de la boîte à l'aide d'une anse stérile. Après ensemencement les membranes de nitrocellulose ont été déposées sur le milieu LB inoculé. Les boîtes de Pétri ont été incubées en position inversée à 28°C, le temps nécessaire pour que les colonies atteignent un diamètre de 2 mm. Un papier Watmann de 9 cm, imprégné de 2,5 ml de solution de Salkowski (2ml de 0,5 M de FeCl₃ et 98ml 35% d'acide perchlorique) a été placé dans le couvercle. Les membranes de nitrocellulose dont les colonies montrent une bonne croissance, ont été déposées sur le papier filtre imprégné du réactif de Salkowski. Les bactéries qui synthétisent l'AIA ont été identifiées par la formation d'un halo rouge autour de la colonie.

Production de sidérophores sur milieu solide

La production de sidérophores a été effectuée selon la méthode de [13] qui a consisté à ensemencer le milieu King B solide (20g de peptone, 1,5 g de dipotassium phosphate, 1,5 g de magnésium sulfate et 15g d'agar) avec un spot de 2 µl de la culture bactérienne et incubé à 30°C pendant 48 heures. Après croissance, 15 ml de milieu de culture composé de la gélose d'agarose à 0,9% et du Chrome

Azurol S (CAS) (60,5mg/50ml d.w de chrome azurol S, 72,9mg/40ml d.w et 0,9% d'agarose) ont été coulés sur la culture bactérienne. Après contact de quelques heures, un changement de couleur du vert-bleu à l'orange apparaît autour de la colonie productrice des sidérophores. Le changement de couleur est dû au transfert des ions ferriques du CAS vers les sidérophores.

Activité antimicrobienne

Activité antibactérienne

L'activité antibactérienne des isolats a été déterminée par une méthode simple qui a consisté à faire un ensemencement en masse décrite par [9]. Pour cela, le milieu gélose nutritif a été coulé sur 1 ml de suspension de la bactérie pathogène (*Ralstonia solanacearum*). Après solidification, les rhizobactéries ont été déposées en surface à l'aide d'un emporte-pièce. Les diamètres de zones d'inhibition observées après incubation de 48 h à 72 h ont été mesurés.

Activité antifongique

La méthode décrite par [14] modifiée a été utilisée en remplaçant le papier Whatman par des halots faites par l'emporte-pièce. La culture du champignon a été faite sur le milieu Potato Dextrose Agar (PDA) et incubée pendant 7 jours à la température ambiante.

Après ces 7 jours d'incubation l'inoculation par dépôt d'isolat fongique (*Alternaria solani*) et bactérienne à tester ont été faites côte à côte dans une même boîte de Pétri contenant le milieu Bennett à l'aide d'un emporte-pièce.

Ces boîtes de Pétri ont été incubées pendant 6 jours et les appréciations ont été noté sur l'apparition des halos de lyse, l'inhibition de la croissance ou la résistance à l'isolat fongique des différents isolats.

Production de la chitinase

La production de la chitinase a été déterminée sur un milieu minimal contenant de la chitine. La formation d'halos clairs autour des colonies après 5 jours

d'incubation à 30° C indique une production de chitinase.

Production de la cellulase

La méthode de [15] a été utilisée pour ce faire le milieu minimal contenant Carboxy Methyl Cellulose (CMC), a été utilisé pour tester le pouvoir hydrolytique par production de cellulases. Le développement d'un halo clair autour des colonies indique une réaction positive.

Germination in vitro

Préparation de l'inoculum

Les isolats, ont été cultivés dans 200 ml de milieu Nutrient broth et mis sous agitation pendant 72 h pour l'actinomycète et 48 h pour les autres bactéries à la température ambiante du laboratoire. La culture a été récoltée par centrifugation à 10000 rpm/15mn pour séparer le culot du surnageant.

L'inoculum a été ajusté à une densité optique d'une longueur d'onde de 600 nm (DO à 0,1), correspondant à 1.10^8 bactéries/ml.

Aseptisation et enrobages des graines de tomate

Les graines de tomate **Roma VF** ont été utilisées. Avant leur inoculation, les graines ont été aseptisées par la méthode modifiée de [16], en les plaçant dans de l'alcool éthylique 70% pendant 2 min, ensuite dans de l'eau de javel 10% pendant 15 mn, enfin elles ont été lavées à 4 reprises avec de l'eau distillée stérile et laissées sécher sous la hotte.

