

RELATION ENTRE DENSITE STOMATIQUE ET REACTION A LA MALADIE DES RAIES NOIRES CHEZ DIFFERENTS GENOTYPES DE BANANIER ET DE BANANIER PLANTAIN

S. TRAORE¹, K. KOBENAN², K. E. KENDIA³, D. KONE¹ et D. TRAORE³

¹Université de Cocody ; UFR Biosciences, Laboratoire de Physiologie Végétale 22 B. P. 582 Abidjan 22

²Centre National de Recherche Agronomique ; Station de Bimbresso, Km 24, Route de Dabou. BP 1536 Abidjan 01 Côte d'Ivoire. E-mail : essykouman@yahoo.fr

³Université de Cocody ; UFR Biosciences, Lab. de Botanique 22 B. P. 582 Abidjan 22

RESUME

L'étude a été conduite à Azaguié-Schlaterer (5° 36' 03" N ; 4° 01' 50" W), une importante zone de production de bananes en Côte d'Ivoire. Les caractéristiques épidémiologiques de la maladie des raies noires [plus jeune feuille avec tirets (PJFT), plus jeune feuille nécrosée (PJFN), indice d'infection à 6 mois (II-6), indice d'infection à la floraison (II-F) et temps de développement de la maladie (TDM)] ont été comparées aux densités stomatiques chez Calcutta 4, (bananier sauvage diploïde), 4 cultivars triploïdes (Grande naine, Poyo : un sous groupe des cavendish, Corne 4 et Orishele ; du sous groupe des plantains à faux corne et 5 hybrides tétraploïdes (CRBP 39, PITA 14, FHIA 21, FHIA 23 et FHIA 25). La feuille de rang 1 (ayant achevé son déroulement après le cigare) a été subdivisée en 3 zones : proximale, médiane et distale par rapport au pétiole. Les stomates ont été dénombrés sur les 2 faces du limbe des fragments issus des 3 zones, après éclaircissement au lactophénol. La densité de stomates a varié avec la face du limbe et le type de cultivar. La face inférieure a eu en moyenne 4 (chez les types de dessert) à 7 (chez les types plantains) fois plus riche en stomates que la face supérieure. La régression linéaire a montré que la densité stomatique de la région médiane explique à 72 % l'indice d'infection de la cercosporiose à 6 mois. Des travaux complémentaires sont indispensables pour déterminer avec précision la relation entre le nombre de stomates par unité de surface de limbe et la réaction à la cercosporiose noire chez les bananiers.

Mots clés : Bananiers, cercosporiose noire, résistance, stomates, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

RELATIONSHIP BETWEEN STOMATIC DENSITY AND SENSITIVITY TO BLACK SIGATOKA IN DIPLOID, TRIPLOID AND TETRAPLOID HYBRIDS OF BANANAS AND PLANTAIN

The study was conducted at Azaguié-Schlaterer (5° 36' 03" N ; 4° 01' 50" W), one of the most important bananas production areas in Côte d'Ivoire. Epidemiological descriptors of black leaf streak disease [Youngest Leaf Spotted (YLS ; PJFT), Youngest Leaf Necrosed (YLN ; PJFN), Infection Index at 6 months (II-6), Infection Index at Flowering (II-F) and Disease Development Time (DDT ; TDM)] were compared to stomatic density in Calcutta 4, a diploid wild banana, 4 triploid clones (Grande naine, Poyo (Cavendish sub group), Corne 4 and Orishele (false horn plantain sub group)) and 5 tetraploid hybrids (CRBP 39, PITA 14, FHIA 21, FHIA 23 and FHIA 25). Stomata were counted on the 2 faces of the limb of the completely unfurled leaf after the cigar at 3 different levels (proximal, median and distal) after discoloration with lactophenol. The number of stomata of the leaf varied with surface and the type of cultivars. The lower surface had 4 (in bananas) to 7 times richer in stomata than the upper surface (in plantain). Linear regression indicated that the stomatic density of this region explained 72 % of the severity of *Mycosphaerella* leaf spot at 6 months after planting. Further investigations are necessary to establish with more details the relationship between stomatic density and sensitivity to black Sigatoka.

Key words : Bananas, plantain, black leaf streak disease, resistance, stomata, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

La maladie noire de Sigatoka (maladie des raies noires) causée par *Mycosphaerella fijiensis* (Rhodes, 1964) est une redoutable affection fongique, qui constitue la principale contrainte foliaire en culture de bananiers et de bananiers plantain. Ce champignon parasite provoque des nécroses sur les feuilles et réduit la surface photosynthétique. Chez les variétés les plus sensibles, la senescence prématurée des feuilles entrave le remplissage normal des régimes. Le murissement précoce, le ramollissement et la liquéfaction de la pulpe des fruits sans qu'ils n'aient atteint la maturité physiologique sont très courants ; les pertes de rendement occasionnées sont supérieures à 50 % dans le monde (Burt *et al.*, 1997). Les principales méthodes actuelles de lutte consistent en la suppression des parties nécrosées du limbe foliaire (inefficaces en période de forte pression parasitaire) et l'application des fongicides. Ainsi, 10 à 18 pulvérisations sont indispensables chaque année (Perez *et al.*, 2002 ; Kobenan *et al.*, 2006). Les coûts des traitements fongicides étant inaccessibles aux petits producteurs (Craenen *et al.*, 2000 ; Traoré et Kobenan, 2006), l'utilisation des variétés résistantes se révèle être une alternative intéressante. En effet, la solution variétale est à la fois moins contraignante pour le producteur et préservatrice de l'environnement. Néanmoins, la mise en œuvre d'une telle option nécessite des connaissances sur le parasite et son épidémiologie (Simmonds et Smartt, 1999). Plusieurs facteurs interviennent dans les mécanismes de résistance des végétaux aux parasites et ravageurs (Rebois *et al.*, 1970 ; Gomez *et al.*, 1983). Ces facteurs peuvent être de nature biochimique (Kaplan et Keen, 1980) ou mécanique. Les composantes biochimiques de la résistance sont en général activées après le contact des parasites (Paxton, 1981 ; Rouxel, 1989). Quant aux composantes mécaniques, elles peuvent intervenir au moment du contact de la plante avec le parasite (Rhodes, 1965). Ce sont surtout les structures constitutives qui jouent un rôle à ce niveau : la cuticule, l'épiderme, les stomates, etc. Chez les bananiers, l'étude du processus infectieux a mis en évidence l'importance des stomates comme site unique de pénétration des tubes germinatifs issus des ascospores et conidies (Brun, 1963). En dehors des stomates, l'infection de la feuille par l'agent

