

Inventaire Des Champignons Pathogènes Post-Récolte De La Banane Dessert « Cavendish » Et Evaluation De Leur Sensibilité A L’Azoxystrobine En Côte d’Ivoire

Kouakou Théodore Kouadio, (Maître-assistant, Phytopathologiste)

Thérèse Atcham Agneroh, (Maître de Conférences, Phytopathologiste)

Jean Pohé, (Maître de Conférences, Phytopathologiste)

Eric-Olivier Tienebo, (Assistant, MSc, Phytopathologiste)

Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Département Agriculture et Ressources Animales, Laboratoire de Phytopathologie et de Biologie Végétale, BP 1313 Yamoussoukro, Côte-d’Ivoire

N’sou Isis Lucie Victoire Ohoussou, (Ing. Agronome)

Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Ecole Supérieure d’Agronomie, BP 1313 Yamoussoukro, Côte d’Ivoire.

doi: 10.19044/esj.2017.v13n21p26 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p26](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p26)

Abstract

This study was aimed at drawing up an inventory of the post-harvest pathogenic fungi of banana dessert and to assess their susceptibility to Azoxystrobin. A sampling was carried out in banana fruit processing factories of the main Ivorian zones of banana production (Niéké, Aboisso-Ayamé-Akressi and Tiassalé). The identification and frequency of isolation of the fungal species associated with the affected parts of the fruit was based on their cultural aspects, reproductive structures and percentage of contamination. The susceptibility of post-harvest fungi to different doses of Azoxystrobin 3.5, 4 and 4.5 g/hl was compared to a reference product, Bitertanol at a dose of 2 g/hl and to a check where only water is applied. Of the 13 pathogenic fungal species isolated, *Botryodiplodia theobromae* was the most recurrent and was identified as the main causal agent of post-harvest rots. It is followed by *Colletotrichum musae*, *Aspergillus niger*, *Fusarium moniliforme*, *Geotrichum candidum*, *Fusarium semitectum* and *Aspergillus flavus*, in which the isolation frequencies are significantly different. The results on the susceptibility of pathogenic fungi to Azoxystrobin show that the three doses of Azoxystrobin have significantly

different effects from that of the reference product and the check. They reduce infection rates up to 91.67% and give a high proportion of marketable fruits, respectively. Surprisingly, the dose of the reference product gives a low rate of reduction of infections (49%) and a proportion of marketable fruit that is significantly identical to that of water treatment.

Keywords: Banana fruit, Post-harvest fungi, Efficiency, Fungicide, Ivory Coast

Résumé

L'objectif de cette étude était de faire l'inventaire des champignons pathogènes post-récolte de la banane dessert et d'évaluer leur sensibilité à l'Azoxystrobine. Un échantillonnage dans des usines de conditionnement de bananes des fortes zones de production ivoirienne (Niéký - Dabou, Aboisso-Ayamé-Akressi, et Tiassalé) a donc été réalisé. L'identification et la fréquence d'isolement des espèces fongiques associées aux parties du fruit affectées ont été effectuées en tenant compte des aspects culturels, reproducteurs et du pourcentage de contamination. La sensibilité des champignons post-récolte à différentes doses d'Azoxystrobine 3,5, 4 et 4,5 g/hl a été comparée à celle d'un produit de référence, le Bitertanol à la dose de 2 g/hl et un traitement témoin à l'eau. Parmi les 13 espèces fongiques pathogènes isolées *Botryodiplodia theobromae* était le plus récurrent et a été identifié comme étant le principal agent causal des pourritures post-récolte. Il est suivi de *Colletotrichum musae*, *Aspergillus niger*, *Fusarium moniliforme*, *Geotrichum candidum*, *Fusarium semitectum* et *Aspergillus flavus* dont les fréquences d'isolement sont significativement différentes. Les résultats sur la sensibilité des champignons pathogènes à l'Azoxystrobine montrent que les trois doses d'Azoxystrobine ont des effets identiques mais significativement différents de celui du produit de référence et du témoin. Elles permettent d'obtenir des taux de réduction des infections jusqu'à 91,67 % et une proportion élevée de fruits commercialisables. Par ailleurs, la dose du produit de référence donne un faible taux de réduction des infections (49%) et une proportion de fruits commercialisables significativement identique à celle du traitement à l'eau.

Mots-clés : Banane, Champignons post-récolte, Efficacité, Fongicides, Côte d'Ivoire

Introduction

La banane constitue une base alimentaire et une source de revenus dans plus de 120 pays en développement pour des millions de personnes (Lassoudière, 2012) au même titre que le blé, le riz ou le maïs. La production

mondiale de bananes est estimée à 110 millions de tonnes de fruits par an (FAOstat, 2016). Malgré l'importante diversité génétique au sein du genre *Musa* (plus de 1000 variétés de bananiers), le marché d'exportation est dominé par les cultivars du sous-groupe Cavendish (groupe génomique AAA) qui fournit 97 % du marché international (Loeillet, 2005 ; Lassoudière, 2012). Ce sous-groupe a été adopté dans presque toutes les régions tropicales humides pour son énorme potentiel productif associé à une bonne précocité et une taille réduite de la plante adulte (Lassois, 2009). En Côte d'Ivoire, la production de banane dessert a été estimée à 260 000 tonnes en 2014 et le pays est considéré comme le premier fournisseur africain de banane dessert (variétés Grande Naine et William) sur le marché de l'Union européenne (FAOstat, 2016). Cependant, de lourdes menaces parasitaires pèsent sur ces productions bananières du fait de l'étroitesse de la diversité variétale et de la monoculture intensive. Parmi les contraintes, les maladies fongiques comme la cercosporiose noire et la cladosporiose, dues respectivement à *Mycosphaerella fijiensis* et *Cladosporium musae*, constituent la principale perte de rendement et affectent le feuillage de l'hôte (SurrIDGE *et al.*, 2002 ; Koné *et al.*, 2006 ; Essis *et al.*, 2016). D'autres mycoses, propres aux fruits, causent d'importants dégâts et pertes économiques allant généralement de 10 à 85 % tant dans les pays développés que dans les pays en développement (Ducamp & Sagoua, 2011). Il s'agit des maladies de conservation comme les pourritures de couronnes et l'antracnose causées respectivement par un complexe fongique (principales espèces *Colletotrichum musae*, *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium* sp.) et *Colletotrichum musae* (Lassois *et al.*, 2010 ; Ewané *et al.*, 2012 ; Abd-Alla *et al.*, 2014). Pour lutter contre ces maladies fongiques post-récolte, la méthode la plus utilisée dans les usines de conditionnement est l'emploi de fongicides sans connaissance précise des agents causaux. Etant donné que les fongicides ont un spectre d'activité lié aux groupes taxonomiques des champignons présents, leur utilisation systématique peut entraîner des problèmes de résistance de certaines espèces non identifiées. Sur la probabilité de la présence de telles espèces pouvant détériorer la qualité des fruits et causer leur rejet au marché international, une étude méritait d'être effectuée sur l'efficacité des fongicides sur la base des champignons phytopathogènes réellement identifiés sur les bananes.

