

Contribution à l'étude des contraintes fongiques et de leur impact sur la productivité de la culture d'haricot vert en zone périurbaine, Abidjan, Côte d'Ivoire

N'dodo Boni Clovis KOFFI^{1*}, Kouho-N'golo SORO², Dago Faustin SOKO¹ et Atta Hortense DIALLO²

¹ Université Jean Lorougnon Guédé, Laboratoire de Physiologie Végétale, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

² Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

* Correspondance, courriel : bhonykof@yahoo.fr

Résumé

La démographie galopante de la Ville d'Abidjan a fait naître des agriculteurs urbains et péri-urbains qui approvisionnent les marchés en légumes frais dont l'un des plus prisés est le haricot vert. La culture du haricot vert est cependant limitée par de nombreux champignons pathogènes. Le but du présent travail est d'identifier les souches fongiques limitant la production. Pour ce faire, les champignons associés aux organes malades ont été isolés, caractérisés puis soumis à un test de pathogénicité. L'incidence de chaque souche sur le développement de la plante et sur la productivité en conditions semi-contrôlées ont également été mesurée pendant 45 jours. Les résultats ont mis en évidence six champignons pathogènes à savoir : *Colletotrichum* sp, *Fusarium* sp1, *Fusarium* sp 2, *Pythium* sp, *Macrophomina phaseolina* et *Rhizoctonia solani*. Parmi eux, *Pythium* sp, de *Fusarium* sp 1 et de *Rhizoctonia solani* causent d'importantes fontes de semis (incidence 82 à 64 %). Les plus importantes mortalités des plants dans les 10 premiers jours sont dues aux *Fusarium* (80 %). Mais lorsque les plants ont 20 jours, la perte est essentiellement due à *Pythium* sp et *Rhizoctonia solani*. A la fructification, *Fusarium* sp1 a occasionné une perte de près de 80 %. Cette étude a mise en évidence l'impact majeur de *Pythium* sp, *Fusarium* sp et *Rhizoctonia solani* à tous les stades dans la culture du haricot vert à Abidjan.

Mots-clés : *agriculteurs urbains, haricot, champignons pathogènes, incidence.*

Abstract

Abidjan's urban agriculture : contribution to the study of fungal diseases of beans and their impact on productivity

The rapid growth of Abidjan's urban population has revealed urban and peri-urban farmers. Urban farmers contribute to city vegetables such as green bean supply. Green beans production in Abidjan's peri-urban area is constrained by several disease infections including fungal diseases. The objective of this study is to find out pathogenic fungi of bean and their impact on productivity. For it, fungi associated with infected plants were first isolated and their incidences measured in semi-controlled conditions after inoculating to seedlings soil. According to morphological characteristics of the mycelia and the spores, *Colletotrichum* sp, *Fusarium* sp1, *Fusarium* sp2, *Pythium* sp, *Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani* were isolated from diseased plants. The strains *Pythium* sp, *Fusarium* sp1 and *Rhizoctonia solani* caused important damping-off

(disease incidence 82 to 64 %). The most important mortalities of the plants in the first 10 days were due to *Fusarium* (80 %). However, after 20 days, the loss is mainly due to *Pythium* sp and *Rhizoctonia solani*. At the fruiting stage, *Fusarium* sp1 caused a loss of almost 80 %. This study highlighted the major impact of *Pythium* sp, *Fusarium* sp and *Rhizoctonia solani* at all stages in green bean cultivation in Abidjan.

Keywords : *urban farmers, bean, pathogenic fungi, incidence.*

1. Introduction

La Côte d'Ivoire, comme dans de nombreux pays africains connaît un développement de son agriculture urbaine et périurbaine. Cet essor est dû en grande partie à l'importante croissance démographique des capitales africaines telle qu'Abidjan [1]. Dans ces zones urbaines, les producteurs utilisent des terrains de 100 à 500 m² pour répondre au besoin croissant en légumes frais de ces métropoles [2]. Le défi de la sécurité alimentaire suscite dans de nombreuses capitales un intérêt certain pour l'agriculture urbaine et péri-urbaine [3]. Dans la ville d'Abidjan, la production maraîchère est l'activité la plus importante de l'agriculture périurbaine. Elle contribue à la fourniture des 10 communes d'Abidjan en produits frais, notamment en haricot vert. En moyenne 3500 T d'haricot vert sont produit chaque année en Côte d'Ivoire [4]. Cependant, cette activité reste encore très informelle et les données phytosanitaires rares [5]. Selon [6], l'engagement de l'état en faveur du maraîchage urbain et périurbain est faible. [7] a également rapporté que les agriculteurs urbains et péri-urbains dans les pays en développement profitent peu de la recherche agricole. Cette situation explique en partie les faibles rendements dus aux contraintes biotiques, notamment les champignons. En effet, les attaques fongiques réduisent de 40 à 50 % les récoltes de haricot dans les zones de maraîchage à la périphérie d'Abidjan selon les producteurs. [8] ont par ailleurs signalé qu'une attaque des jeunes plants par *Pythium aphanidermatum* pouvait occasionner des pertes allant jusqu'à 100 %. C'est dans ce contexte d'une agriculture urbaine et péri-urbaine en développement mais sans réel encadrement scientifique et politique que s'inscrit cette étude. Elle vise donc à aider les producteurs péri-urbains de haricot à améliorer leur rendement à travers un diagnostic clair des contraintes fongiques et leur action sur la production. Il va s'agir d'identifier les souches fongiques associées aux organes malades, de tester leur pathogénicité ainsi que leur incidence sur la fructification.

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel végétal

Des pieds d'haricot ont été collectés (racines, feuilles, fruits et tiges) dans trois parcelles de la zone maraîchère d'Abobo (Abidjan) pour les isollements fongiques au laboratoire de biologie et amélioration des productions végétales de l'Université Nangui Abrogoua. Des semences d'haricot variété rouge ont été achetées dans le commerce pour les tests *in vivo*.

2-2. Méthodes

2-2-1. Préparation du milieu de culture (PDA)

200 g de pomme de terre sont pesés, pelés, coupés en tranches fines et mis à cuisson dans 250 mL d'eau distillée stérile. La préparation a été filtrée et complétée à 1000 mL. Ensuite 20 g d'agar et 20 g de glucose sont ajoutés. Le mélange est autoclavé à 121 °C pendant 30 mn sous une pression de 1 bar, et coulé dans les boîtes de Pétri en vert stérile sous la hotte en présence d'une flamme.

2-2-2. Identification des champignons isolés

Les plants malades de haricot vert ont été découpés et désinfectés avec de l'hypochlorite de sodium à 5 % et 3 % pendant 5 à 10 mn selon les organes. Ensuite les morceaux de plant désinfectés ont été déposés aux extrémités de deux axes perpendiculaires tracés au revers de la boîte de Pétri de 9 cm contenant le milieu PDA. Les champignons qui ont poussés ont été purifiés et identifiés au microscope photonique au grossissement $\times 400$. Enfin la fréquence d'apparition de chaque champignon sur les plants malades a été notée. Les observations microscopiques ont renseigné sur les structures végétatives et de reproductions des champignons. Les clés d'identification de Barnett et de Lanier ont permis d'identifier les isolats.