Ces graines ont été enrobées selon la méthode modifiée de [9]. Vingt (20) grammes de semences de tomate ont été enrobés dans un mélange de 1 ml de solution adhésive de gomme arabique à 2% et de 1 ml d'inocula à tester pour chaque traitement.

Les graines ainsi enrobées ont été séchées sous une hotte pendant quelques heures avant leur semis dans les pots.

Test de germination des graines in Vitro

Des essais de germination ont été effectués par la méthode de la serviette en papier décrite par [17]

modifiée qui a consisté à faire pousser des graines sur du papier filtre imbibé d'eau distillée stérile. Chaque isolat a été utilisé pour inoculer 20 graines et déposé à la température de la pièce environ 28° C à l'abri de la lumière.

L'humidité des papiers a été suivie chaque jour jusqu'à 7 jours. Au 7^{ème} jour le taux de germination, la longueur des racines et la taille des pousses ont été mesurés pour déterminer l'indice de vigueur avec la formule suivante :

Indice de Vigueur = (longueur moyenne des racines + longueur moyenne des pousses) × % de germination.

Culture en serre

Les graines ont été désinfectées et enrobées par les inoculums comme décrite ci-dessus. Après avoir effectué les trois premières étapes (préparation de l'inoculum désinfection et l'enrobage des graines).

Dispositif expérimental adopté et analyse des données

Le bloc de Fisher a été utilisé avec 3 répétitions pour chacun des traitements (13 au total dont le témoin). Pour l'analyse des données le test de Bartlett a été utilisé pour vérifier l'homogénéité de la variance des données collectées. Toutes les données non homogènes ont été transformées avant analyse. L'analyse de la variance (ANOVA) a été utilisée pour analyser les données. Chaque fois que le F calculé a été significatif, le test de la plus petite différence significative de Fisher protégé a été utilisé pour comparer les moyennes.

RESULTATS ET DISCUSSION Isolement et sélection des souches au laboratoire

L'analyse des échantillons de sols rhizosphériques et des racines de tomate ont permis d'isoler et de purifier plusieurs bactéries de différentes caractéristiques macroscopiques (**Figure 1**). Selon leur capacité à solubiliser le phosphore 8 isolats ont été présélectionnés et caractérisés (**Tableau 1**).

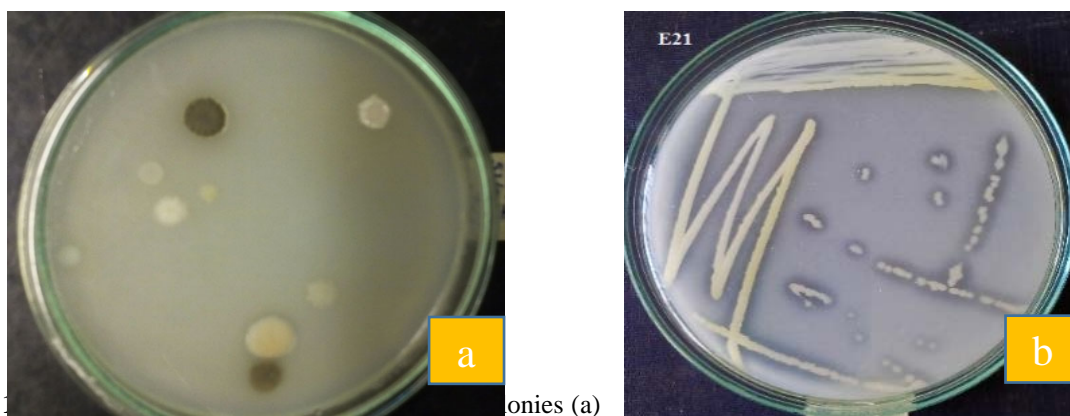


Figure 1 : Colonies (a) et un isolat purifier (b) de la tomate.

Au total douze (12) isolats dont huit (8) nouvellement isolés (E11, E12, E14, E15, E21, E22, R3, R22) et quatre isolats (AHD, O19, OP3, OP6)

obtenus de la collection du Laborem-Biotech ont été sélectionnés pour leur fort pouvoir de solubilisation de phosphore.

Tableau 1 : Gram, solubilisation du phosphore, couleur et mobilité d'isolats bactériens de différents types, provenant de différentes origines et de différents sites.