L'objectif de cette étude a donc consisté à faire un inventaire des champignons pathogènes responsables des maladies post-récolte de la banane dessert dans la partie sud-est de la Côte d'Ivoire. En outre, elle a évalué la sensibilité de ces champignons pathogènes à l'Azoxystrobine en comparaison au Bitertanol, produit de référence homologué encore en Côte d'Ivoire malgré des recommandations de retrait et son interdiction par l'Union Européenne (PIP, 2011).

Matériels et Méthodes

Matériel biologique

Le matériel végétal est constitué uniquement de fruits de la banane dessert de la variété Grande Naine du sous-groupe des Cavendish. Ils ont été échantillonnés dans différentes usines de conditionnement en Côte d'Ivoire et réunis en un lot unique.

Fongicides testés

Le matériel technique est constitué du matériel de laboratoire qui a permis de faire les analyses et les produits fongicides testés. Les différents traitements sont effectués avec des produits chimiques de formulations suspensions concentrées. Un fongicide systémique a été testé à la concentration 250 g/l d'Azoxystrobine. Le fongicide de référence utilisé est un fongicide de contact contenant 500 g/l de Bitertanol.

Méthodes

Inventaire des champignons pathogènes post-récolte de la banane dessert

L'inventaire a été effectué en identifiant les espèces fongiques associées aux différentes parties du fruit à partir de leurs aspects culturaux et reproducteurs. Pour ce faire, le matériel biologique a dû être échantillonné, les champignons pathogènes isolés sur des milieux de culture pour que des observations macro et microscopiques des colonies puissent permettre leur identification spécifique.

Echantillonnage du matériel biologique

L'échantillonnage s'est fait dans les fortes zones de production de bananes en Côte d'Ivoire. Ces zones, au nombre de trois, sont la zone du Niéky et des vallées lagunaires, la zone de Tiassalé et la zone d'Aboisso-Ayamé-Akressi. Cinquante (50) bananes mures ont été échantillonnées de façon aléatoire dans les usines de conditionnement dans chacune des 3 sociétés de plantations (SAKJ, SPDCie, BATIA) des zones visitées. Elles ont été emmaillotées dans un film plastique transparent et placées dans un conteneur hermétique aseptisé. L'ensemble a été transporté au laboratoire de Phytopathologie et de Biologie Végétale de l'INP-HB de Yamoussoukro pour des analyses mycologiques.

Isolement des champignons au laboratoire

Les symptômes apparus sur les fruits ont été décrits. La nature de la putréfaction et l'ampleur des dommages sur les fruits ont été soigneusement estimées selon la méthode de Sawant *et al.* (2011). Ensuite les bananes collectées ont été désinfectées en surface : elles ont été lavées à l'eau

savonneuse délicatement puis trempées dans une solution d'hypochlorite de sodium concentrée à 12° de chlore pendant 2 mn et enfin rincées deux fois à l'eau stérile avant de les sécher sous hotte à flux laminaire dans des bacs stériles. La surface des parties infectées a été légèrement frottée avec du coton hydrophile imbibé d'éthanol à 70° et flambé sous la hotte. Toujours sous la hotte à flux laminaire et près de la flamme d'un bec Bunsen, la surface de l'apex, du pédoncule, de l'épicarpe ou de la pulpe des bananes a été rafraîchie à l'aide d'un scalpel stérile. Au front de croissance des lésions, des fragments rectangulaires de 1 cm environ de côté ont été prélevés à l'aide d'une aiguille lancéolée et déposés individuellement sur des milieux de culture de *Potato Dextrose Agar* (PDA, pour un volume de 1000 ml d'eau distillée, 20 g de gélose, 10 g de glucose, 250 g de pomme de terre) dans des boîtes de Pétri. Les milieux ensemencés ont été ensuite incubés dans l'obscurité dans une étuve à 28°C et examinés tous les 12 h. Des repiquages successifs ont permis d'obtenir des cultures pures (Meddah *et al.*, 2010). Les colonies purifiées ont été photographiées et des montages entre lames et lamelles soit dans de l'eau pure ou du bleu de méthylène ont été réalisées à des fins d'identification des espèces présentes sur la base de la morphologie des conidies.

Paramètres observés

L'aspect morphologique macroscopique des colonies (couleur, forme), et les organes structuraux végétatifs et/ou reproducteurs ont été notés. L'identification exacte de chaque espèce fongique pathogène a été possible sous microscope optique à l'aide des clés de détermination de divers ouvrages notamment ceux de Charpentier *et al.* (1963) et Champion (1997). Le pourcentage d'infection et/ou de contamination (PC) de chaque espèce fongique selon les parties du fruit affectées a été calculé selon la méthode de Ponchet (Meddah *et al.*, 2010). Le PC définit la fréquence d'isolement des différents champignons à partir de 100 lésions présentes sur les fruits étudiés selon l'équation :

PC = (NFI / NTF) x 100 où NFI désigne le nombre de lésions causées par une espèce fongique donnée et NTF est le nombre total de lésions.

Sensibilité comparée des champignons présents sur les bananes récoltées à 2 matières actives

L'efficacité de l'Azoxystrobine a été testée à différentes doses (3,5 g/hl, 4 g/hl et 4,5 g/hl) et comparée à celle d'un produit couramment utilisé dans les usines de conditionnement à base de Bitertanol à la dose est de 2 g/hl. L'évaluation de l'efficacité des différentes doses s'est basée sur le taux de réduction des infections et de la proportion des fruits commercialisables. Les bananes qui ont servi à cette expérimentation ont été prélevées dans les usines de conditionnement de la SDPCie de la zone du Niéky et étaient

jugées aptes à l'exportation. Le régime a été découpé en bouquets de 5 doigts de bananes. Chaque traitement était appliqué à 5 bouquets dans un dispositif expérimental en 3 blocs complets randomisés (Tableau 1).

Tableau 1 : Dispositif expérimental en blocs de Fischer

Bloc I	Bloc II	Bloc III
Tr	T0	T1
T2	T1	Tr
T3	T2	T0
T0	Tr	T4
T1	T3	T3

- T0 : Traitement témoin. Les fruits sont traités à l'eau sans produit fongicide ;
- Tr : Traitement avec le produit de référence Bitertanol (BAYCOR 500 SC) à la concentration 2 g/hl d'eau ;
- T1 : Traitement avec le produit à base d'Azoxystrobine à la dose de 3,5 g/hl d'eau ;
- T2 : Traitement avec le produit à base d'Azoxystrobine à la dose de 4 g/hl d'eau ;
- T3 : Traitement avec le produit à base d'Azoxystrobine à la dose de 4,5 g/hl d'eau.