2-2-3. Cultures du haricot vert

Préparation du sol de culture. Le sol et la fumure organique recueillis (2 / 3 de sol et 1 / 3 de fumure organique) seront mélangés de façon homogène et répartis dans 252 pots en plastiques en raison de 200 g de mélange par pot. Les sols qui sont contenus dans les pots (pour tous les essais) ont été stérilisés trois fois à l'autoclave par intervalle de 2 jours, pendant 30 minutes, sous une pression de 1 bar à 121 °C. Semis et entretien. Deux graines de haricot vert seront semées par pot à une profondeur de 2 à 3 cm après refroidissement des sols. Un arrosage avec l'eau de robinet se fera, puis les semis seront rangés sous abri plastique. Ensuite des arrosages réguliers des semis ont été faits tous les jours.

2-2-4. Test de pathogénicité

Préparation de l'inoculum. Six (6) pots d'inoculum seront préparés pour chaque champignon. Pour cela 45 g de sable de mer, 5 g de farine de maïs et 5 mL d'eau distillée seront mis dans chaque pot. Le contenu de chaque pot sera homogénéisé à l'aide d'une spatule. Les pots seront fermés puis stérilisés à l'autoclave. Après refroidissement des milieux de culture, 5 portions de 3 cm de diamètre d'un champignon ' de 15 jours de culture sur milieu PDA seront prélevées et transférées sur six milieux de cultures préparés dans les pots. A l'aide d'une spatule stérile, un mélange homogène du milieu de culture et de la portion reçue sera fait sous la hotte. Les inocula ainsi préparés seront incubés à l'obscurité pendant 14 jours à la température ambiante (26 °C). Inoculation des sols contenant les plants. Dix jours après la germination, 10 g et 20 g d'inoculum de chaque champignon ont été apportés au sol de semis. Et 20 j après la levée, les mêmes quantités d'inoculum ont été apportées à d'autres plants. Il faudra faire un creux entourant la tige hypogée et mettre l'inoculum avant de refermer le creux. Six lots de six pots de culture ont été inoculés avec chaque souche fongique isolée. Six pots ont été inoculés avec de l'eau distillée pour servir de témoin. Observation. Des observations journalières des plantes seront faites et la description des symptômes sur les plants essais sera notée à l'égard des plants témoins. Puis l'incidence de la maladie, le taux de mortalité des plants et le rendement des plants seront notés dans chaque lot. L'expérience a été répétée trois fois. Méthodes de calcul. Les mesures seront faites 10 jours après la germination des plants. Le taux de germination, le nombre de plants malade, le taux de mortalité et le nombre de fruits ont été notés dans chaque lot de plants. Cela va permettre de calculer le taux de germination, l'incidence de la maladie (**Formule (1)**), le taux de mortalité (**Formule (2)**) et le nombre de fruits par plants.

$$\text{Incidence (\%)} = \frac{\text{Nombre de plants malades} \times 100}{\text{Nombre total de plants}} \quad (1)$$

$$\text{Taux de mortalité (\%)} = \frac{\text{Nombre de plants morts} \times 100}{\text{Nombre plants malades}} \quad (2)$$

L'expérience a été répétée trois fois.

2-2-5. Recherche des agents de fonte de semis

- *Inoculation des sols de semis*

Du sol a été reparti dans des pots en plastique non perforés en raison de 200 g de sol par pot. Les sols ont été stérilisés à l'autoclave dans les mêmes conditions que précédemment. Après refroidissement des sols, ceux-ci ont été classés en 7 lots de 6 pots. Un lot de sols a été inoculé avec 5 mL d'eau distillée stérile (sols témoins). Les autres lots ont été inoculés avec les inocula de chaque champignon isolé. Les sols ont été mélangés de façon homogène avec les inocula de chaque champignon sous la hotte. Les pots ont été hermétiquement fermés et les sols ont été incubés à l'obscurité pendant 7 jours à la température ambiante (26 °C).

- *Semis des graines du haricot vert*

Deux graines ont été semées par pot préalablement inoculé avec un champignon et les pots témoins n'ont pas subi d'inoculation fongique. Les pots seront maintenus sous un abri plastique jusqu'une semaine après la germination. Six pots par traitement ont été utilisés avec 3 répétitions. Le nombre de graines ayant germées et celui de plantules mortes ont été noté par rapport au témoin et le taux de germination a été calculé selon la **Formule (3)** suivante :

$$\text{Taux de germination} = \frac{\text{Nombre de plants malades} \times 100}{\text{Nombre total des graines semées}} \quad (3)$$

2-2-6. Analyse statistique

Pour l'analyse des valeurs quantitatives enregistrées dans les différentes expériences, il a été utilisé le logiciel Statistica version 7.1. Pour tous les essais, une analyse de variance à un critère associée au test de comparaison de moyenne de Newman-Keuls au seuil de 5 % a été effectuée pour distinguer les groupes d'homogénéité selon les valeurs des moyennes des variables à tester.

3. Résultats

3-1. Mycoflore associée aux plants d'haricot vert malades

Six (06) isolats fongiques ont été isolés des pieds malades de haricot vert prélevés dans trois parcelles dans la commune d'Abobo. De ces 6 isolats, 5 genres de champignons ont été identifiés. Ce sont les genres *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Colletotrichum* et *Macrophomina*. Chaque genre isolé a été représenté par une espèce à l'exception du genre *Fusarium* qui a renfermé deux espèces. Dans l'ensemble des isolats mis en évidence, la souche de *Colletotrichum* sp est la plus importante quantitativement. Elle représente 34 % des isolats. Après cette souche vient celle de *Pythium* sp, qui a un taux d'isolement de 30 %. Au nombre des isolats les plus importants du point de vue quantitatif il y a *Fusarium* sp1 qui a une fréquence d'isolement de 25 %. Trois souches ont enregistré un faible taux d'isolement. Ce sont : *Rhizoctonia solani* (2 %), *Macrophomina phaseolina* (1 %) et *Fusarium* sp 2 (8 %). L'analyse statistique montre que la fréquence d'isolement varie d'une souche à l'autre. Les souches de *Macrophomina phaseolina* et *Rhizoctonia solani* ont statistiquement la même fréquence d'isolement (**Figure 1**). Les champignons ont été isolés des racines, de la tige, des feuilles et des fruits de haricot. En moyenne 3 espèces par organe ont été isolées. Le nombre le plus élevé d'espèces isolées a été observé sur les fruits (4) tandis que la tige a enregistré le plus faible taux d'espèces isolées (2 / 4). Les souches de *Fusarium* ont été isolées sur la plupart des organes malades du haricot. Sur tous les organes échantillonnés, il a été isolé *Fusarium* sp1. La seconde souche de *Fusarium* (*Fusarium* sp2) quant à elle a été trouvée sur ¾ des organes échantillonnés (tige, les feuilles et les fruits). La souche de *Pythium* sp a été isolée de 50 % des organes malades (racines et fruits). Enfin, les souches *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum* sp et *Macrophomina phaseolina* ont été respectivement isolées sur les racines, les fruits et les feuilles. Les taux de germination