Isolats	Type	Origine	SITE	Gram	KOH	SP(TCP)	couleur	Mobilité
E11	Endophyte	Tomate	Baguineda	-	+	+++	Jaune	+
E12	Endophyte	Tomate	Baguineda	+	-	+++	Jaune	+
E14	Endophyte	Tomate	Baguineda	+	-	+	Blanche	+
E15	Endophyte	Tomate	Baguineda	+	-	+++	Jaune	+
E21	Endophyte	Tomate	Baguineda	-	+	+	Jaune	+
E22	Endophyte	Tomate	Baguineda	+	-	+++	Jaune	+
R3	Rhizosphérique	Tomate	Baguineda	+	-	+	Jaune	+
R22	Rhizosphérique	Tomate	Baguineda	-	+	+	Jaune	+
AHD	Rhizosphérique	Maïs	Badalabougou	-	+	++	Blanche	+
O19	Rhizosphérique	Oignon	Baguineda	+	-	+++	Crémé	-
OP3	Endophyte	Blé	Diré	+	-	++	Jaune	+
OP6	Endophyte	Blé	Diré	+	-	+	Jaune	-

SP : Solubilisation du phosphore : +++ (Très efficace) ; ++ (efficace) ; + (peu efficace) et - (non efficace)

Pour Gram et KOH : + (positif), - (négatif) et Pour Mobilité : + (mobile), - (immobile)

Ce **tableau 1** illustre que tous les isolats sont tous mobiles à l'exception de deux (OP6, O19) et seulement quatre sont Gram négatifs. Tous les isolats ont montré une zone claire autour de la colonie montrant leur capacité à solubiliser le phosphore (TCP).

Sélection au laboratoire des rhizobactéries et endophytes FCP.

Solubilisation du phosphore par les isolats testés.

L'ensemble des isolats testés solubilisent le phosphore à des degrés différents (**figure 2a**). Il ressort clairement de l'analyse des données consignées dans le tableau 1, que les endophytes de la tomate solubilisent plus efficacement le tri-calcium phosphate (TCP) et les plus efficaces ont été : E11, E12, E15 et E22. Cependant, seul l'isolat O19 était capable de solubiliser le phosphate naturel de Tilemsi (PNT) (**tableau 2**).

Production de l'AIA

C'est seulement trois isolats nouvellement sélectionnés (E14, E15, R3) qui produisent de l'acide indole-3-acétique en faible quantité par un changement légère de couleur du jaune vers le rouge comparé au témoin (**figure 2b**). Trois sur les quatre

isolats provenant du LaboREM, (OP3, OP6 et O19) produisent de l'AIA et cela en faible quantité (**Tableau 2**).

Production du siderophore

Les isolats qui ont pu croître sur milieu solide CAS en produisant des halos de couleur orange très foncée, dénotent qu'ils produisent du sidérophore en grande quantité (**figure 2c**).

Les isolats (R3, AHD et O19) produisent du sidérophore mais en quantité plus faible que les autres isolats.

Production de composés antimicrobiens par les isolats testés

Aucun des isolats de la tomate (rhizobactéries et endophytes) n'a montré une activité chitinolytique (**tableau 2**). Contrairement aux isolats de la tomate, les isolats OP3 et OP6 provenant de la collection microbienne du LaboREM ont montré une forte activité chitinolytique (**tableau 2**). L'analyse des données consignées dans le tableau 2 montre que tous les isolats issus de la collection du LaboREM produisent de la cellulase en faible quantité et seuls 4 isolats de la tomate sur les 8 étaient capables de la produire mais à des concentrations différentes.

Certains isolats produisent des composés antimicrobiens nécessaires pour le contrôle des

les isolats de la tomate secrètent très peu ou pas de composés antifongiques (**tableau 2**). Les différents

Isolats	E11	E12	E14	E15	E21	E22	R3	R22	AHD	OP3	OP6	O19
Solubilisation du phosphore (TCP)	+++	+++	+	+++	+	+	+	+++	++	+	+	+++
Solubilisation du phosphore (PNT)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Production de l'AIA	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+
Production du sidérophore	+++	+++	+++	++	++	+++	+	+++	+	++	+++	+
Production de chitinase	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++	+
production de cellulase	-	-	-	+++	++	-	+	++	++	+	+	-
Activité antibactérienne	+++	++	-	+	++	-	+	±	±	++	+++	+
Activité antifongique	±	-	±	±	±	±	-	-	-	+	+++	+

pathogènes (**figure 3a et 3b**).