pathogène des cercosporioses par une autre voie n'a pas encore été établie.

Une étude préliminaire (Koné, 1998) chez Come 1 et Orishelé, 2 variétés sensibles à la maladie des raies noires, a montré que chez ces bananiers plantain de type faux corne, la résistance à cette maladie pourrait être en relation avec la densité stomatique (nombre de stomates par unité de surface foliaire). La distribution des stomates peut avoir un effet sur l'expansion des nécroses de cercosporioses sur les feuilles des bananiers. En effet, dans les conditions de forte pression d'inoculum chez les variétés très sensibles, l'évolution des symptômes revêt un caractère variable et imprévisible ; avec possibilité de passage des stades 1 ou 2 de la maladie (stade de tirets) au stade 6 (stade tache nécrosée) sans passer par les stades intermédiaires 3 ; 4 et 5 (Brun, 1963 ; Frossard, 1980 ; Fouré, 1982 ; Fouré *et al.*, 1984). Ce phénomène résulte, en cas de forte attaque, de la coalescence précoce des lésions et s'accompagne d'un dessèchement extrêmement rapide du limbe (Frossard, 1980 ; Fouré, 1982, Fouré *et al.*, 1984). Les résultats de ces études militent en faveur de l'existence d'une forte corrélation entre la densité stomatique et la réaction à la cercosporiose. Ce travail a donc été entrepris pour étudier cette relation, de manière plus fine, sur une gamme plus large de génotypes, comprenant des cultivars, des hybrides et un génotype sauvage.

MATERIEL ET METHODES

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'essai a été mis en place à Azaguié Schlaterer (5° 36' 03" N ; 4° 01' 50" W) sur les parcelles de la Société de développement de la Culture Bananière (SCB). Il comportait :

- 5 hybrides (Tableau 1) dont un issu du programme d'amélioration des bananiers du Centre Africain de Recherche sur les Bananiers et Plantains, (CARBAP ; Cameroun), un autre issu du programme de l'International Institute of Tropical Agriculture (IITA, Nigéria) et 3 en provenance de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA, Honduras) ;
- 1 génotype sauvage (Calcutta 4) utilisé comme géniteur résistant dans de nombreux programmes d'hybridation à travers le monde ;

- 4 cultivars sensibles dont 2 appartenant au sous groupe des Cavendish et 2 autres au sous groupe des bananiers plantain type faux corne. Ces cultivars ont été choisis sur la base de leur différence relative de niveau de sensibilité à la maladie des raies noires.

Le matériel végétal était constitué de vitroplants acclimatés. Chaque parcelle élémentaire était constituée de 6 plants distants de 2,5 m sur la ligne et 2,3 m entre les lignes. Afin de maintenir un niveau élevé d'inoculum, une ligne du cultivar

"Poyo" a été inséré entre les parcelles. Pour chaque cultivar, il y a eu 4 parcelles élémentaires. L'essai comportait 4 blocs dans lesquels les parcelles élémentaires étaient distribuées de manière aléatoire. L'entretien a consisté en une irrigation en saison sèche par aspersion sous frondaison, à un débit de 32 litres par heure. Cette irrigation de 2 heures a été assurée tous les 2 jours. Un parche de cacao a été apporté comme amendement au sol.

Tableau 1 : Liste des bananiers et hybrides évalués à Azaguié (Schlaterer), Société de Culture de Bananes (Sud Côte d'Ivoire)

Variétés	Génome	Code ITC	Origine
<i>5 hybrides</i>			
Crpb 39	AAAB	1344	CARBAP
Fhia 21	AAAB	1332	FHIA
Fhia 23	AAAA	1265	FHIA
Fhia 25	AAA	1418	FHIA
Pita 14	AAAB	1294	IITA
<i>4 cultivars sensibles</i>			
Orishele	AAB		
Grande naine	AAA	0180	
Corne	AAB		
Poyo	AAA		
<i>1 bananier sauvage</i>			
Calcutta 4	AA	0249	

OBSERVATIONS PATHOLOGIQUES

Les observations ont été effectuées selon les recommandations de l'INIBAP (Orjeda, 1998). Elles ont commencé 3 mois après plantation. Chaque plant a été inspecté une fois par semaine et les paramètres suivants ont été relevés jusqu'à la floraison : le nombre de feuilles vivantes (NFV), la plus jeune feuille comptée à partir du cigare et portant les premiers tirets de la maladie (PJFT), de même que la plus jeune feuille nécrosée (PJFN). La sévérité (l'indice d'infection "II") de la maladie a été évaluée à 6 mois (II-6), à la floraison (II-F) et à la récolte (II-RE). Le temps de développement de la maladie (TDM) a été déterminé à la suite de chaque observation.