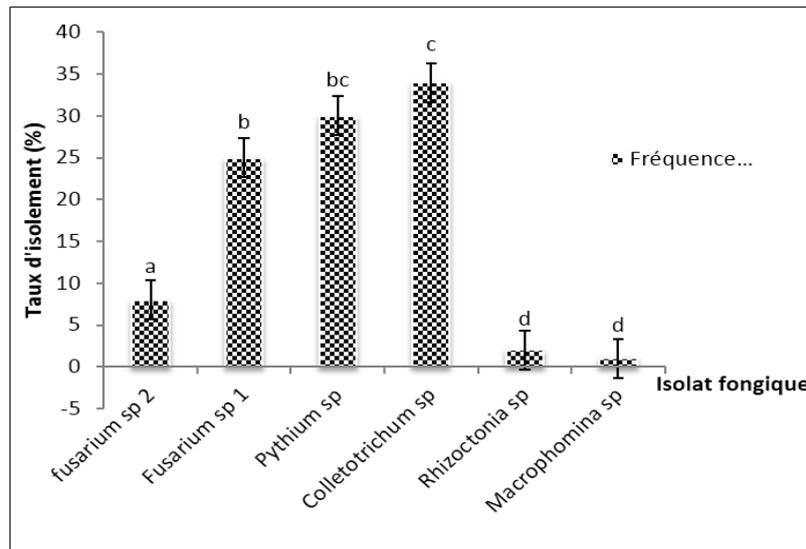


Figure 1 : Fréquence d'isolement des espèces fongiques associées aux plantes malades d'haricot

Les barres portant la même la même lettre sont statistiquement identiques (Test de Newman-Keuls groupes homogènes, $\alpha = 0,05$).

3-2. Importance des différents champignons isolés dans la fonte de semis et dans l'apparition de maladies

Les taux de germination du haricot vert, enregistrés dans les pots inoculés avec les souches isolés, ont variés de 65 à 18.5 % contre 83 % pour le témoin. Les plus importantes baisses ont été observées avec les souches *Pythium* sp, *Rhizoctonia solani* et *Fusarium* sp2. La fonte de semis causée par *Pythium* sp, a réduit la levée à 18 % des plantules attendues à l'émergence. Quant aux pots inoculés par *Rhizoctonia solani* et *Fusarium* sp2 seuls respectivement 31 % et de 36 % des semences ont germées et ont été viables. Les analyses statistiques montrent qu'il y a une différence significative entre les taux de germination d'un champignon à l'autre. Cependant, selon le test de Newman et Keuls *Macrophomina phaseolina* et *Fusarium* sp 2 ont eu le même impact sur la germination des haricots. Les champignons *Colletotrichum* sp, *Macrophomina phaseolina* et *Fusarium* sp 2 ont eu un faible impact sur la fonte de semis. Le taux de germination des semences dans les sols inoculés avec ces champignons ont respectivement été de 57,5 %, 62,5 % et 64,5 % contre 83 % d'haricot germés dans les pots témoins (**Figure 2**). Par ailleurs il est noté que le taux de germination des semences d'haricot est inversement proportionnel à l'augmentation de la dose d'inoculum fongique à l'exception des lots inoculés avec *Macrophomina phaseolina*. En effet, à la dose D1 le taux de germination des semences d'haricot avait varié de 24 % à 69 % tandis qu'il est passé de 12 % à 60 % quand la dose a été doublée. Cependant, au niveau des pots inoculés avec *Macrophomina phaseolina* le doublement de la dose d'inoculum n'a apporté aucun effet additif. Pour ce traitement, c'est quasiment le même taux de germination (63 % et 62 %) observé aux deux doses. Ce résultat est corroboré par les analyses statistiques qui montrent que le taux de germination varie d'une dose à l'autre sauf celui du traitement réalisé avec *Macrophomina phaseolina* où il n'y a pas de différence de signification entre le taux de germination des deux doses (**Figure 3**).

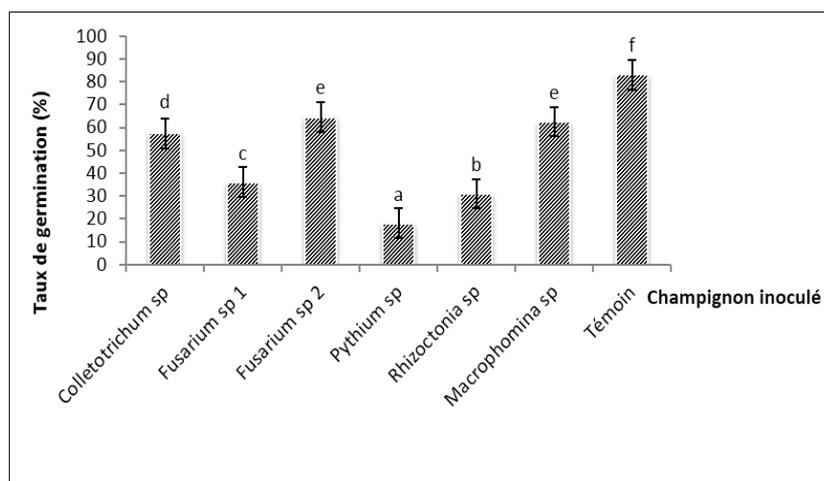


Figure 2 : Effet de différentes souches fongiques sur la levée du haricot vert

Les barres portant la même la même lettre sont statistiquement identiques (Test de Newman-Keuls groupes homogènes, $\alpha = 0,05$).

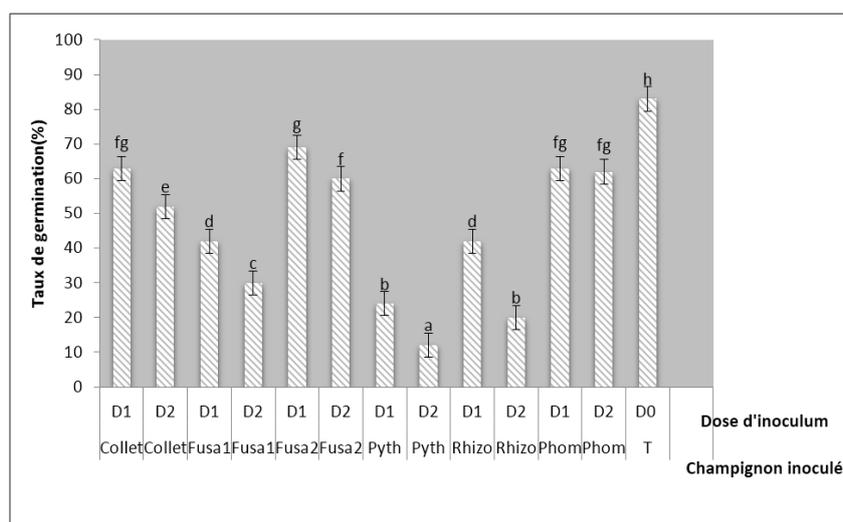


Figure 3 : Incidence la quantité d'inoculum des souches fongiques sur la levée du haricot vert

Les barres portant la même la même lettre sont statistiquement identiques (Test de Newman-Keuls groupes homogènes, $\alpha = 0,05$). D0 : 0 g d'inoculum fongique ; D1 : 10 g d'inoculum fongique ; D2 : 20 g d'inoculum fongique ; T : Témoin ; Collet : *Colletotrichum sp* ; Fusa : *Fusarium sp* ; Pyth : *Pythium sp* ; Rhizo : *Rhizoctonia solani* ; Phom : *Macrophomina phaseolina*.