A part les isolats E14 et E22, tous les autres produisent des composés antibactériens, à des degrés différents. Contrairement aux isolats du LaboREM,

résultats sont des différents tests effectués au laboratoire sont consigné dans le **Tableau 2** ci-dessous.

Tableau 2 : Production de composés favorisant la croissance et le rendement des plantes par les isolats testés

+++ (Très efficace) ; ++ (efficace) ; + (peu efficace) ; ± (résistante) et - (non efficace)

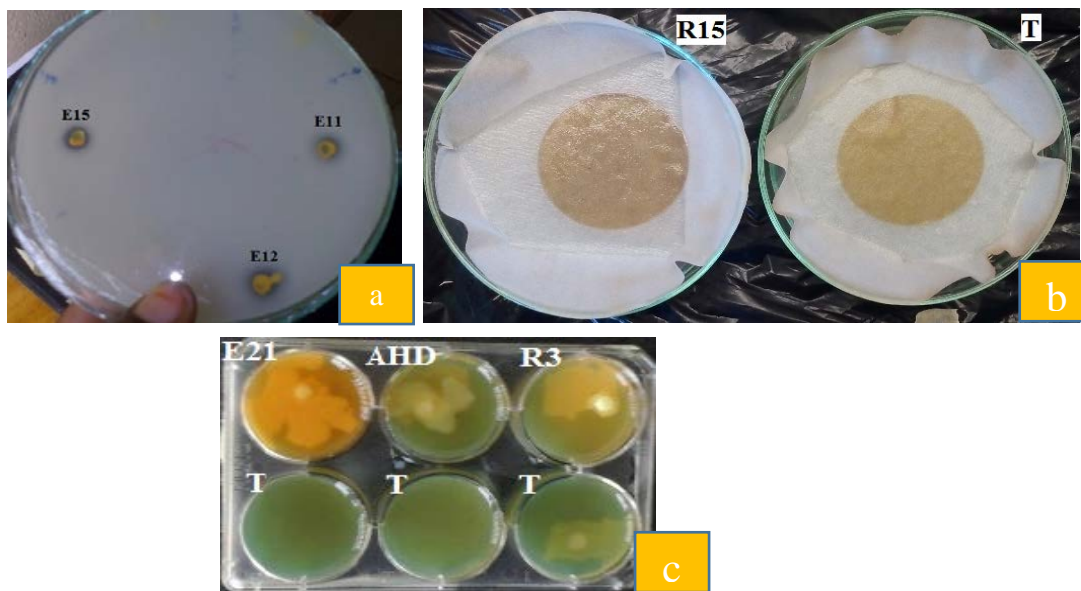


Figure 2 : Aperçu sur les tests faits au laboratoire concernant les capacités des isolats à solubiliser le phosphore (a), produire de l'AIA (b) et produire du sidérophore (c).

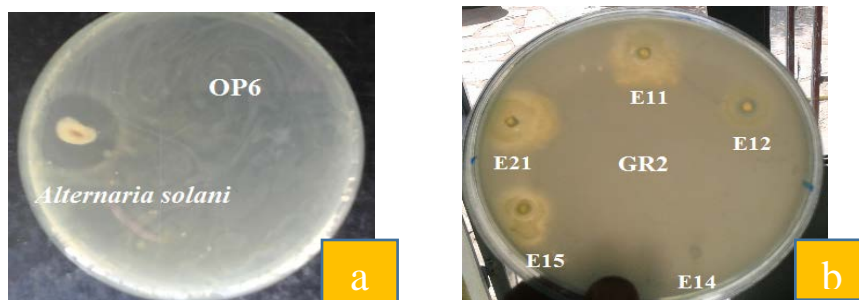


Figure 3: Activité antifongique de l'isolat OP6 sur *Alternaria solani* (a) et antibactérienne des isolats de la tomate sur *Ralstonia solanacearum* GR2 (b).