Détermination de la densité stomatique des feuilles des bananiers

Les feuilles de rang 1 ont été prélevées sur des bananiers âgés d'environ 6 mois en plantation. Au laboratoire, des fragments de 1,5 cm de côté ont été découpés à 3 niveaux de la feuille : la région proximale, la région médiane et la région distale. Pour chaque région de la feuille une dizaine de plages sont réalisées. Pour chaque variété, les prélèvements ont été effectués sur 8 bananiers différents choisis de manière aléatoire, à raison de 2 plants par répétition.

Les fragments de feuille ont été éclaircis dans une solution de lactophénol (20 g de glycérine,

10 g d'acide lactique, 10 g d'eau distillée et 10 g d'acide phénique cristallisé) portée à ébullition pendant environ 10 min.

Le colorant utilisé est une solution de rouge soudan (0,1 g de rouge soudan, 0,5 ml d'acide acétique et 100 ml d'éthanol à 90 °). Le mélange obtenu a été porté à ébullition dans un Erlen puis filtré sur du papier filtre. Une goutte du colorant a été déposée sur le fragment de feuille qui a été ensuite monté entre lame et lamelle. La préparation est observée sous microscope optique de marque LABORLUX modèle 12. Les stomates ont été repérés par la couleur sombre de leur ostiole. Le comptage a été fait à l'aide d'un compteur digital sur un champ de 2,545 mm². Pour chaque fragment, les comptages ont été effectués sur 3 champs microscopiques de chacune des 2 faces ; pour chaque échantillon 5 fragments ont été comptés. Ce comptage a été réalisé pour chaque partie de la feuille. Pour chaque variété, 8 x 5 x 3 comptages ont été effectués, soit 120 données par variété et par niveau.

Détermination des corrélations entre densité stomatique et paramètres pathologiques de la maladie des raies noires

Pour déterminer les relations entre la densité stomatique et le comportement des bananiers vis-à-vis des cercosporioses, une analyse de régression a été effectuée. Dans celle-ci, les paramètres pathologiques (NFV, PJFT, PJFN, II-6, II-F, II-RE et TDM) ont été choisis comme variables réponses et les densités de stomates des différentes parties de la feuille comme variables exploratoires.

METHODES D'ANALYSES STATISTIQUES

Les données obtenues ont été analysées à l'aide du logiciel STATISTICA 6.0. Les moyennes ont été séparées par le test de Newman-Keuls au seuil $\alpha = 0,05$.

RESULTATS

REACTIONS DES BANANIERS A LA MALADIE DES RAIES NOIRES

Le diploïde sauvage (Calcutta 4) et l'hybride FHIA 25 n'ont montré aucun signe d'attaque de cercosporiose noire (Tableau 2). Les hybrides

CRBP 39, FHIA 21 et PITA 14 ont montré une réaction de résistance partielle à cette maladie, caractérisée par une évolution lente, voir très lente des symptômes ; avec des rangs de plus jeunes feuilles nécrosées supérieurs à 7. Quant à FHIA 23, il a été tolérant avec PJFT (4,1). L'indice d'infection (30,8 %) à 6 mois est identique à ceux des cultivars sensibles Poyo et Corne 4 (Tableau 2), avec des données de récolte nettement plus intéressantes. Les cultivars se sont montrés plutôt sensibles avec des II-RE plus élevés, (70 et 75 %) contre des II-RE de 21 à 50 % pour les hybrides (Tableau 2).

DENSITE STOMATIQUE DES FEUILLES DE BANANIERS

Le nombre de stomates par mm² a varié en fonction de la face de la feuille et du génotype de bananier (Figure 1). Elle est plus élevée à la face inférieure chez tous les bananiers étudiés. Le bananier sauvage diploïde Calcutta 4 a eu les plus grandes valeurs pour les 2 faces : 101 stomates pour la face supérieure et 275 pour la face inférieure. Les plus faibles densités ont été observées chez FHIA 21, FHIA 23 et CRBP 39, avec respectivement 96, 97 et 112 stomates /mm² pour cette dernière face.

Au niveau de la face supérieure, la séparation des moyennes a montré 3 groupes homogènes distincts :

a : densité élevée de stomates : le bananier diploïde sauvage Calcutta 4 avec une valeur moyenne de 101 stomates par mm²;

b : densité moyenne de stomates : cultivars Orishele, Grande naine, Poyo, Corne 4 (triploïdes) et les hybrides FHIA 25, PITA 14 (tétraploïdes) avec des valeurs allant de 30 à 36 stomates par mm²;

c : faible densité de stomates : les hybrides tétraploïdes FHIA 21, FHIA, 23 et CRBP 39, pour des densités variant entre 15 et 22 stomates par mm².

Les rapports entre les densités de stomates de la face inférieure et de la face supérieure (Tableau 3) ont mis en évidence des valeurs plus élevées chez les bananiers de type plantain que chez les bananiers de type dessert. La plus petite valeur de ce rapport (2,8) a été obtenue chez le bananier diploïde sauvage Calcutta 4 et la plus grande (8,8) chez l'hybride tétraploïde de type plantain CRBP 39.

Chez les bananiers, et sur les 2 faces, la région proximale a montré les plus faibles densités stomatiques ; à l'exception du bananier diploïde sauvage Calcutta 4 chez lequel la répartition des

stomates a été sensiblement homogène sur la face supérieure. Quels que soient le degré de ploïdie et la face de la feuille, la région médiane a été la plus riche en stomates (Tableau 3).

Tableau 2 : Paramètres pathologiques de cercosporioses sur les feuilles de bananiers en conditions naturelles d'infestation à Azaguié (Sud Côte d'Ivoire)

Summary of black Sigatoka disease descriptors encountered in natural infestation conditions in Azaguié, southern Côte d'Ivoire.