3-3. Symptômes induits par les champignons isolés du haricot

Tous les six isolats de champignons purifiés des plants de haricot malades ont provoqués divers types symptômes sur plusieurs organes du haricot au cours du test de pathogénicité. Ainsi, sur les plants inoculés avec *Colletotrichum sp*, il a été observé une chlorose et une nécrose marginale des feuilles. Neuf jours après l'inoculation, apparaissent les premières chloroses sous forme de tâches sur les marges des feuilles. Celles-ci se recourbent vers l'intérieur en se durcissant comme une feuille sénescence. Il s'en est suivi une nécrose des tâches chlorotiques. Les plants fortement atteints ont présenté des feuilles totalement nécrosées. Les

plants d'haricot inoculés avec les deux isolats de *Fusarium* ont montrés des symptômes semblables. Un jaunissement précoce des feuilles a été observé dès le sixième jour pour *Fusarium* sp 2 tandis que les premières feuilles malades ont été signalées le huitième jour avec *Fusarium* sp 1. Les feuilles jaunissent soit en plusieurs tâches (spots) sur toutes la feuille ou au niveau des marges soit en une plage entre les nervures principales. Les parties atteintes par le jaunissement finissent par se nécroser entièrement ou partiellement. Dans les sols inoculés avec *Pythium* sp, les plants qui ont été malades ont présenté des symptômes de flétrissement. Une semaine après l'inoculation (8 ième jour), un flétrissement brutal et total a été observé chez les plantes malades. Il s'en suit le dépérissement de la plante et la mort de celle-ci. Par ailleurs des symptômes de pourriture des racines et du collet ont été observés. Après neuf jours d'incubation, certains plants inoculés avec *Rhizoctonia solani* ont eu des feuilles qui ont jauni précocement. Le jaunissement qui débute par les marges s'étend par la suite à toute la feuille. Les premières zones de chlorose se nécrosent par la suite pour quelques fois atteindre toute la feuille. L'inoculation de *Macrophomina phaseolina* a provoqué, six jours après chez certains plants, la pourriture de la tige. Cette pourriture a provoqué par la suite la mort des plants atteints.

3-4. Effet de la période d'inoculation et de la dose d'inoculum sur la mortalité du haricot

Des six isolats fongiques issus des plantes d'haricot malades, seule la souche de *Colletotrichum* sp ne provoquait pas la mort des plants. Les nécroses des feuilles de haricot dues à *Colletotrichum* sp n'étaient pas mortelles pour les plants d'haricot quel que soit la dose d'inoculum apporté et l'âge des plants. Par contre, les autres souches à savoir *Fusarium* sp 1, *Fusarium* sp 2, *Pythium* sp, *Macrophomina phaseolina* et *Rhizoctonia solani* entraînaient la mort de certains pieds à la suite des symptômes suscités (**Figure 4**). Cependant, le taux de mortalité des plants de haricot a varié d'une souche fongique à une autre, selon l'âge de la plante et la dose d'inoculum apportée. Ainsi, il a été observé une importante mortalité des plants quand l'inoculum a été apporté 10 j après la germination par rapport au taux de mortalité observé quand les plants ont été inoculés à l'âge de 20 J. En effet, à l'exception des souches de *Pythium* sp et de *Rhizoctonia solani* qui ont provoqué la mort des plants âgés de 20 j (1 à 2 plants morts sur 6), les autres souches ont été incapables de causer la mort des plants quand on les a inoculé 20 j après la germination. Pourtant, quand les champignons avaient été inoculés 10 j après la germination, la plupart des souches ont causées la mort des plants d'haricot. Les plus importants taux de mortalité ont été enregistrés avec les souches de *Fusarium* sp 1 et sp 2 qui ont provoquées la mort de 4 à 5 plants sur 6 en moyenne. Après ces souches viennent les souches de *Pythium* sp et de *Macrophomina phaseolina* qui ont induit la perte de la moitié des plants (3 / 6).

Aucune mortalité par ailleurs n'a été observée avec la souche de *Rhizoctonia solani* quand elle été inoculée aux plants de 10 j d'âge (**Figure 4**). L'analyse statistique a montré que le taux de mortalité variait d'une souche à l'autre. Elle indique par ailleurs qu'il y a une différence significative entre la mortalité des plants inoculés 10 j après la germination et celle des plants inoculés 20 j après la germination. Les comparaisons de moyennes post ANOVA de Newman-Keul ($\alpha = 0,05$) ont montré que les souches de *Pythium* sp et *Macrophomina phaseolina* ont induit la même mortalité à 10 j après germination tandis que *Fusarium* sp 1 et sp 2 sont dans le même groupe d'homogénéité. A 20 J après germination c'est *Rhizoctonia solani* et *Pythium* sp qui ont provoqué statistiquement la même mortalité. Pour les champignons avec lesquels il a été enregistré la mort des plants après les attaques, l'augmentation de la dose d'inoculum au double entraînait un plus important taux de mortalité. La dose de 10 g (D1) n'a pas été suffisante pour provoquer la mort des plants pour la plupart des souches fongiques, sauf pour la souche de *Fusarium* sp 1 avec laquelle il a été enregistré la perte d'environ 2 plants sur six. A 20 g d'inoculum fongique apporté, il a été enregistré un important taux de mortalité des plants d'haricot dû aux isolats fongiques inoculés au sol de culture. En effet, il a été noté environ 5 plants morts dans les lots inoculés avec *Pythium* sp à 20 g d'inoculum tandis qu'à 10 g on n'a enregistré aucune perte. La souche de *Fusarium* sp 2 avec le même nombre de plants morts constituent avec

Pythium sp, les souches qui ont occasionné le plus de perte. Avec les souches de *Fusarium* sp 1 et *Macrophomina phaseolina* la perte des pieds d'haricot est de 50 % quand on a doublé la dose d'inoculum (20 g) alors qu'il n'y a eu aucune perte à dose de 10 g. La souche de *Rhizoctonia solani* a provoqué la plus faible perte de plants (environ 2 plants morts sur 6) à 20 g d'inoculum incorporé (**Figure 5**). L'analyse statistique a montré qu'il y a une différence significative entre le taux de mortalité des plants d'haricot à la dose D 1 (10 g) et celui à la dose D 2 (20 g). Par ailleurs le taux de mortalité dû à *Pythium* sp et *Fusarium* sp 2 à 20 g sont dans le même groupe d'homogénéité. A la même dose, la mortalité due à *Macrophomina phaseolina* et *Fusarium* sp 1 sont dans la même classe d'homogénéité.