La germination in vitro

L'analyse des données après les 7 jours les jeunes plants inoculés avec l'isolat E14 après 7 jours ont été les plus vigoureux avec 23%. Ils sont suivis de ceux inoculés avec les isolats OP6, 019, E22 et AHD avec respectivement (21% ; 20% ; 20% et 18%). Parmi les plants inoculés, les moins vigoureux ont été obtenus avec l'isolat E12 avec seulement 5% de plus que les

témoins non inoculés. Concernant la longueur des pousses le meilleur résultat a été obtenu avec isolat E14 avec 24% et pour la longueur de la partie racinaire c'est l'isolat O19 avec 56% comparé au témoin.

Une forte corrélation a été observée entre l'indice de vigueur et la longueur des racines.

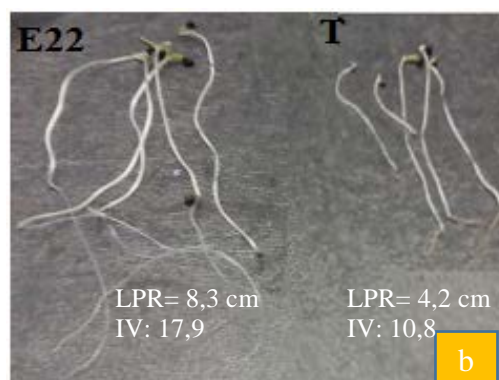
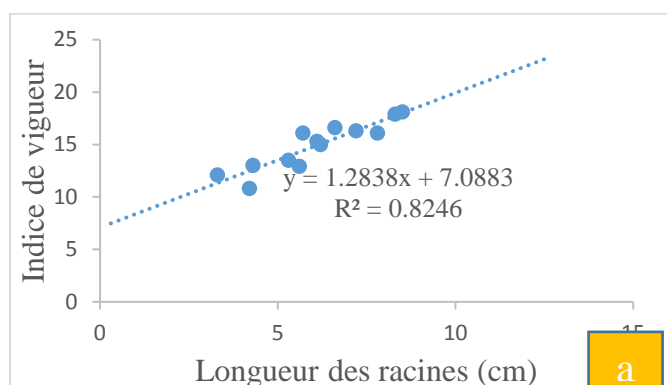


Figure 4: Corrélation entre l'indice de vigueur et la longueur des racines des jeunes plants (a) et des plants inoculés avec l'isolat E22 comparés à ceux des plants témoins non inoculés (b).

Sélection en serre des rhizobactéries et endophytes

Les mesures ont été faites chaque 15 jours pendant 5 mois et au cours de l'évolution des plants dans la

serre (**Figure 5**). A la fin de l'expérience le poids de la partie fraîche et sèche des parties racinaire, aérienne et des fruits ont été collectés (**Figure 6a et 6b**).

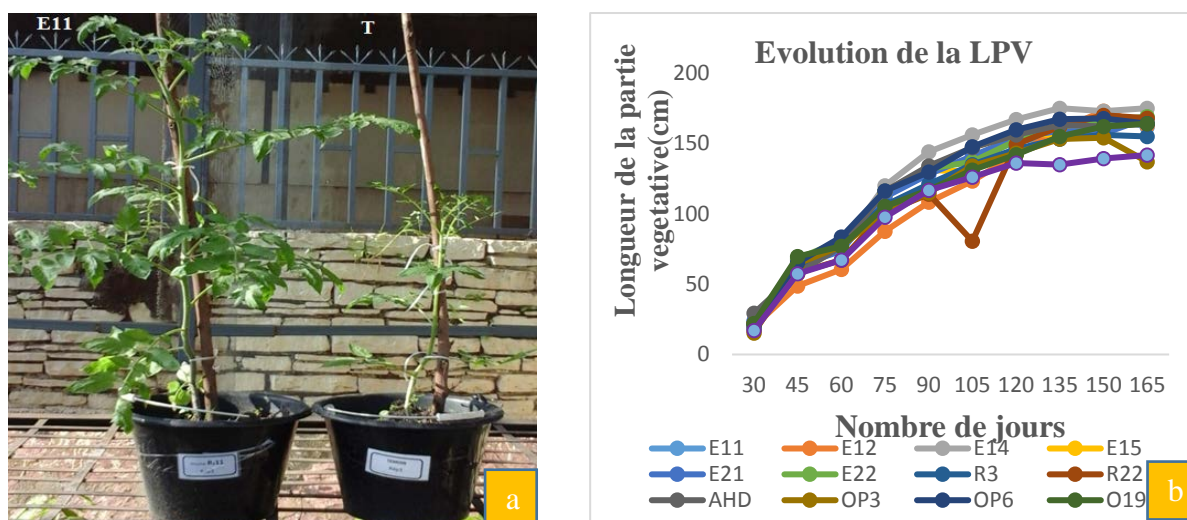


Figure 5 : Plant inoculé avec l'isolat E11 comparé au témoin au 45^{ème} jour (a) et l'évolution des plants dans la serre en fonction du temps (b).