Variétés	Paramètres pathologiques						
	PJFT	PJFN	II-6M	II-FL	II-RE	TDM	NFV
Calcutta 4	-	-	0,0	0,0	0,0	-	11,5 c
Grande Naine	3,9 d	5,6 e	50,7 a	47,8 a	75,7 a	33,5 e	9,1 d
Poyo	3,7 d	5,7 e	40,7 b	37,1 b	70,1 a	35,4 e	8,8 d
Corne 4	3,8 d	5,7 e	31,1 c	25,8 cd	65,2 b	48,4 bc	9,4 d
Orishele	4,7 c	7,5 d	38,0 b	37,0 b	68,8 ab	46,3 c	8,1 d
FHIA 21	5,4 b	9,8 b	20,5 d	19,5 d	53,3 c	56,4 a	13 b
FHIA 23	4,1 d	7,1 d	30,8 c	32,44 c	33,1 d	50,3 b	11,3 c
FHIA 25	-	-	0,0 f	0,0 f	0,0 f	-	15,1 a
PITA 14	3,3 e	9,1 c	6,6 e	8,9 e	22,6 e	41,2 d	10,8 c
CRBP 39	10,3 a	11,8 a	5,6 e	6,5 e	21,0 e	-	12,8 b

Par colonne, les valeurs suivies par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test de NEWMAN-KEULS au seuil $\alpha = 5\%$. PJFT : plus jeune feuille avec tirets ; PJFN : plus jeune feuille nécrosée ; II-6M : indice d'infection à 6 mois ; II-FL : indice d'infection à la floraison ; II-RE : indice d'infection à la récolte ; TDM : temps de développement de la maladie ; NFV : nombre de feuilles érigées ; - : donnée manquante

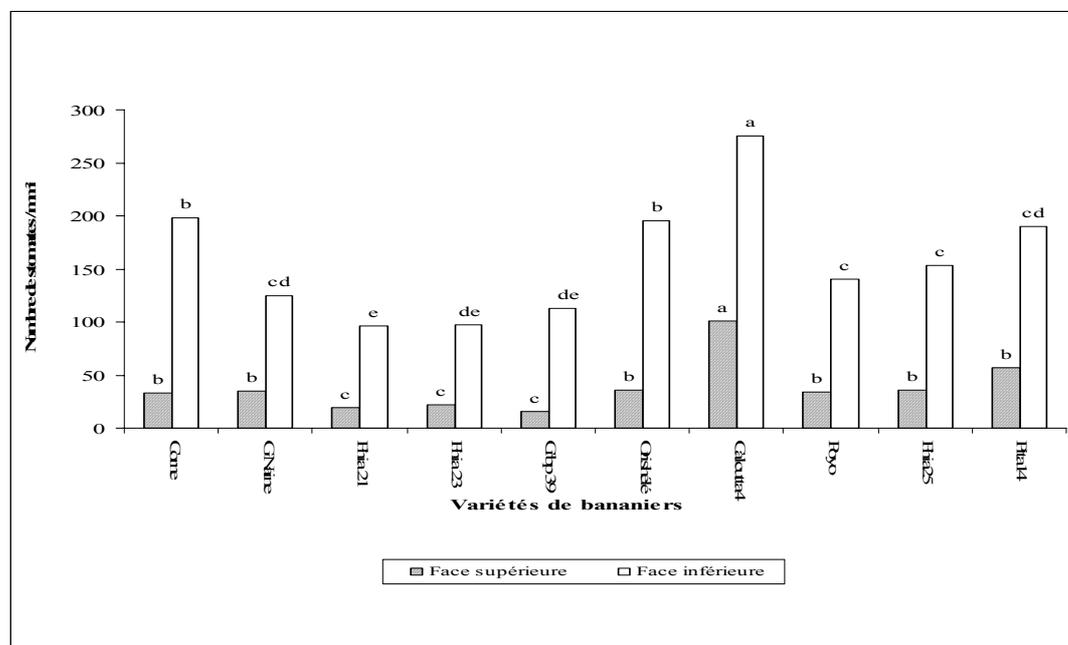


Figure 1 : Nombre moyen de stomates par mm² selon les faces des feuilles de bananiers à Azaguié (Sud Côte d'Ivoire).

Mean number of stomatas per mm² according to the surfaces of bananas leaf in Azaguié, southern Côte d'Ivoire.

Par face les valeurs suivies par les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes ; G Naine : Grande Naine

Tableau 3 : Répartition des stomates en fonction des niveaux de la feuille des bananiers à Azaguié (Sud Côte d'Ivoire).

Distribution of the stomata according to the levels (distal, median or proximal) of the bananas leaf in Azaguié (southern Côte d'Ivoire).

Variétés	Face supérieure (1)			Face inférieure			Rapport inférieure/supérieure (2)
	Distale	Médiane	Proximale	Distale	Médiane	Proximale	
Calcutta 4	112 a	109 a	82 a	300 a	301 a	225 b	2,8 d
Grande Naine	40 a	41 a	23 b	154 a	143 a	77 b	3,8 cd
Poyo	33 b	43 a	25 c	156 a	160 a	106 b	4,3 cd
Corne 4	37 a	36 a	26 b	199 b	221 a	174 c	6,3 bc
Orishele	39 a	40 a	30 b	196 b	225 a	165 c	5,7 c
FHIA 21	16 b	27 a	14 b	97 b	123 a	69 c	5,3 c
FHIA 23	22 b	29 a	15 c	104 b	111 a	77 c	4,9 cd
FHIA 25	39 b	46 a	22 c	168 a	171 a	121 b	4,7 cd
PITA 14	44 a	37 b	8 c	132 a	130 a	103 b	7,6 ab
CRBP 39	21 a	18 a	7 b	139 a	124 a	76 b	8,8 a

(1) Les analyses ont été faites par rapport aux différentes régions de la feuille pour une même variété. Par ligne les valeurs suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

(2) Rapport entre densités des faces : pour cette colonne les valeurs suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

CORRELATIONS ENTRE LE NOMBRE DES STOMATES PAR MM² ET LES PARAMETRES PATHOLOGIQUES

Parmi les paramètres étudiés, l'indice d'infection a montré des fortes corrélations linéaires positives avec la densité stomatique de la partie proximale de la face supérieure (Figure 2). Ces paramètres ont évolué dans le même sens que la densité stomatique. Les coefficients de détermination (R^2) ont été de 0,72 à 6 mois (II-6) ; de 0,64 à la floraison (II-FL) et de 0,83 à la récolte (II-RE).