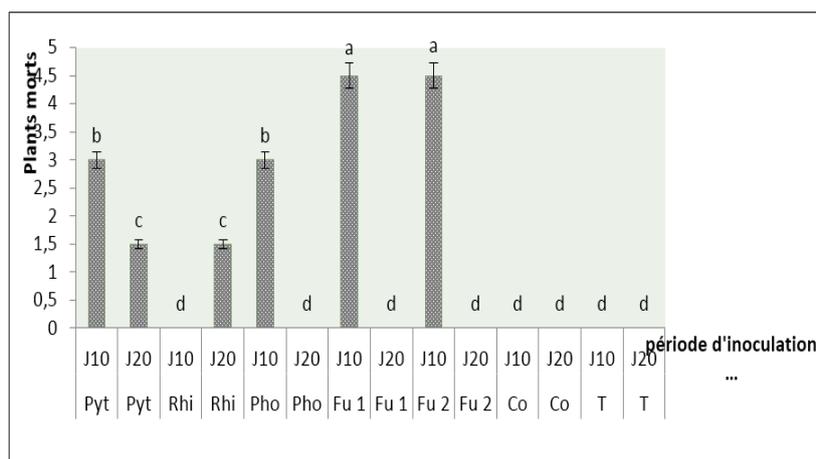


Figure 4 : Incidence de la période d'inoculation fongique sur la mortalité des plants de haricot

Les barres portant la même la même lettre sont statistiquement identiques (Test de Newman-Keuls groupes homogènes, $\alpha = 0,05$). J10 : Inoculation de l'isolat 10 jours après levée ; J20 : Inoculation de l'isolat 20 jours après levée ; T : Témoin ; Co : *Colletotrichum* sp ; Fus : *Fusarium* sp ; Pyt : *Pythium* sp ; Rhi : *Rhizoctonia* sp ; Pho : *Macrophomina phaseolina*.

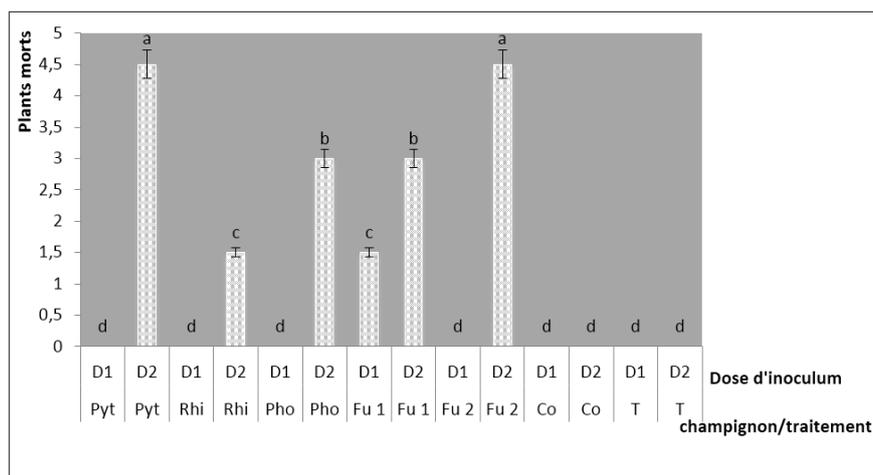


Figure 5 : Effet de la dose d'inoculum sur la mortalité des plants de haricot

Les barres portant la même la même lettre sont statistiquement identiques (Test de Newman-Keuls groupes homogènes, $\alpha = 0,05$). D0 : 0 g d'inoculum fongique ; D1 : 10 g d'inoculum fongique ; D2 : 20 g d'inoculum fongique ; T : Témoin ; Co : *Colletotrichum* sp ; Fus : *Fusarium* sp ; Pyt : *Pythium* sp ; Rhi : *Rhizoctonia solani* ; Pho : *Macrophomina phaseolina*.

3-5. Effet de la période d'inoculation et de la dose d'inoculum fongique sur la fructification

L'effet des champignons isolés sur la fructification du haricot vert a montré que l'inoculation des isolats fongiques a réduit de moitié le nombre de fruits par plants d'haricot. En moyenne le nombre de fruits par plants est de 6 pour les plants inoculé contre 12 fruits pour le témoin. La plus importante réduction de la fructification a été enregistrée avec la souche de *Fusarium* sp 1 qui réduit la fructification de 75 % par rapport au témoin (**Figure 6**). L'analyse statistique montre en effet que le nombre moyen de fruits par plants est différent d'un champignon à l'autre. D'autre part il est révélé que les nombres moyens de fruits dus aux champignons *Colletotrichum* sp, *Fusarium* sp 2, *Pythium* sp, *Rhizoctonia solani* et *Macrophomina phaseolina* sont statistiquement identiques

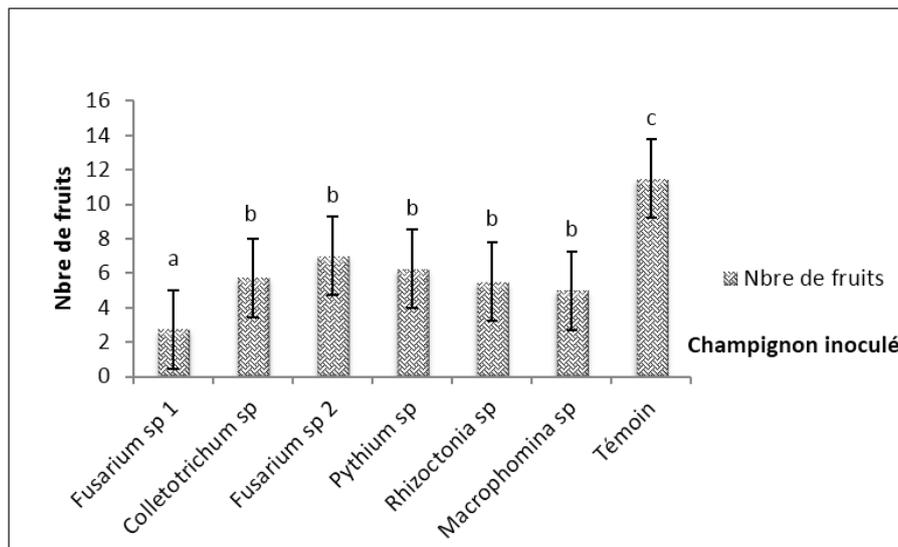


Figure 6 : Impact des différentes souches fongiques sur la fructification

Les barres portant la même la même lettre sont statistiquement identiques (même groupe d'homogénéité). (Test de Newman-Keuls groupes homogènes, $\alpha = 0,05$).

Pour la plupart de ces champignons, leur effet sur la baisse du nombre de fruits par plant n'est pas influencé par l'âge de la plante au moment de l'inoculation. En effet, pour les champignons *Colletotrichum* sp, *Pythium* sp et *Macrophomina phaseolina*, le nombre moyen de fruits par plante varie entre 6 et 5 pour les inoculations effectuées à 10 j après la germination (50 à 60 % de réduction de la fructification). Ce nombre est de 6 à 7 pour les inoculations faites à 20 j de la levée contre 12 fruits par plante pour le témoin (42 à 50 % de réduction de la fructification). Les champignons *Fusarium* sp 2 et *Rhizoctonia solani* quant à eux réduisent de 42 à 50 % la fructification quand ils ont été inoculés 10 J après la levée. Par contre à 20 j d'âge après la germination, l'inoculation de *Fusarium* sp 2 a réduit le nombre de fruits de 12 (Témoin) à 8 (33,3 % de réduction de la fructification) tandis que *Rhizoctonia solani* ramenait ce nombre à 4 (66,7 % de réduction de la fructification). L'effet de l'inoculum fongique en fonction de l'âge des plants sur la fructification a été clairement observé avec la souche de *Fusarium* sp 1. Pour ce champignon, une attaque précoce (inoculation précoce) compromettrait la fructification. En effet, son inoculation à 10 j de la levée entraînait une réduction de la fructification de plus de 83 % (2 fruits par plante en moyenne contre 12 pour le témoin). Mais quand il est inoculé à 20 j de la germination, la réduction de la fructification engendrée est de 66,7 % (4 fruits contre 12 pour le témoin) (**Figure 7**).