Conduite de l'essai

Les bananes ont été trempées pendant 3 mn dans les différentes préparations des produits fongicides à tester. Chaque préparation avait un volume total de 10 L d'eau. Pour le traitement témoin, les fruits ont été trempés dans 10 L d'eau.

Les bananes traitées ont été mises dans un sachet en plastique par modalité et laissées à l'air ambiant pendant 72 heures. Par la suite, les fruits ont été trempés pendant 2 mn dans une préparation d'éthylène (en vue de la régulation du mûrissement des bananes) à la dose 13,5 ml/10 L, puis retirés et remis dans leurs sachets d'origine. À partir du jour de l'apparition des premières lésions (4 jours après avoir retiré les bananes de l'éthylène), des observations ont été effectuées pendant 5 jours.

Paramètres observés

L'évaluation des paramètres a été effectuée au stade tournant jaune des fruits c'est-à-dire à la sortie de l'éthrelage. Elle a permis de déterminer en 5 jours, le Nombre Moyen des Infections Naturelles (NMIN) et le Nombre Moyen des Fruits Dépréciés (NMFD) par au moins une lésion dans une modalité de 25 fruits. Les lésions observées sur les fruits ont été comptées quotidiennement pendant 5 jours. A partir de ces données du NMIN et du NMFD, le Taux de Réduction des Infections Naturelles

(TRIN) a été déterminé par la formule d'ABBOTT et la Proportion de Fruits Commercialisables (PFC) a été calculée. Les formules sont les suivantes :

- **Taux de Réduction des Infections Naturelles (TRIN) =**
$$\left(\frac{NMIN(T) - NMIN(O)}{NMIN(T)} \right) * 100$$
 où NMIN (T) : Nombre Moyen des Infections

Naturelles dans le lot du traitement témoin et NMIN (O) : Nombre Moyen des Infections Naturelles dans le lot du produit testé.

- **Proportion de Fruits non Commercialisables (PFC) =**
$$\left(\frac{NMFD(T) - NMFD(O)}{NMFD(T)} \right) * 100$$
 où NMFD(T) : Nombre Moyen des Fruits

Dépréciés par au moins une lésion dans le lot du traitement témoin ; NMFD(O) : Nombre Moyen des Fruits Dépréciés par au moins une lésion dans le lot du produit testé.

Analyse statistique

L'ANOVA au seuil de signification de 5% s'est fait avec le logiciel SPSS 20.0 sur les paramètres PC, TRIN et PFC. En outre, en cas de différence significative, le test de comparaison multiple des moyennes de Newman-Keuls a été appliqué.

Résultats

Symptômes observés et fréquence d'isolement des champignons parasites

Il a été observé qu'en général, l'infection commence au niveau de l'extrémité du pédoncule ou de l'extrémité apicale du fruit. La pulpe devient très molle et de couleur brune à noirâtre avec souvent des fructifications blanchâtres à orangées (Figure 1). Il a été isolé 13 espèces de champignons à partir de différentes lésions et pourritures du fruit (Tableau 2) dont quelques unes sont illustrées à la Figure 2. Il a été constaté que (Figure 3) les champignons les plus fréquents sur la banane dessert en Côte d'Ivoire sont : *Botryodiplodia theobromae*, *Aspergillus niger*, *Fusarium moniliforme*, *Colletotrichum musae* et *Fusarium solani* avec des pourcentages d'infection respectives de 23,93% ; 23,08% ; 23,08% ; 16,24% et 7,69%.

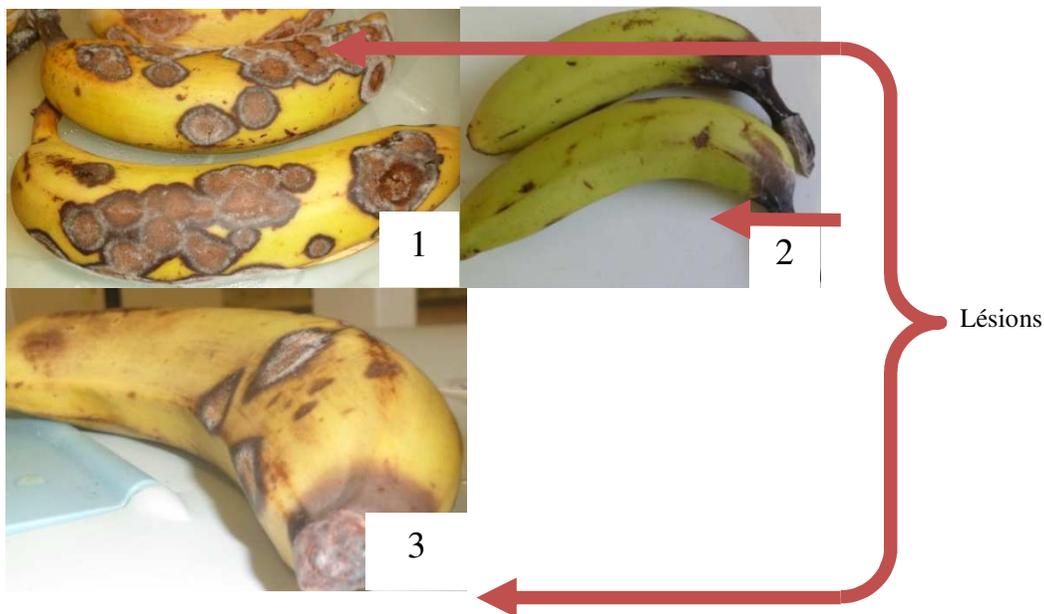


Figure 1 : Lésions sur des fruits du bananier

- 1- Lésions sur l'épicarpe des fruits
- 2- Lésions sur le péduncule des fruits
- 3- Lésions sur l'apex des fruits