Pour les rangs de feuilles touchées et nécrosées, de fortes corrélations négatives ont été obtenues avec les parties médiane et proximale de la face supérieure. Les rangs de feuilles évoluent en sens opposés avec les densités stomatiques (Figure 3). Les coefficients de détermination pour la partie médiane R^2 sont de 0,68 pour la plus jeune feuille touchée (PJFT) et de 0,67 pour la plus jeune feuille nécrosée (PJFN). La densité stomatique de la partie proximale a un coefficient de détermination de 0,63 avec la plus jeune feuille nécrosée (PJFN).

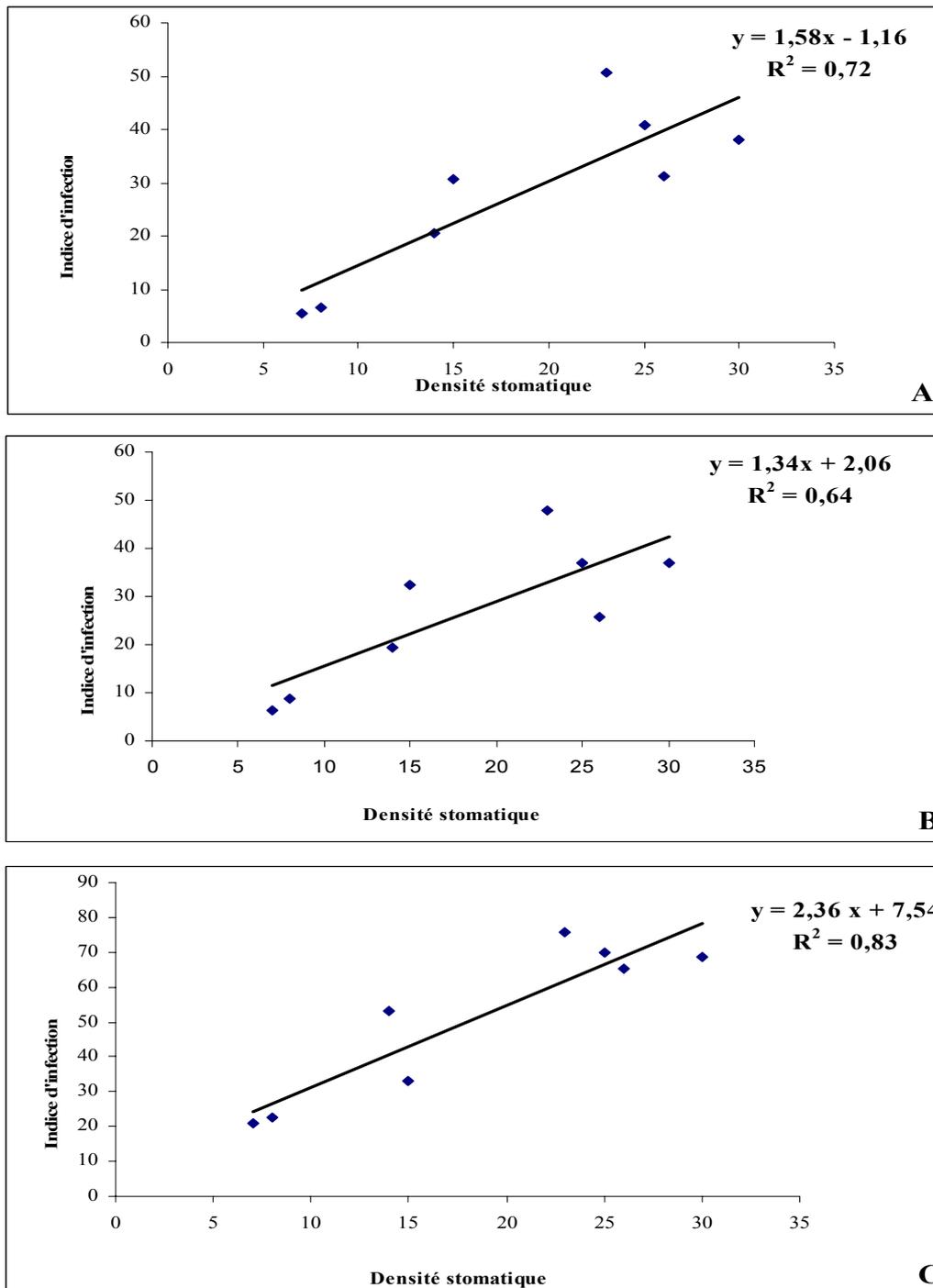


Figure 2 : Régression entre la densité stomatique de la partie proximale de la face supérieure de la feuille et l'indice d'infection.

Regression between stomata density of proximal area of upper surface of the limb and infection index.