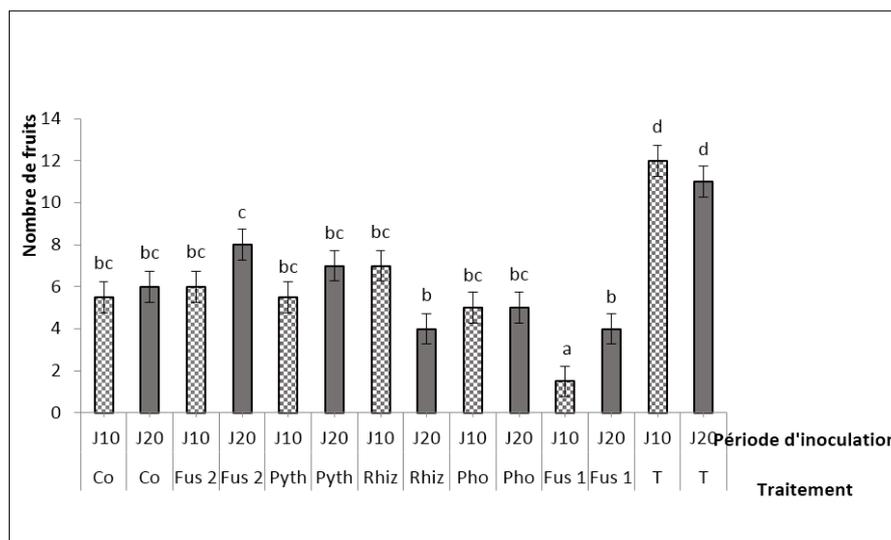


Figure 7 : Impact de la période d'infection des différentes souches fongiques sur fructification

Les barres portant la même la même lettre sont statistiquement identiques (Test de Newman-Keuls groupes homogènes, $\alpha = 0,05$). J10 : Inoculation de l'isolat 10 jours après levée ; J20 : Inoculation de l'isolat 20 jours après levée ; T : Témoin ; Co : *Colletotrichum sp* ; Fus : *Fusarium sp* ; Pyt : *Pythium sp* ; Rhi : *Rhizoctonia solani* ; Pho : *Macrophomina phaseolina*.

Contrairement à l'action des inocula fongiques en fonction de l'âge de la plante, l'augmentation de la dose d'inoculum fongique a réduit la fructification. La **Figure 8** nous indique qu'en moyenne le nombre de fruit a été réduit de 7 à 5 (60 à 42 % de réduction de la fructification) quand on augmente la dose d'inoculum de 10 g à 20 g. Trois types d'effet ont cependant été observés. Le groupe a concerné les champignons *Colletotrichum sp* et *Rhizoctonia solani* pour lesquels le nombre de fruits par plante est identique à la dose D1 (10 g) comme à la dose D2 (20 g). Pour ces champignons, la réduction de la fructification est de 50 % (environ 6 fruits / plante contre 12 pour le témoin) aux deux doses. Après ce groupe, il a été observé des champignons pour lesquels la réduction du nombre de fruits n'est trop sensible quand on double la dose d'inoculum. C'est le cas des champignons *Fusarium sp* 1 et *Fusarium sp* 2. Pour la première souche, la réduction de la fructification est passée de 75 % à 79 % quand on a doublé la dose d'inoculum fongique contre 37,5 % (dose D1) à 46 % (dose D2) pour la seconde souche. Enfin pour les souches de *Pythium sp* et *Macrophomina phaseolina* l'effet de la réduction est peu importante à la dose D1 alors qu'à la dose D2 la fructification a été quasiment inhibée. En effet, pour le champignon *Pythium sp*, la dose d'inoculum a eu un effet proche du témoin ; car le taux de réduction de la fructification a été évalué à 16,7 % contre 79 % quand la dose a été doublée. C'est le même constat avec la souche de *Macrophomina phaseolina* qui a causé une réduction du nombre de fruit de 37,5 % à la dose D1 contre une réduction de 79 % à la dose D2 (**Figure 8**). Les analyses statistiques ont montré que le nombre de fruits est différent d'une dose à une autre et d'un champignon à un autre. De plus l'interaction champignon-dose s'est révélée significative. Différents groupes d'homogénéité ont été observés selon le test post ANOVA de Newman-Keuls au seuil de 5 %.

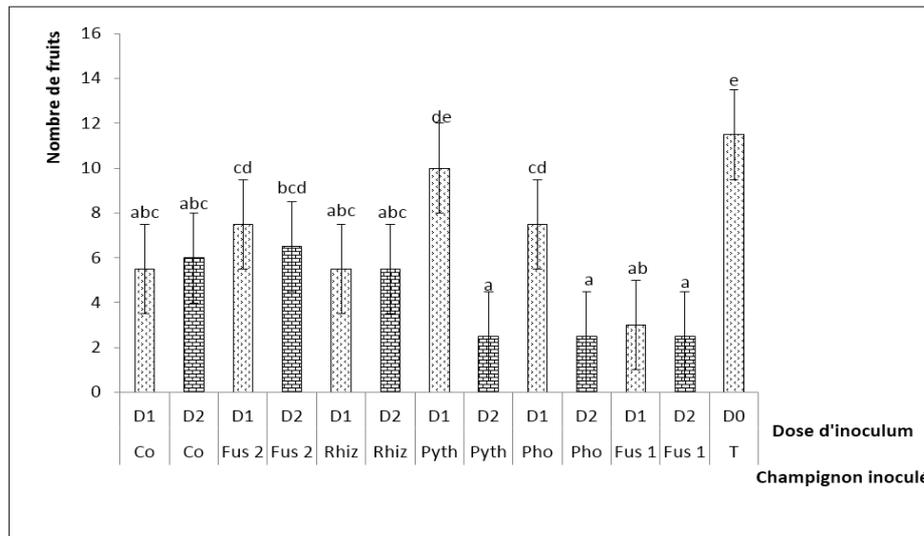


Figure 8 : Effet de la quantité d'inoculum des différentes souches fongiques sur la fructification

Les barres portant la même la même lettre sont statistiquement identiques (Test de Newman-Keuls groupes homogènes, $\alpha = 0,05$). D0 : 0 g d'inoculum fongique ; D1 : 10 g d'inoculum fongique ; D2 : 20 g d'inoculum fongique ; T : Témoin ; Co : *Colletotrichum* sp ; Fus : *Fusarium* sp ; Pyt : *Pythium* sp ; Rhi : *Rhizoctonia solani* ; Pho : *Macrophomina phaseolina*.