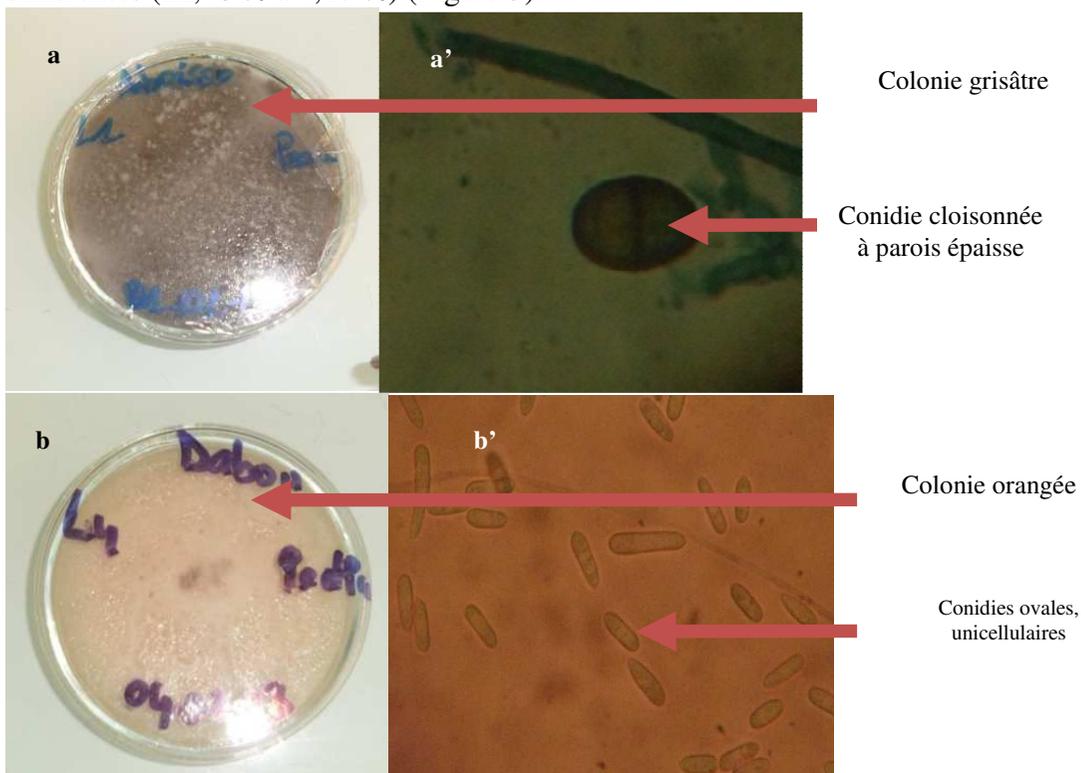
Tableau 2 : Mycoflore associée aux différentes parties du fruit de la banane dessert cultivée dans le sud-est de la Côte d'Ivoire.

Espèces fongiques	Épicarpe	Pulpe	Couronne	Apex
<i>Botryodiplodia theobromae</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Aspergillus niger</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Fusarium moniliforme</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Colletotrichum musae</i>	✓	✓	✓	✓
<i>Fusarium solani</i>	-	-	✓	✓
<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	✓	✓	✓
<i>Alternaria alternata</i>	-	-	-	✓
<i>Aspergillus flavus</i>	✓	✓	-	✓
<i>Rhizopus stolonifer</i>	✓	-	✓	-
<i>Fusarium semitectum</i>	✓	-	-	-
<i>Fusarium tricuntum</i>	-	-	-	✓
<i>Nigrospora musae</i>	-	-	-	✓
<i>Geotrichum candidum</i>	✓	-	-	-

✓ : présence du champignon ;
 - : absence du champignon

La fréquence d'isolement des espèces fongiques dépend de la source d'isolement (apex, péduncule, peau ou pulpe du fruit). En effet, 10 espèces ont été isolées à partir de l'apex, 7 du péduncule, 8 de l'épicarpe et 6 de la pulpe des fruits (Tableau 2).

Botrodiploia theobromae est l'espèce la plus fréquente sur l'épicarpe (33,89%). Elle est suivie respectivement de *C. musae*, *A. niger*, *F. moniliforme*, *G. candidum*, *F. semitectum* et *A. flavus* dont les fréquences d'isolement sont significativement différents allant de 25% à 2,78% (Figure 3). Sur la pulpe des fruits, les 6 espèces isolées sont *B. theobromae* qui est l'espèce fongique la plus dominante avec une fréquence d'isolement de 40,74%. Elle est suivie de *C. musae* (20,83%), d'*A. niger* (18,06%), de *F. moniliforme* (16,67%), d'*A. flavus* (4,17%) et d'*A. fumigatus* (1,85%) (Figure 3). Au niveau du pédoncule, l'espèce *B. theobromae* est significativement la plus dominante avec une fréquence de 42,92 % suivie d'*A. niger* (27,08%), de *C. musae* (23,33%), de *F. moniliforme* (10,42%), d'*A. fumigatus* (8,33 %), de *R. stolonifer* (8,33%) et *F. solani* (6,67%) (Figure 3). Sur l'apex, pratiquement toutes les espèces fongiques isolées ailleurs ont été retrouvées avec des fréquences d'isolement significativement différentes (22,46 % à 4,17 %) (Figure 3).



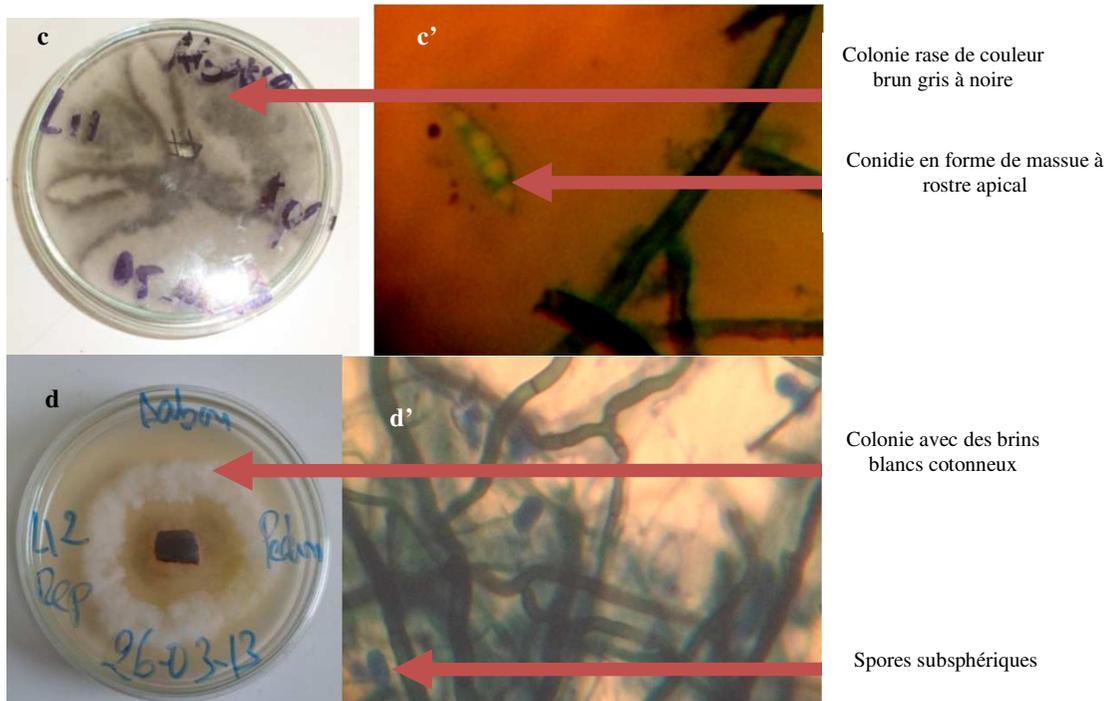
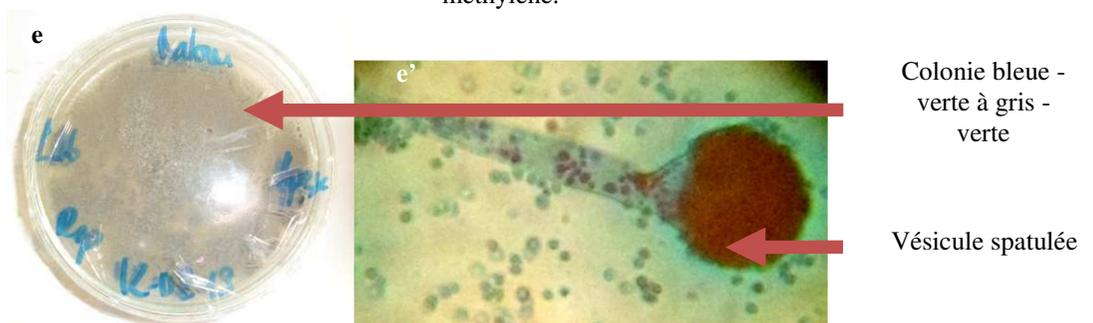