A : à 6 mois; B : à la floraison ; C : à la récolte

A: at 6 months; B: at flowering; C: at harvest

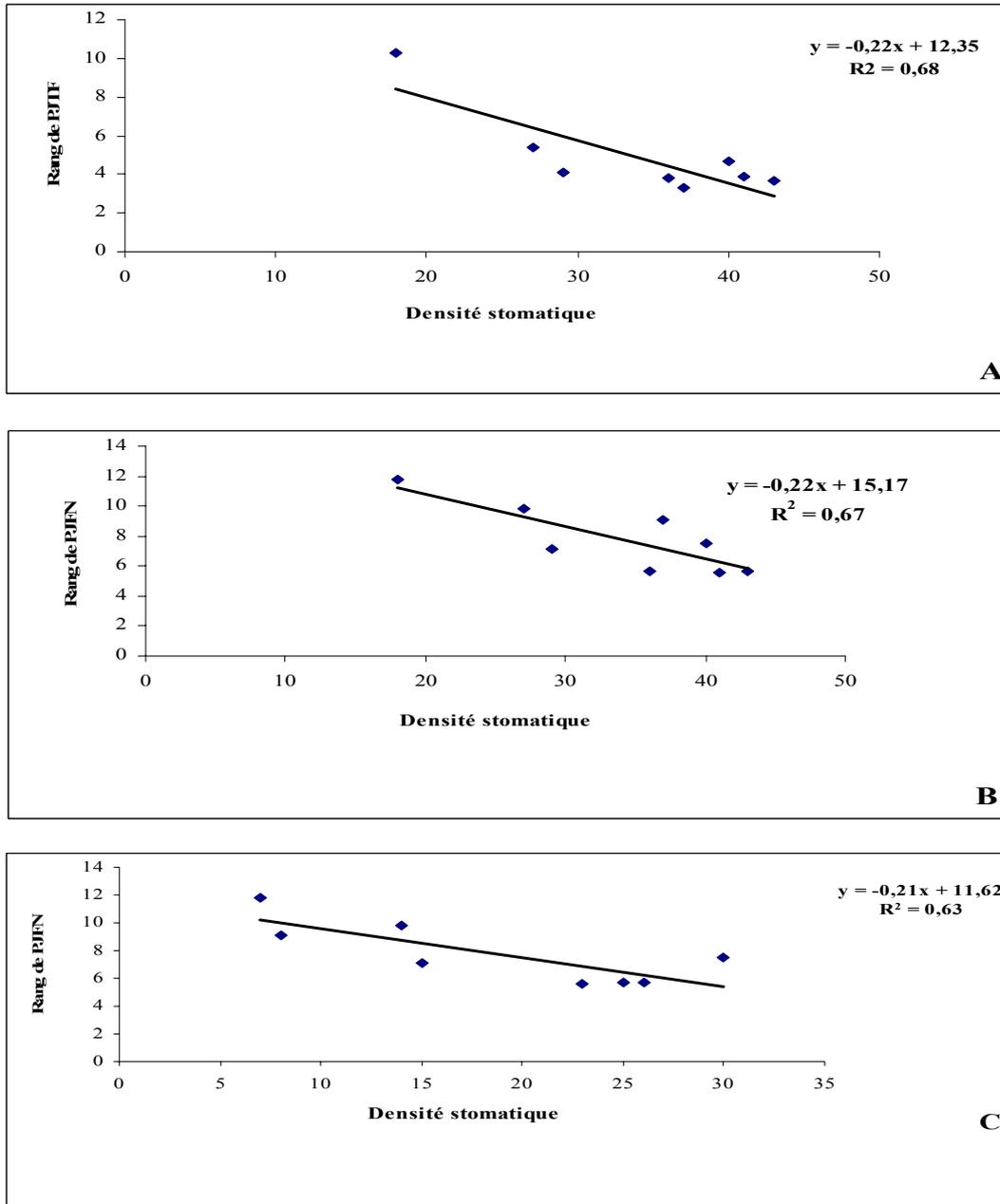


Figure 3 : Régression entre les densités stomatiques de la face supérieure de la feuille de bananier et l'étage foliaire de feuille attequée.

Regression between stomata density of upper face of the limb and the level of spotted leaf.

A : Plus jeune feuille touchée et partie médiane ; B : plus jeune feuille nécrosée et partie médiane ; C : plus jeune feuille nécrosée et partie proximale.

A : median area and youngest leaf attacked ; B : median area and youngest leaf spotted ; C : proximal area and youngest leaf spotted.

DISCUSSION

L'étude des différentes parties des 2 faces de la feuille des bananiers révèle que, les régions distale et médiane ont les densités stomatiques les plus élevées. La région proximale a une densité stomatique plus faible pour les deux faces de la feuille. En outre le rapport entre les densités des deux faces a été variable avec les types de bananiers. En effet, les bananiers plantain ont montré un rapport de densité stomatique qui a varié entre 5,3 et 8,8 alors que ce rapport, plus faible et relativement contrasté, a varié entre 3,8 et 4,9 chez les bananiers de dessert (FHIA 23, Grande naine, Poyo). Chez le bananier plantain Dominico-Hartón, étudié en Colombie, le rapport est de 2,4 (Cayón *et al.*, 1998). La différence de rapport de densité stomatique entre les bananiers plantain étudiés et celui de Dominico-Hartón serait due aux conditions de croissance et à la latitude. Dans l'ensemble, la densité stomatique varie selon le type de bananier et le degré de ploïdie. Ces résultats confirment ceux de Lassoudière (1978) et de Cayón *et al.* (1998) et montrent dans notre cas que la face inférieure du limbe des bananiers a été 3 à 9 fois plus riche en stomates que la face supérieure ; ce qui fait dire que les bananiers sont des plantes à feuilles anisostomatiques.