4. Discussion

Des plantes d'haricot malades prélevées dans la zone Nord d'Abidjan (ABOBO), il a été isolé six souches de champignons représentées par cinq genres fongiques : *Fusarium* (2 isolats), *Colletotrichum*, *Pythium*, *Rhizoctonia* et *Macrophomina*. Ces genres de champignons sont connus pour leur pathogénicité plus ou moins grave sur le haricot. L'étude sur la culture du haricot nain au Sénégal a mis en évidence la plupart de ces souches comme étant les pathogène fongiques du haricot [9]. Cependant, les champignons fréquemment cités dans les maladies fongiques du haricot les plus importantes sont les souches des genres *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* et *Colletotrichum*. Les auteurs [9, 10] dans leur étude sur la culture du haricot et ses maladies, ont montré que *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* et *Colletotrichum* étaient les principaux champignons pathogènes de cette spéculat. Ces résultats révèlent la présence de nombreux champignons telluriques pathogènes dans les zones de maraîchage d'Abidjan. Parmi les souches isolées, 34 % sont des souches de *Colletotrichum* sp, 30 % de *Pythium* sp, 25 % de *Fusarium* sp, 1, 8 % de *Fusarium* sp 2, 2 % de *Rhizoctonia solani* et 1 % de *Macrophomina phaseolina*. Les différences au niveau des taux d'isolement enregistrés sont dues d'une part aux facteurs climatiques et d'autre part à la biologie des souches fongiques. En effet, les échantillonnages ont été effectués entre Juillet et Août (saison des pluies), période optimale à l'attaque de plusieurs champignons comme *Pythium* sp et *Colletotrichum* sp à cause de l'humidité et de la chaleur. Ces résultats sont similaires à plusieurs travaux qui ont montrés que les souches de *Colletotrichum* sp et de *Pythium* sp connaissent un développement important pendant les temps chauds et humides [11]. Ces mêmes auteurs ont par ailleurs indiqué que les souches de *Fusarium* isolées du haricot sont présentes et agressives en toute saison ; même l'abaissement de la température en hiver n'arrête pas les attaques. Les variations dans les taux d'isolement pourraient aussi être imputées aux interactions du milieu et à la compétition trophique. Dans cette conquête du milieu, les champignons à sporulation abondante comme *Fusarium* sp, *Colletotrichum* sp et *Pythium* sp masquent ou éliminent les autres en occupant les sites trophiques. Ce qui

rend souvent difficile l'isolement de certaines souches sur un organe malade. Les travaux de [12] ont montré comme nos résultats que les souches de *Fusarium*, de *Trichoderma*, de *Penicillium* sont faciles à isoler à cause de leur sporulation abondante et de leur caractère ubiquiste. L'implication dans la fonte de semis des champignons isolés des pieds malades d'haricot a été testée à travers leur effet sur le taux de germination. Tous les champignons réduisaient le taux de germination par rapport au témoin. La réduction du taux de germination par la plupart des champignons s'explique par le fait que la fonte des semis est attribuée à une large gamme de champignons du sol. Cela confirme les travaux de [13] qui ont indiqué que plusieurs types de champignons sont responsables de la fonte de semis chez le haricot. Bien que la fonte de semis soit causée par de nombreux champignons, les souches régulièrement indexées dans de sévères cas de fonte de semis sont : *Pythium* sp ou *Phytophthora* sp, *Fusarium* sp et de *Rhizoctonia solani* [14]. Les résultats de nos travaux vont dans ce sens avec une importante réduction du taux de germination avec ces trois souches, mais la sévérité est accrue avec la souche de *Pythium* sp. Cette prépondérance des espèces de *Pythium* dans la fonte des semis a été relevée par [15] qui ont indiqué que les souches de *Pythium* sont les plus importants champignons responsables de la fonte des semis. D'une façon générale l'augmentation de la dose d'inoculum a réduit le taux de germination chez la plupart des champignons.

Par contre chez la souche de *Macrophomina phaseolina* le doublement de la dose n'a pas fait varier le taux de germination obtenu avec la dose initiale. L'augmentation de la dose d'inoculum implique une augmentation des spores ou organes infectieux, ce qui expliquerait la réduction du taux de germination quand la dose d'inoculum a été doublée. Cependant, l'augmentation du taux d'inoculum n'implique pas systématiquement une aggravation de la maladie comme il a été constaté avec *Macrophomina phaseolina*. Cela s'explique par le fait que d'autres facteurs tels que la température, le taux d'humidité, les substances chimiques des plantes et autres microorganismes et la compétition trophique jouent un rôle important dans l'infection. Ces résultats vont dans le sens de ceux de [16] qui a montré que la sévérité des maladies fongiques est en corrélation avec le niveau d'inoculum. Il a relevé par ailleurs qu'une augmentation de 105 propagules de *Pythium* / g de racine n'induisait pas d'infection concluant que l'infection est induite par la conjugaison de plusieurs facteurs. La présence de champignons induisant la fonte de semis dans les zones péri-culturelles d'Abidjan implique qu'il faut traiter les semences avant semis et les plants après levée pour un meilleur rendement. Toutes les souches fongiques inoculées ont provoqué des symptômes aux plants d'haricot. Les souches de *Colletotrichum*, de *Fusarium*, de *Rhizoctonia solani* et de *Macrophomina phaseolina* ont induit des symptômes foliaires (nécroses et chloroses) plus ou moins importants.

Par contre la souche de *Pythium* a occasionné le flétrissement général de toute la plante. Ces résultats indiquent l'implication de tous ces champignons dans les affections fongiques du haricot. [17] ont relevé dans leur étude sur les maladies du haricot les mêmes symptômes fongiques causés par ces champignons. Le haricot est moins susceptible à l'attaque de la majorité des champignons isolés, à l'exception de *Pythium* sp et *Rhizoctonia solani*, quand l'inoculation a eu lieu 20 J après la germination. Alors que l'inoculation de la plupart des souches fongiques, à 10 J après la levée, était mortelle pour les plants. Les jeunes plants sont donc plus vulnérables que les plus âgés. Cela s'explique par le fait que les barrières naturelles des plantes jeunes ou croissance n'ont pas encore été mises en place. Ces conclusions de nos travaux vont dans le sens de celles de [18] qui ont montré que la résistance des plants de piment à *Phytophthora capsici* augmentait avec l'âge. Cependant, pour certaines plantes, le processus inverse est observé. Les travaux de [19] illustrent bien cette situation. En effet, ils ont observé que la résistance à l'Ascochytose diminuait avec l'âge chez les cultivars de pois chiche en partie résistants. Par ailleurs, il est à noter que les symptômes de *Colletotrichum* sp ne provoquent pas la mort des plants. Ce résultat s'explique par le fait que ce champignon attaque les parties aériennes de la plante (feuilles, fruits et la tige) et réduit considérablement la production. Il est signalé rarement la mort de la plante à l'issue d'une attaque de ce champignon. L'augmentation de la dose d'inoculum