Figure 2 : Divers champignons isolés des fruits de bananier dessert et/ou aspect macroscopique des espèces sur milieu PDA et/ou aspect microscopique de champignons (a,a') : *Botryodiplodia theobromae* (x400); (b,b') : *Colletotrichum musae* (x400); (c,c') : *Alternaria alternata* (x400); (d,d') : *Nigrospora musae* (x400). (a,b,c,d) : aspect macroscopique des espèces de champignons sur milieu PDA (recto de la boîte de Pétri) ; (a',b',c',d') : aspect microscopique de champignons. Liquide de montage : bleu de méthylène.



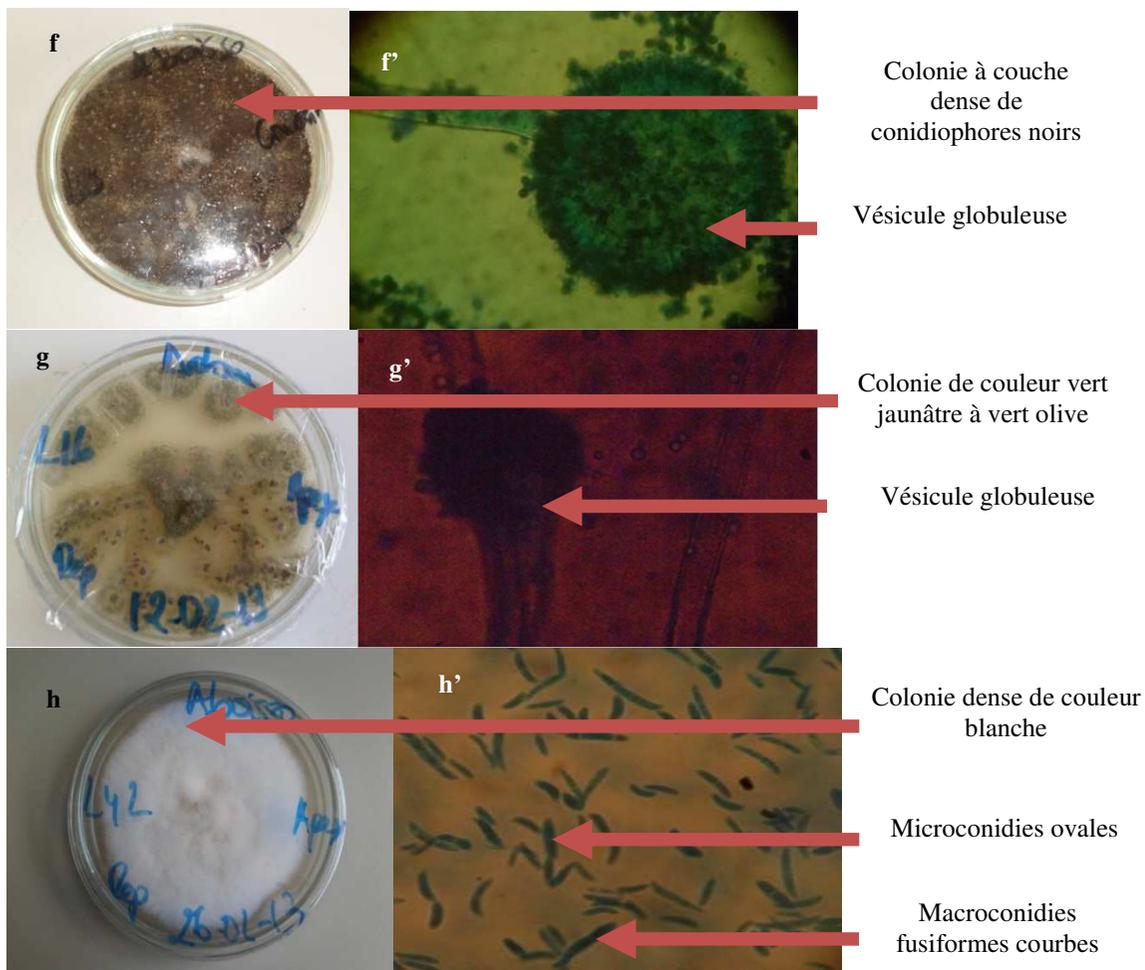


Figure 2 (suite) : Divers champignons isolés des fruits de bananier dessert et aspect macroscopique des espèces sur milieu PDA et/ou aspect microscopique de champignons. (e,e') : *Aspergillus fumigatus* (x400) ; (f,f') : *Aspergillus niger* (x400) ; (g,g') : *Aspergillus flavus* (x400) ; (h',h') : *Fusarium solani* (x400). (e,f,g,h) : aspect macroscopique des espèces de champignons sur milieu PDA (recto de la boîte de Pétri) ; (e',f',g',h') : aspect microscopique de champignons. Liquide de montage : bleu de méthylène.