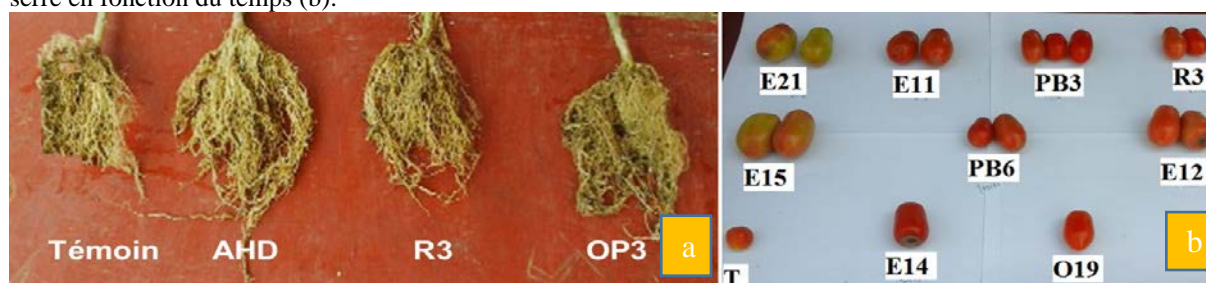


Figure 6 : Amélioration de la croissance des racines (a), de la qualité et du poids des fruits de tomate par les différents isolats (b) comparativement au témoin non inoculé.

Des différences significatives ont été observées sur le rendement en poids de la partie racinaire fraîches des plants inoculés et les meilleures valeurs ont été obtenues avec les isolats OP3, E22 et R3 avec respectivement 30%, 29% et 26% de plus que le témoin non inoculé. Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par [18] avec l'inoculation de *Pseudomonas fluorescens* 92rk, seul ou co-inoculé avec P190r, donnant une augmentation du poids de la partie végétative fraîche de 11,36% pour le *pseudomonas* et une augmentation de la colonisation des racines de la tomate comparées aux témoins non inoculés. Nos résultats sont légèrement supérieurs à ceux de [19] qui ont obtenu des résultats démontrant le potentiel des fertilisants à base des inoculums de RFCP dans la culture en serre de la tomate avec une augmentation visible de la surface foliaire pour les plants traités et une augmentation d'environ 15 % du poids frais total par rapport au témoin non inoculé. Une amélioration du poids des fruits a été observée

avec une augmentation de 2,5% à 25% pour les inoculés par rapport aux témoins non inoculés. Ceci est en accord avec les résultats de [20] qui ont obtenu une augmentation du rendement en fruits de 22% comparé au témoin.

Les résultats satisfaisants, obtenus au cours de nos travaux peuvent être expliqués par : (i) la capacité de certains isolats à produire des phytohormones, à solubiliser le phosphore, (ii) la richesse en phosphore assimilable du terreau utilisé (support) et (iii) les conditions environnementales (température, maladies).

CONCLUSION

Ce travail soutient que l'inoculation des graines de tomate (ROMA VF) avec RFCP augmente la croissance et le rendement de la tomate malgré la présence des éléments nutritifs dans le terreau. La plus grande valeur en longueur des pousses et en indice de vigueur a été obtenue avec l'utilisation de l'isolat E14 avec respectivement 24% et 23%, celle

de la longueur de la partie racinaire avec isolat O19 avec 56% tous comparés aux témoins non inoculés.