de 10 g à 20 g à occasionner une augmentation significative du nombre de plants morts. A l'exception de *Fusarium* sp1 il n'y a pas eu de plants morts quand ils ont été inoculés à la dose D1 (10 g). Ce résultat s'explique par le fait d'une part que l'augmentation de la dose d'inoculum augmenterait les propagules infectieuses des souches inoculées et d'autre part qu'il est nécessaire pour induire une infection qu'une dose suffisante de spores infectieuses soit apportée. La quantité d'inoculum serait donc un facteur pouvant limiter l'infection. La souche de *Fusarium* sp 1 est la plus agressive aux doses faibles. En effet, des études ont montré que parmi les espèces de *Fusarium* qui attaquent le haricot, une était plus importante à cause des dégâts et de son agressivité. Il s'agit du *Fusarium solanif. sp. phaseoli* que [11] ont décrit comme la plus virulente des souches de *Fusarium* du haricot. Les champignons isolés du haricot réduisent tous le nombre de fruits par plante par rapport au témoin. Ces champignons ne sont donc pas de simples saprophytes qui vivent sur des débris végétaux. Cette conclusion va dans le sens des travaux de [17] qui ont cités ces genres de champignons comme faisant partis de ceux qui causent les affections du haricot et qui occasionnent des pertes de récolte. Les souches fongiques qui attaquent les racines et le collet occasionnent plus de pertes quand ils sont inoculés généralement tôt (10 J après levée) tandis la souche de *Colletotrichum* qui attaque les feuille est nuisible à toutes les périodes. Cela est dû au fait que les plants d'haricot sont plus susceptibles quand ils sont jeunes. La fébrilité des jeunes tissus favorisent un dégât plus important de la part des champignons qui en attaquant le système racinaire et réduisent la capacité de la plante à se nourrir et à faire des réserves nutritives. Aussi les feuilles en se nécrosant par les attaques des champignons tels que *Colletotrichum*, réduisent la photosynthèse donc la nutrition de la plante et la capacité de faire des réserves.

5. Conclusion

Cette étude a mise en évidence l'énorme contrainte biotique que constitue *Colletotrichum* sp, *Fusarium* sp 1 et 2, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp et *Macophomina phaseolina* isolées dans la culture du haricot vert dans la zone peri-urbaines nord d'Abidjan. Ces champignons pathogènes pouvaient induire une perte de récolte allant jusqu'à 80 %. En outre ce travail a montré que la précocité de l'infection, la virulence du pathogène ainsi que la quantité d'inoculum sont les facteurs qui ont été déterminant dans la mortalité des plants et la réduction du nombre de fruits. L'intégration de l'agriculture urbaine et péri-urbaine dans les plans de recherche et les politiques agricoles aiderait certes ces producteurs livrés à eux même mais contribuerait à l'atteinte des objectifs de la sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire.

Références

- [1] - O. ABRAHAM, Agriculture urbaine et stratégies de survie des ménages pauvres dans le complexe spatial du district d'Abidjan. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 10 Numéro 2 | septembre, mis en ligne le 29 septembre 2010, consulté le 10 mars 2017. URL : <http://vertigo.revues.org/10005> ; DOI : 10.4000/vertigo.10005
- [2] - L. FONDIO, A. H. DJIDJI, M. F. N'GBESSO, O. TAHOUO, L'agriculture hors sol pour produire des légumes de qualité en zone urbaine de Côte d'Ivoire in le CNRA en 2012. Abidjan, CNRA, (2013) 52 p.
- [3] - A. DE NEERGAARD, A. W. DRESCHER, C. KOUAMÉ, Urban and peri-urban agriculture in African cities in : Shackleton Charlie M., Pasquini Margaret W. and Drescher Axel W. (Eds). African indigenous vegetables in urban agriculture. *Earthscan publishing*, London-Sterling, VA, (2009) 35 - 58
- [4] - Ministère de l'Agriculture de Côte d'Ivoire. Etat des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Second rapport national, (2009) 64 p.

- [5] - FAO. Growing greener cities in Africa. First status report on urban and peri-urban horticulture in Africa. FAO edition, Rome, (2012) 111 p.
- [6] - L. FONDIO, C. KOUAME, A. H. DJIDJI, et D. TRAORE, Caractérisation des systems de culture integrant le gombo dans le maraîchage urbain et péri-urbain de Bouaké dans le centre de la Côte d'Ivoire. *International Journal of biological and Chemical Sciences*, 5 (3) (2011) 1178 - 1189
- [7] - D. SONIIA, Growing beans in the city : a case study of Kmpala, Uganda. *Occasional publications series*, N° 39 (2003) 22 p.
- [8] - S. SORO, M. DOUMBOUYA, et D. KONE, Potentiel infectieux des sols de cultures de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sous abris et incidence de l'âge de repiquage sur la vigueur des plantes vis-à-vis de *Pythium* sp à Songon-Dabou Côte d'Ivoire. *Tropicultura*, 28 (3) (2008) 173 - 178
- [9] - Réseau Africain pour le Développement de l'Horticulture (RADHORT). La culture du haricot nain au Sénégal. FAO édition. RADHORT PUBLICATIONS, (2012) 38 p.
- [10] - K. W. SEEBOLD, Bean diseases. University of Kentucky, College of Agriculture, Food and Environment. *Plant pathology fact sheet*, N° 16 (2014) 8 p.
- [11] - P. DAVET, A. RAVISSE, C. BAROUDY, La microflore fongique des racines du haricot au Liban. *Annales de Phytopathologie*, 12 (3) (1980) 235 - 252
- [12] - S. BOUDIH, Identification des moisissures et de leurs métabolites secondaires colonisant des supports papiers : évaluation de la toxicité sur des cellules épithéliales respiratoires in vitro. Thèse de Doctorat de l'Université Paris-Est, (2011) 187 p.
- [13] - A. H. A. AL-ABDALALL, Pathological studies of fungal associated with pulse seed during storage in Damman province, Kingdom of Saudi Arabia. *Middle Eastern and Russian journal of plant science and biotechnology*, 2 (2) (2008) 71 - 77
- [14] - K. MONA, H. I. ESSAM, AL A. SAAD, AL R. SULAIMAN, and S. SAZADA, Microbial Suppressiveness of *Pythium* Damping-Off Diseases in M. K. Meghvansi, A. Varma (eds.) : Organic Amendments and Soil Suppressiveness in Plant Disease Management, Soil Biology Vol 46. *Springer International Publishing Switzerland*, (2015) 187 - 206 p.
- [15] - T. PARVEEN and K. SHARMA, *Pythium* diseases, control and management strategies: a review. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 5 (1) (2014) 244 - 257
- [16] - F. SUFFERT, Processus et mécanismes centrés sur l'inoculum : une approche fonctionnelle et expérimentale de l'épidémiologie végétale. Notice de travaux d'habilitation à diriger des recherches de l'Université Paris Sud, (2015) 107 p.
- [17] - R. BURUCHARA, Bean diseases and pest identification and management. CIAT publication no. 371. Handbooks for small-scale seed producers, N° 4 (2010) 67 p.
- [18] - J. K. YOUNG, K. H. BYUNG, W. P. KUEN, Expression of age-related resistance in pepper plants infected with *Phytophthora capsici*. *Plant Disease*, 73 (9) (1989) 745 - 747
- [19] - G. CHONGO and B. D. GOSSEN, Effect of plant age on resistance to *Ascochyta rabiei* in Chickpea. *Canadian Journal Plant pathology*, 23 (2001) 358 - 363