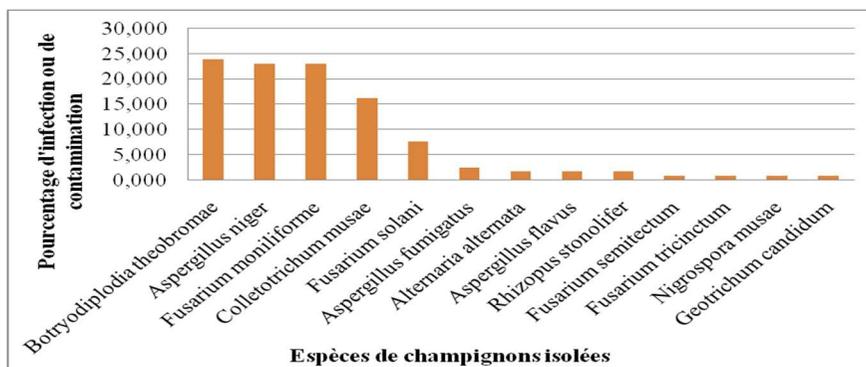


Figure 3 : Fréquence d'isolement des champignons sur bananes dessert conditionnées en Côte d'Ivoire

Efficacité de l’Azoxystrobine vis-à-vis des champignons des maladies post-récolte de la banane

L’efficacité de l’Azoxystrobine est exprimée par le Taux de Réduction des Infections Naturelles (TRIN) obtenue à partir du Nombre Moyen des infections Naturelles sur les fruits et aussi par la Proportion de Fruits non Commercialisables (PFC) obtenue en faisant le rapport entre le nombre de fruits infectés et le nombre total de fruits.

L’analyse de la variance du TRIN des bananes a permis de mettre en évidence l’existence d’une différence très hautement significative ($p = 0,000066$) entre les traitements. La comparaison des moyennes a différencié trois groupes distincts : le témoin non traité, le traitement par le produit de référence et l’ensemble des traitements par les différentes doses de l’Azoxystrobine. Le traitement par le produit de référence a entraîné une réduction faible des infections (49%). Cependant, les traitements par les différentes concentrations d’Azoxystrobine ont permis d’obtenir un taux de réduction élevée des infections. La Figure 4 représente les TRIN des différents traitements.

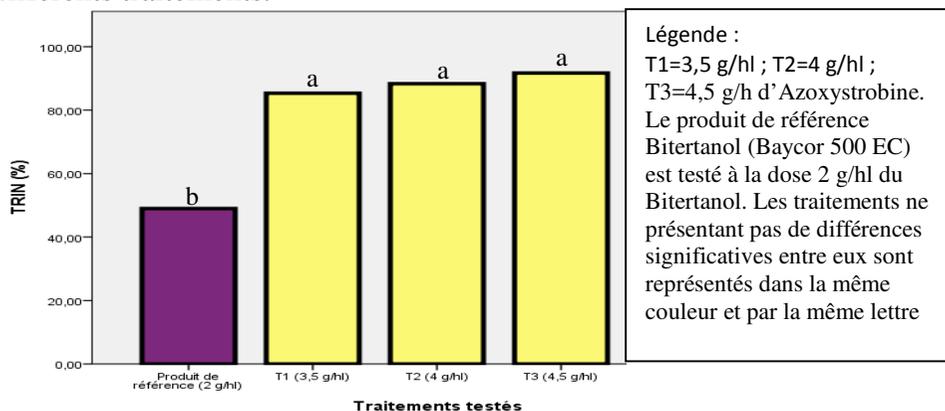


Figure 4 : Taux de réduction des infections naturelles des différents traitements.

L'analyse de la variance du PFC a mis en évidence une différence très hautement significative ($p = 0,000015$) entre les traitements. La comparaison des moyennes a différencié deux groupes distincts : d'une part l'ensemble formé par le témoin non traité et le traitement par le produit de référence et d'autre part l'ensemble des traitements issus des différentes concentrations de l'Azoxytrobine. Le traitement par le produit de référence n'a pas permis d'obtenir une proportion de fruits commercialisables (0 %). Il est significativement identique au témoin non traité. Par contre, les traitements par les différentes doses d'Azoxytrobine ont permis d'obtenir une proportion moyenne de fruits commercialisables (Figure 5).

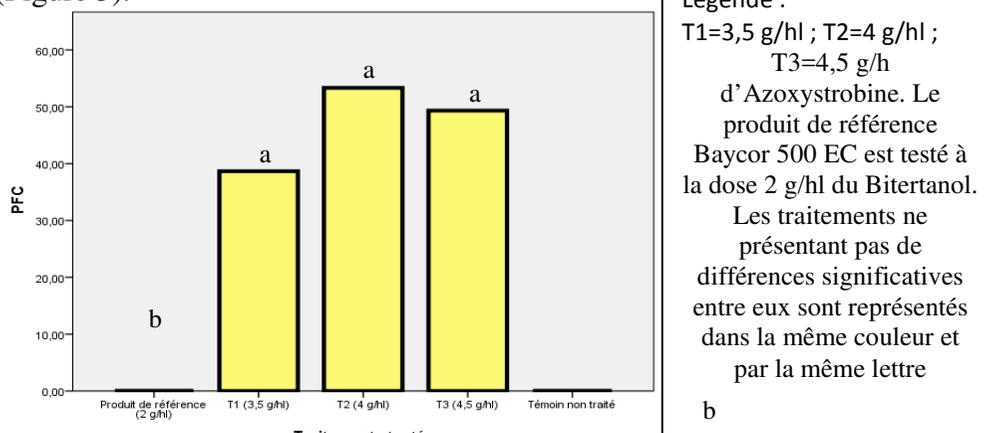


Figure 5 : Proportion des fruits commercialisables des différents traitements.

Discussion

Champignons parasites isolés

En raison de sa fragilité, la banane (Cavendish) est très sensible à l'attaque des champignons (Meddah *et al.*, 2010). Il a été observé qu'en général, l'attaque commence au niveau de l'extrémité supérieure. Cela pourra s'expliquer par la présence des blessures à ces parties lors de la manipulation des fruits (par exemple la coupure du régime en bouquet, l'élimination des pièces florales). La pulpe pourrie largement prend une couleur brun-noirâtre.

Les champignons sont responsables de nombreuses maladies de la banane. Dans cette étude, les champignons les plus rencontrés sont *B. theobromae*, *A. niger*, *F. moniliforme*, *C. musae* et *F. solani*. Ce résultat concorde avec celui de Sepiah et Nikmohd (1987) en Asie où il a été observé que les champignons pathogènes les plus souvent rencontrés et les plus importants sur la banane *Musa* AA 'Emas', AAA 'Embun' et AAA 'Berangan' lors du stockage sont : *Botryodiplodia theobromae*, *Colletotrichum* spp. et *Fusarium* spp. De même ces espèces fongiques étaient les plus observées sur