Les stomates sont situés dans l'épiderme ; ils favorisent la contamination et les infections des feuilles par les propagules de *Mycosphaerella fijiensis*. Les conditions d'ouverture des stomates sont favorables à la pénétration et à la germination des spores de ces pathogènes. Les stomates ont tendance à s'ouvrir quand l'humidité relative de l'air avoisine 80 %. Les températures comprises entre 25 et 30 °C augmentent la transpiration par conséquent l'ouverture maximale des stomates. Ces conditions favorisent donc un bon déroulement de la phase d'infection des *Mycosphaerella* spp., selon les travaux de (Jacome *et al.* ; 1991), Porras et Perez (1997) et de Brun (1963) ont mis en évidence les températures de croissance optimale *in vitro* des formes conidienne et ascosporee de ces parasites foliaires des bananiers. Ces auteurs ont évalué les températures minimale, optimale et maximale respectivement à 12 ; 27 et 36 °C ; et les températures létales à partir de 11 et 38 °C.

L'hypothèse de travail était de vérifier si à une densité stomatique élevée, correspondait un niveau élevé de sensibilité à la maladie des raies

noires chez différents génotypes de bananiers et de bananiers plantain. Parmi les 7 descripteurs de l'évolution de l'épidémie expérimentés, seuls 2 ont montré des indications permettant la définition d'une corrélation significative entre l'évolution de cette pandémie des bananiers et le comportement des génotypes expérimentés ; il s'agit de l'étage foliaire attaqué et de l'intensité de cette attaque.

Concernant l'intensité de l'attaque mesurée par l'indice d'infection à 6 mois, à la floraison et à la récolte, les résultats obtenus par notre étude montrent une corrélation positive hautement significative entre densité stomatique et sévérité de la cercosporiose à différents stades phénologiques de la plante (Figure 2 A, B et C) au niveau de la partie proximale de la feuille. Cette relation n'est pas vérifiée pour les parties médiane et distale de la feuille. Cela signifie que chaque stomate constitue une voie potentielle d'accès aux tissus foliaires par les propagules infectieuses de l'agent pathogène de la cercosporiose ; donc l'indice d'infection exprime le mieux la réaction de chaque génotype par rapport à la maladie.

Concernant la relation entre l'étage foliaire attaqué (PJFT /PJFN), les analyses révèlent des coefficients de corrélation négatifs entre la densité stomatique de la région médiane de la face supérieure de la feuille et la plus jeune feuille atteinte par les lésions dues aux *Mycosphaerella* spp. Ce type de corrélation s'observe aussi entre la Plus Jeune Feuille Nécrosée (PJFN) et la densité stomatique des régions médiane et proximale de la face supérieure. Les variables sévérité de la maladie et étage foliaire porteur des lésions de cercosporiose sont donc en très forte corrélation avec la densité stomatique de la feuille ; l'hypothèse peut être acceptée. Le cas du diploïde sauvage Calcutta 4 peut alors être admis comme une exception ; pas nécessairement contradictoire avec nos résultats. La relation ne peut s'établir que s'il y a compatibilité entre l'hôte et le pathogène ; tel n'est pas le cas de Calcutta 4.

Des travaux réalisés sur le plantain Dominico-Hartón (Cayón *et al.*, 1994) ont montré que l'intensité de la photosynthèse est de 38 % plus élevée dans la région médiane et la région distale ; cette zone est donc la plus active. Nos travaux ont montré que l'indice d'infection à 6 mois dépend à 72 % de la densité stomatique de la région médiane. Cette bonne corrélation entre l'indice

d'infection et la densité stomatique en région médiane de la face supérieure pourrait s'expliquer par le fait que la sévérité est estimée par observation de la face supérieure. La densité élevée contribue à l'extension des nécroses. L'extension des nécroses se réalisant de proche en proche, un nombre élevé de stomates accélère ce développement par la coalescence des lésions. Ceci a été bien montré par nos résultats. En effet, l'hybride FHIA 21 qui est partiellement résistant a montré la densité stomatique la plus faible (27) et l'indice d'infection le plus faible (20,5). De même le cultivar Grande naine a eu les valeurs les plus élevées pour la densité de stomates (41) et l'indice d'infection à 6 mois (50,7). Des résultats semblables ont été obtenus par Romero et Sutton (1997). Ces auteurs, en étudiant la réponse des cultivars FHIA 01 et FHIA 02 à une suspension de conidies, ont montré que la présence d'une faible densité stomatique est supposée être le facteur associé à la résistance partielle observée chez ces hybrides.

Chez les génotypes de bananiers et de bananiers plantain observés dans cette étude, la densité stomatique est plus forte sur la face inférieure du limbe que sur sa face supérieure. Toutefois, l'étude révèle que le rapport entre les densités des 2 faces pourrait être considéré comme un caractère variétal ; celui-ci est plus élevé chez les bananiers de type plantain que chez les bananiers de type dessert étudiés. Les densités stomatiques des zones médianes et distales de la face supérieure du limbe sont fortement corrélées avec l'indice d'infection à 6 mois. Cette relation montre que la densité stomatique explique la réaction de l'hôte par rapport au pathogène *Mycosphaerella fijiensis*, surtout pour les génotypes de bananiers sensibles et partiellement résistants à cette maladie. La prise en compte des génotypes très résistants perturbe cette relation.

CONCLUSION

La recherche de relation entre le nombre de stomates par unité de surface de limbe foliaire et la sensibilité à la maladie des raies noires chez divers génotypes de bananiers et de bananiers plantain révèle que :

- le bananier est une plante anisostomatique ; la face inférieure du limbe est 3 à 9 fois plus riche en stomates que sa face supérieure

- la densité stomatique peut-être intégrée dans les descripteurs de la plante pour séparer les types plantain des types dessert

- les densités stomatiques des zones médianes et distales de la face supérieure du limbe, fortement corrélées avec l'indice d'infection à 6 mois, permettent, pour les variétés partiellement résistantes, d'expliquer la réaction des bananiers à la maladie des raies noires.

Les travaux prenant en compte la structure des stomates, leur accessibilité, les conditions de leur ouverture et de leur fermeture se poursuivent pour explorer davantage cette relation.