REFERENCE

- [1] PANA (Programme d'Action National pour l'Adaptation) (2007). Programme d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques 100p.
- [2] Reddy M. S., Wang Q., Li Y., Zhang L., Du B., Shashi K., Yellareddygar V. K. K., Li S., Sudini H., ChenX., Ru J. (2011). Plant growth-promoting rhizobacteria (pgpr) for sustainable agriculture .Proceedings of the 2nd Asian PGPR Conference 596p.
- [3] Dolo A. (2004).Contribution à l'étude sur la recherché et le développement de méthodes de lutte contre la virose de la tomate au Mali ; Universite de Bamako 48p.
- [4] Pravin V., Rosazlin A., Tumirah K., Salmah I. and Amru N. B. (2016). Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Agricultural Sustainability—Molecules 2016, 21, 573.
- [5] Figueiredo B., Seldin L., Fabio F and Ramos M. (2010). Plant Growth Promoting Rhizobacteria. Microbiology Monographs 18, DOI 10.1007/978-3-642-13612-2_2,Serre: Une Approche Microbienne 152p.
- [6] Akhtar A., Hisamuddin R. M., Abbas I. and Sharf R. (2012). Plant growth promoting Rhizobacteria: An overview Scholars Research Library *J. Nat. Prod. Plant Resour.*, 2012, 2(1):19-31 (<http://scholarsresearchlibrary.com/archive.html>).
- [7] Chakraborty B.N., Chakraborty U., Saha A., Sunar K and Dey P.L. (2010). Evaluation of Phosphate Solubilizers from Soils of North Bengal and Their Diversity Analysis. *World Journal of Agricultural Sciences* 6 (2): 195-200.
- [8] Babana A. H., Samaké F., Guay R., et Karam A. (2008). Isolement et caractérisation de souches de *Thiobacillus* capables de solubiliser efficacement le phosphate naturel Tilemsi. *Revue malienne de science et de technologie* n°10 112-125.
- [9] Dicko A.H. (2013). Isolation and choracterization of crop rhizospheric actinomycetes with antimicrobial activity in Mali.Full lengh research paper.Res.(1): 1-8.
- [10] Shutsrirung A., Yupa C., Wasu P.A., Somporn C. and Nantakorn B. (2013). Diversity of endophytic actinomycetes in mandarin grown in northern Thailand, their phytohormone production potential and plant growth promoting activity, *Soil Science and Plant Nutrition*, 59:3, 322-330, DOI:10.1080/00380768.2013.776935.
- [11] EQAP (External Quality Assessment Program). (2015). KOH (3%) String Test Babak Valizadeh, DCLS admin@eqap.ir
- [12] Etesami H., Alikhani H. A. and Akbari A.A.1. (2009). Evaluation of Plant Growth Hormones Production (IAA) Ability by Iranian Soils Rhizobial Strains and Effects of Superior Strains Application on Wheat Growth Indexes *World Applied Sciences Journal* 6 (11): 1576-1584, 2009 ISSN 1818-4952.
- [13] Hafsa C. (2014). Amélioration de la croissance du blé dur en milieu salin par

- inoculation avec *Bacillus* sp. et *Pantoea agglomerans* isolées de sols arides. Université Ferhat Abbas Sétif 1 .177p.
- [14] Traoré Y., Ouattara K., Yéo D., Doumbia I., Coulibaly A., (2012). Activités antifongique et antibactérienne des feuilles d'*Annona senegalensis* Pers 4234 Recherche des activités antifongique et antibactérienne des feuilles d'*Annona senegalensis* Pers. (Annonaceae)
- [15] Hatim S.(2015). Activités enzymatiques et pouvoir solubilisateur du phosphate chez les bactéries fixatrices d'azote nodulant quatre espèces d'*Acacia* MEMOIRE DE FIN D'ETUDES 44p.
- [16] Babana A. H. (2003). Mise au point d'un inoculant biologique pour le blé irrigué du Mali.
- [17] Pacome A.N., Kochoni E., Didagbe Y.O., Adjanohoun A., Allagbe M., Sikirou R., Gachomo E.W., Kotchoni S.O. and Baba M. L. (2013). Effect of Different Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Maize Seed Germination and Seedling Development. American journal of plant sciences, 1013-1021.
- [18] Sharafzadeh S. (2012). EFFECTS OF PGPR ON GROWTH AND NUTRIENTS UPTAKE
- [19] Turcotte G. et Martin J. (2011). ÉCHO - SERRE Avril 2011 - Volume 2, No 2 – 10p.
- [20] Egamberdieva D., Berg G., Chebotar V., Tikhonovich I., Kamilova F., Validov S. Z. and Lugtenberg B. (2007). Evaluation of rhizosphere bacteria for biological control of *Fusarium* foot and root rot of tomato (TFRR) in salinated soil 75-79p.