les bananes desserts cultivars « Williams » en Egypte (Abd-Alla *et al.*, 2014). En outre, il a été observé que *B. theobromae*, responsable de la pourriture de la banane, est l'espèce la plus rencontrée dans les usines de reconditionnement de bananes (Cv Grande Naine) des structures industrielles bananières de Côte d'Ivoire. En effet, le champignon se trouve dans les régions tropicales et subtropicales, causant de nombreux types de maladies, mais provoque surtout la pourriture des fruits pendant l'entreposage. *Botryodiplodia theobromae* est connu pour infecter les jeunes fruits en développement dans le champ, probablement par les blessures (Lassois *et al.*, 2010 ; Twumasi *et al.*, 2014). En Inde, il a été également observé la pourriture due à *B. theobromae*, et l'ampleur des pertes subies par celle-ci est souvent élevée (Williamson et Tanden, 1966 ; Boruah *et al.*, 2004). Ces résultats s'accordent avec ceux de Twumasi *et al.* (2014) qui ont également montré qu'au Ghana *B. theobromae* occasionne des dégâts et des pertes économiques importants sur les bananes. Par contre, en Egypte l'espèce la plus isolée fut *F. semitectum* suivie de *Colletotrichum* (Abd-Alla *et al.*, 2014). L'espèce *C. musae* a été isolée sur toutes les parties du fruit. Ce champignon est l'un des plus dommageables pour les bananes (Cannon *et al.*, 2012 ; Lassois et de Lapeyre de Bellaire, 2014). Présent sur les pédoncules des fruits verts et blessés ou intacts et murissants, il induit rapidement une pourriture noire qui envahit tout le pédoncule et gagne la base du fruit. Les maladies causées par des espèces de *Colletotrichum* se produisent sur une large gamme d'espèces à la fois avant et après la récolte (Cannon *et al.*, 2012 ; Sarkar, 2016). Les problèmes post-récolte causées par ces espèces sont particulièrement répandus dans les régions tropicales (Cannon *et al.*, 2012). Les espèces d'*Aspergillus* ont été retrouvées sur toutes les parties du fruit. Celles-ci contaminent fréquemment les céréales et leurs dérivés mais aussi les fruits et légumes en conservation (Leyral et Vierling, 2007). *Aspergillus niger* est l'une des espèces d'*Aspergillus* couramment rencontrées pendant le stockage des pommes, des mangues et des bananes (Leyral et Vierling, 2007). Au Sénégal, Diedhiou *et al.* (2014) ont rapporté qu'outre *A. niger*, *A. flavus* a été fréquemment isolée sur les fruits de bananes en conservation. Les espèces du genre *Fusarium* ont été isolées à des fréquences variables à partir des différentes parties du fruit. *Fusarium tricinctum* a été isolée sur l'apex des fruits tandis *F. semitectum* n'a été isolée qu'à partir de la peau des fruits. *Fusarium semitectum* a été également isolé uniquement sur la peau des fruits de banane (*Musa acuminata* L.) au Maroc (Meddah *et al.*, 2010) et en Egypte (Abd-Alla *et al.*, 2014). C'est une espèce à très large gamme d'hôtes et provoque la pourriture des fruits sur *M. sapientum*. *Fusarium moniliforme* a été retrouvée sur toutes les parties du fruit. Cette espèce colonise fréquemment en climat subtropical l'extrémité des bananes, provoquant une pourriture noirâtre externe, accompagnée d'une

nécrose brune rougeâtre puis presque noire de l'axe et de la pulpe sous-jacente du fruit. Elle est fréquemment isolée des couronnes qu'elle contribue à dégrader en association avec les autres micro-organismes (Laville, 1994).

Evaluation des fongicides

L'Azoxystrobine s'est montré très efficace en réduisant des lésions. Le Bitertanol a eu un faible taux de réduction des infections sur la proportion de fruits commercialisables. La différence d'efficacité peut résulter de la différence du mode d'action des matières actives. En effet, l'Azoxystrobine est un fongicide systémique à triple efficacité - anti germinative en bloquant la germination des spores - anti mycélienne : les champignons sont stoppés dans leur croissance – anti sporulante : cela conduit à un arrêt des contaminations ultérieures par manque d'inoculum secondaire. Elle a aussi un mode d'action nouveau lui conférant un haut niveau d'activité sur les quatre phylums majeurs de champignons ou pseudo-champignons phytopathogènes : Ascomycètes, Deutéromycètes, Basidiomycètes et Oomycètes (Godet *et al.*, 2007). Le Bitertanol, de la famille des triazoles, qui entrave la biosynthèse de l'ergosterol, a cependant une spécificité d'action et par conséquent un nombre limité de cibles (oligosites). Des études similaires ont été faites par Rochel (2001) comparant l'efficacité de l'Azoxystrobine et un fongicide de la famille des triazoles, l'Epoxiconazole. Il a été montré que l'Azoxystrobine inhibe 90 % des infections causées par *Mycosphaerella graminicola* sur le blé lorsque celle-ci est appliquée après pénétration du pathogène et que les traitements curatifs et préventifs avec l'Azoxystrobine ont augmenté la durée d'incubation de la maladie, dont l'effet était différent de celui de l'Epoxiconazole. Aussi, dans une étude faite au Maroc par Bouigoumane *et al.* (2008), l'Azoxystrobine s'est montré efficace contre le développement en surface de *F. oxysporum* et contre le développement en profondeur d'*Aspergillus fumigatus* et *Alternaria tenuissima* sur des poires en chambre froide. Selon Bertelson *et al.*, (2001), l'Azoxystrobine inhibe la croissance mycélienne et la germination des spores de *A. alternata* et réduit la formation des papilles de ce champignon sur les feuilles de blé. De plus, Attrassi *et al.* (2005) ont montré que l'Azoxystrobine présente à 25 °C une efficacité moyenne sur les champignons *R. stolonifer*, *P. expansum*, *A. alternata* et *F. oxysporum* en inhibant le développement de la pourriture des pommes.

De cette étude, il en ressort que l'Azoxystrobine reste le fongicide le plus efficace pour la réduction des infections naturelles et pour l'augmentation de la proportion de fruits commercialisables de bananes comparé à la concentration couramment utilisée de Bitertanol. Par conséquent, l'Azoxystrobine peut être utilisée dans la lutte contre les pourritures post-récolte provoquées par les champignons sur la banane

dessert avec une dose de 3,5 g/hl. Etant donné que seule la technique culturale sur un seul milieu (le PDA) a été utilisée pour l'identification, la diversité des champignons isolés pourrait être limitée à ceux qui ont une croissance rapide sur PDA masquant ceux qui sont fastidieux à cultiver. D'autres techniques de cultures plus sélectives et moléculaires contribueront à un inventaire plus exhaustif.

Remerciements

Les auteurs remercient le personnel des plantations industrielles visitées ainsi que le Prof. Abo Kouabenan et toute l'équipe du Laboratoire de Phytopathologie de l'INP-HB Yamoussoukro (Côte d'Ivoire).