REMERCIEMENTS

Sincères remerciements à Dr Abdou Tenkouano au Crop Improvement Division (CID) à l'IITA qui nous a permis d'obtenir l'appui financier de l'IITA, sans lequel ce travail n'aurait pu être conduit à terme.

REFERENCES

- Brun J. 1963. La cercosporiose en Guinée. Etude de la phase ascosporee du *Mycosphaerella musicola*. Thèse Université de docteur en Science, Orsay, Paris, France ; 190 pp.
- Burt J. A., J. Rutter and H. González. 1997. Short distance windborne dispersal of the fungal pathogens causing Sigatoka diseases in banana and plantain. *Plant Pathology* 46 (4) : 451 - 458.
- Cayón G., El-Sharkawy M.A. et S. Mejía De Tafur. 1998. Réponses physiologiques au stress hydrique chez le bananier Domonico-Hartón (*Musa* AAB Simmonds). *Info Musa* 2 (7) : 12 - 14.
- Cayón G., J. E. Lozada et S. Belalcázar 1994. Estudios comparativos sobre la actividad fotosintética de clones de plátano (*Musa* AAB, ABB Simmonds) en Colombia. pp. 549 - 558 in *Memorias X reunión de ACORBAT*. Octubre 1991, Tabasco, México. (M.A. Contreras, J.A. Guzmán & L.R. Carrasco, eds). CORBANA, San José, Costa Rica.
- Craenen K., Oritz R., Karamura E. et Vuylsteke 2000. Proceedings of the first International Conference on banana and plantain in Africa. *Acta Horticulturae* 540. 589 p.

- Fouré E. 1982. Les cercosporioses du bananier et leurs traitements. Comportement des variétés. Etude de la sensibilité variétale des bananiers et plantains à *Mycosphaerella fijiensis* MORELET au Gabon (maladie des raies noires). I Incubation et évolution de la maladie Fruits, 37 (12) : 749 - 759.
- Fouré E., Grisoni M. et R. Zurfluh. 1984. Les cercosporioses du bananier et leurs traitements. Comportement des variétés. Etude de la sensibilité variétale des bananiers et plantains à *Mycosphaerella fijiensis* MORELET et quelques caractéristiques biologiques de la maladie des raies noires au Gabon. Fruits, 39 (6) : 365 - 378.
- Frossard P. 1980. Apparition d'une nouvelle et grave maladie foliaire des bananiers et plantains au Gabon, la maladie des raies noires *Mycosphaerella fijiensis* MORELET Fruits, 35 (9) 519-527.
- Gomez P. L., Plaisted R. L. and H. D. Thruston. 1983. Combining resistance to *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*; *M. arenaria* and *Pseudomonas solanacearum* in potatoes. Amer. Pot J. 60 : 353 - 360.
- Jacome L. H., Schuh W. and R. E. Stevenson. 1991. Effect of temperature on growth and relative humidity on germination and germ tube development of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. Phytopathology 82 : 515 - 520.
- Kaplan D. T. and N. T. Keen. 1980. Mechanisms conferring plant incompatibility to nematodes. Revue nématol., 3 : 123 - 134.
- Kobenan K., Traore S. et P. Gnonhour. 2006. Situation des populations de *Mycosphaerella* spp champignons responsables des cercosporioses dans les bananeraies en Côte d'Ivoire au 30 novembre 2005. Premier rapport d'étape Projet FIRCA/CNRA, Février 2006. 35 p.
- Koné D. 1998. Contribution à l'étude des cercosporioses et de la cladosporiose des bananiers en Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat 3^e cycle. Laboratoire de physiologie végétale, UFR biosciences, Université de Cocody-Abidjan.
- Lassoudière A. 1978. Le bananier et sa culture en Côte d'Ivoire, première partie : connaissance de la plante, interaction avec le milieu écologique. Institut de Recherches sur les Fruits et Agrumes (IRFA), Abidjan, Côte d'Ivoire. 104 p.
- Orjeda G. 1998. Evaluation de la résistance des bananiers aux cercosporioses et à la fusariose. Guides techniques INIBAP 3. INIBAP, Montpellier, France.
- Porras A. and L. Perez. 1997. The role of temperature in the growth of germ tubes of ascospores of *Mycosphaerella* spp. responsible for leaf spot diseases of banana. InfoMusa 6 (2) : 27 - 32.
- Paxton J. 1981. Phytoalexins. A working redefinition. Phytopathol., 101 : 106 - 109.
- Perez L., Hernandez A., Hernandez L. and M. Perez. 2002. Effect of trifloxystrobin and azoxystrobin on the control of black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on banana and plantain. Crop Protection (21) : pp 17 - 23.
- Rebois R. V., Epps J. M. and E. E. Hartwig. 1970. Correlation of resistance in soybeans to *Heterodera glycines* and *Rotylenchulus reniformis*. Phytopathol., 60 : 695 - 700.
- Rhodes P. L. 1964. A new banana disease in Fiji. Commonwealth Phytopathological news (10) pp 38 - 41.
- Rohdes R. A. 1965. The nature of resistance in plants to nematodes. Phytopathol., 55 : 1159 - 1162.
- Romero R. A. and T. B Sutton. 1997. Reaction of four Musa genotypes at three temperatures to isolates of *Mycosphaerella fijiensis* from different geographical regions. Plant Disease 81 : 1139 - 1142.
- Rouxel T. 1989. Les phytoalexines et leur intervention dans la résistance hypersensible aux champignons phytopathogènes. Agronomie 9 : 529 - 545.
- Simmonds N. W. and J. Smartt. 1999. Principles of Crop improvement (2nd edition). Blackwell Science, Oxford. pp 227 - 261.
- Traoré S. et K. Kobenan. 2006. Aperçu sur les cercosporioses des bananiers en Côte d'Ivoire (sous presse).