References:

1. Abd-Alla, M.A., El-Gamal, N.G., El-Mougy, N.S., Abdel-Kader, M.M. (2014). Post-harvest treatments for controlling crown rot disease of Williams banana fruits (*Musa acuminata* L.) in Egypt. *Plant Pathology & Quarantine*, 4(1), 1-12. Doi 10.5943/ppq/4/1/1.
2. Attrassi, K., Elmaoui, K., Ouazzani, Touhami, A., Badoc, A., & Douira, A. (2005). Biologie et physiologie des principaux agents fongiques de la pourriture des pommes en conservation et lutte chimique par l'azoxystrobine. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 144, 47-62.
3. Bertelson, J.R., De Neergaard, E., & Smedegaard – Petersen, V. (2001). Fungicidal effects of Azoxystrobin and Epoxiconazole, on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat. *Plant Pathology*, 50 (2), 190-205.
4. Boruah, P., Bhuyan, P. D., & Singh R.S. (2004). Fungal spoilage of banana in eastern sub Himalayan region in Assam. *Journal of Mycopathological Research*, 41 (2), 171-175.
5. Bouigoumane I., Selmaoui K., Ouazzani Touhami A. & Douira A., 2008. Efficacité in vitro et in vivo de différents fongicides sur le développement de la pourriture des poires dans la chambre froide d'Oulmès (Maroc). *Reviews in Biology and Biotechnology*, 7 (2), 37-47.
6. Cannon, P.F., Damm, U., Johnston, P.R. & Weir, B.S. (2012). *Colletotrichum*-current status and future directions, *Studies in Mycology* 73, 181–213. doi:10.3114/sim0014.
7. Champion, R. (1997). Identifier les champignons transmis par les semences. INRA, Paris, 398 p.
8. Charpentier, J.M. & Godefroy, J. (1963). La culture bananière en Côte d'Ivoire. Centre de Documentation de l'Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (IFAC), Côte d'Ivoire, 182 p.

9. Diedhiou, P.M., Zakari, A.H., Mbaye, N., Faye, R., & Samb, P.I. (2014). Control methods for post-harvest diseases of banana (*Musa sinensis*) produced in Senegal. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 3(5), 2014, 1648-1656.
10. Ducamp, M.N. & Sagoua, W. (2011). De nouveaux traitements post-récolte : des marchés en expansion pour les fruits tropicaux. CIRAD, UMR Qualisud, Montpellier, France, 9 p.
11. Essis, B., Kobenan, K., Traoré, S., Yati, J., Koné, D., Aby, N., & Thiémélé, D.E.F. (2016). Pression d'inoculum de la maladie des raies noires (MRN) causée par *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, dans les plantations industrielles de bananiers, en Côte d'ivoire. *European Scientific Journal* 12 (3) : 37-52.
12. Ewané C.A., Lepoivre P., de Lapeyre de Bellaire L., & Lassois, L. (2012). Involvement of phenolic compounds in the susceptibility of bananas to crown rot. A review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 16(3) : 393-404.
13. FAOstat. (2016). Banana statistics 2016. www.fao.org/economic/est/en. Consulté le 31 avril 2017.
14. Godet, F., Roques, J.F. & Compagnon, J.M., 2007. Azoxystrobin: a new broad-spectrum fungicide against cereal and grapevine diseases. *Phytoma-La Défense des végétaux*, n°498, pp. 52-54.
15. Koné, D., Kouadio, J.Y., Traoré, S., Kobenan, K., & Aké, S. (2006). Épidémiologie comparée de la cercosporiose noire et de la cladosporiose chez le bananier en côte d'ivoire. *Agronomie Africaine* 18 (2) : 175-185.
16. Lassois, L., Busogoro, J.L., & Jijakli, H. (2009). La banane : de son origine à sa commercialisation. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 13(4) : 575-586.
17. Lassois, L., de Lapeyre de Bellaire, L. (2014). Crown rot disease of bananas. In: Bautista-Banos S. (Ed.) Postharvest Decay, control strategies. Elsevier (2014), 103-130.
18. Lassois, L., Jijakli, M. H., Chillet, M., & de Lapeyre de Bellaire, L. (2010). Crown rot of bananas: Pre-harvest factors involved in post-harvest disease development and integrated control methods. *Plant Disease*, 94, 648-658.
19. Lassoudière, A. (2012). Le bananier. Un siècle d'innovations techniques. Editions Quae, France 352p.
20. Laville, E. (1994). La protection des fruits tropicaux après récolte, CIRAD-COLEACP, Tec & Doc, Lavoisier, 190 p.
21. Leyral, G., & Vierling, E. (2007). Microbiologie et toxicologie des aliments: hygiène et sécurité alimentaire. Centre régional de

- documentation pédagogique d'Aquitaine, 4^{ème} édition, Collection Biosciences et Techniques, 288p.
22. Loeillet, D. (2005). Le commerce international de la banane : entre évolution et révolution. *FruiT*op, 129, 2-19.
 23. Meddah, N., Ouazzani Touhami, A. & Douira, A. (2010). Mycoflore associée au bananier (*Musa accuminata* L.), variété Grande naine, cultivé sous serre dans la région du Gharb (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, 32 (1), 1-11.
 24. PIP (2011). Guide de bonnes pratiques phytosanitaires pour la banane (*Musa* spp. - banane plantain (matoke), banane pomme, banane violette, mini banane et autres bananes dites ethniques). Programme PIP et COLEACP, 54 p.
 25. Rochel, E. (2001). Identification des étapes pré-symptomatiques de l'infection du blé par *Mycosphaerella graminicola*, et évaluation des altérations causées par l'azoxystrobine. Thèse de doctorat. Faculté Sciences biologiques fondamentales et appliquées, Institut National Agronomique Paris-Grignon, France. 101p.
 26. Sarkar, A.K. (2016). Anthracnose diseases of some common medicinally important fruit plants, *Journal of Medicinal Plants Studies*, 4(3), 233-236.
 27. Sawant, S.G. & Gawai, D.U. (2011). Biochemical changes in banana fruits due to post-harvest fungal pathogens. *Current Botany*, 2 (1), 41-42.
 28. Sepiah, M. & Nikmohd, N.A.M. (1987). Actions du bénomyle et du prochloraze sur les maladies post-récolte de la banane. *Asean Food Journal (MYS)*, 3 (3-4), 101-104.
 29. Surridge, A.K.J., Viljoen, A., & Wehner, F.C. (2002). Fungi associated with banana foliage in South Africa. *Mycosphaerella* leaf spot diseases of bananas: present status and outlook, Proceedings of the 2nd International workshop on *Mycosphaerella* leaf spot diseases held in San José, Costa Rica, 20-23 May 2002. INIBAP, 99-102p.
 30. Twumasi, P., Ohene-Mensah, G., & Moses, E. (2014). The rot fungus *Botryodiplodia theobromae* strains cross infect cocoa, mango, banana and yam with significant tissue damage and economic losses, *African Journal of Agricultural Research* 9(6), 613-619.
 31. Williamson, D. & Tanden, R.N. (1966). Some pathological studies on *Botryodiplodia theobromae* Pat. causing banana rot. *Mycopathologia et mycologia applicata*, 29 (3-4), 245-253.