



Étude comparée de la réaction phénolique chez quatre clones de palmiers à huile dans le pathosystème *Elaeis guineensis*-*Fusarium oxysporum* f.sp. *elaeidis* au stade prépépinière

Sékou Diabaté¹, Yté Wongbé¹, Brou Kouassi Guy¹², Gogbé Balé Françoise¹², Koutou Anatole³, Kouadjo Claude Ghislaine¹

¹Laboratoire de phyto/physiopathologie, Laboratoire Central de Biotechnologies, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 01 BP 1740 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.

²Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, UFR-Science de la Nature, Université Nangui Abrogoua (UNA), 02 BP 801 Abidjan 02

³Laboratoire de Biochimie-Lamé, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA),

Auteur correspondant, E-mail : sekou_diabate2002@yahoo.fr

Mots clés : Palmier à huile, *Fusarium oxysporum* spp, sélection complémentaire, réaction phénolique
Keywords: palm oil, *Fusarium oxysporum* spp, complementary selection, phenolic reaction

1 RÉSUMÉ

L'existence d'une réaction immunitaire chez les plants de palmier à huile basée sur la biosynthèse des composés phénoliques de tolérance à la fusariose ont suscité une nouvelle voie de leur sélection. En effet, la recherche génétique, basée sur la sélection par voie classique s'inscrit dans la durée et utilise un nombre élevé de matériel végétal. La présente étude vise à comparer la réaction phénolique chez quatre clones de palmier à huile au stade prépépinière en vue de la mise au point d'une approche de sélection alternative à la méthode génétique. Cette méthode de sélection, basée sur l'induction de phytoalexines comme paramètre de résistance, se propose d'être une alternative à la lutte génétique. Pour y parvenir, des plants de palmier au stade prépépinière ont été disposés selon un bloc de Fisher randomisé à 5 répétitions. Ces plants ont été inoculés au niveau du système racinaire avec les inocula de *Fusarium oxysporum*. 5 jours après, les phénols totaux ont été quantifiés, les chromatographies liquides à haute performance sur couche mince ont été effectuées aussi, la fongotoxicité des extraits issus des clones LMC 022, LMC 077, LMC 088 et LMC 074 a été réalisée. Les résultats obtenus ont indiqué que les clones ont réagi à l'agression de *Fusarium oxysporum* sp elaeidis (FOE) par la production élevée et variée de constituants phénoliques. La variabilité des constituants dans le temps et la nature des clones ont montré que les clones LMC 022 et LMC 077 semblent être les plus résistants, suivis du clone LMC 088. Par contre, le clone LMC 074 serait un clone sensible à FOE. Ainsi, les réactions phénoliques de défense du palmier contre la fusariose semblent être stimulées et peuvent donc servir d'approche de sélection.

ABSTRACT

The existence of an immune response in plants palm oil based on the biosynthesis of phenolic compounds against *Fusarium* tolerance have raised new path selection. This study aims to compare the phenolic reaction in four oil palm clones. Plants palm trees prenursery stages were arranged in a randomized complete block design with 5 replications. These plants were inoculated at the root system inoculation with *Fusarium oxysporum*. The parameters evaluated



are the determination of total phenols, high performance liquid chromatography and thin layer and fongotoxicité extracts derived from clones 022, 077, 088 and 074. The results indicate that the clones reacted to the aggression of FOE by the high and varied production of phenolic constituents. Variability components in the time and nature of the clones showed that clones 077 and 022 appear to be the strongest, followed by clone 088. For cons, the clone 074 is a sensitive clone FOE. Thus, phenolic defense reactions against *fusarium* palm seem to be stimulated and can therefore serve as a complementary approach to selection.

2 INTRODUCTION

Chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis*), la filière occupe une place de choix dans la société et l'économie Ivoirienne. Introduite en Côte d'Ivoire dans le cadre de la politique de diversification des produits de rente initiée depuis l'indépendance, cette filière a produit 400 000 t d'huile de palme (Fao stat, 2013) et dispose de 215 000 hectares de palmeraie (Hubert, 2010). Dans des conditions écologiques favorables, des productions de plus de 6 tonnes d'huile par hectare/an peuvent être atteintes (Pamin *et al.*, 1986 ; Escobar *et al.*, 1996). Cependant, cette performance de production est jusque-là loin d'être généralisée du fait d'une forte pression phytopathogène exercée sur les plants de palmiers à huile issus de la sélection classique. Au nombre des agents pathogènes figure *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* (F.O.E.). Cette trachéomycose, agent de la fusariose vasculaire, est un champignon tellurique spécifique du palmier à huile. Les méthodes de lutte préventives jusque-là adoptées se situent essentiellement au niveau du choix du matériel végétal après un test d'inoculation de l'agent pathogène au stade prépépinière (Allou *et al.*, 2003). Dans l'objectif d'accroître la productivité au niveau de la filière palmier à huile, plusieurs programmes de recherche ont été élaborés. Les travaux réalisés ont permis d'obtenir des plants à

haut rendement (Durand-Gasselin *et al.*, 2010 ; Diabaté *et al.*, 2012), et ont montré une probable réaction immunitaire des plants de palmiers à huile (Taquet *et al.*, 1985) basée sur la synthèse des composés phénoliques de tolérance du palmier à huile à la fusariose (Diabaté *et al.*, 2009). Contrairement à la recherche génétique, basée sur la sélection par voie classique, qui s'inscrit dans la durée et utilise un nombre élevé de matériel végétal, la sélection basée sur la synthèse de composés phénoliques, dont les flavonoïdes, de tolérance a ouvert de nouvelles approches de sélection, au stade prépépinière, de matériel végétal tolérant de palmier à huile. Cet axe de recherche, du fait du coût élevé en matériel de laboratoire pour sa réalisation, reste à ce jour très peu exploré en Côte d'Ivoire, malgré l'usage d'un nombre réduit de matériel végétal et la sélection au stade prépépinière de plants tolérants de palmier à huile. Ainsi, sur la base de la biosynthèse des marqueurs phénoliques (flavonoïdes) de défense chez les plantes cultivées (Benhamou, 2009) et en particulier chez le palmier à huile (Diabaté *et al.*, 2009), l'étude comparée de la réaction phénolique à la fusariose vasculaire f. sp. *elaeidis* de quatre clones performants de palmiers à huile au stade prépépinière est présentée dans cet article.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1. Matériel végétal : Le matériel végétal étudié est composé de racines de plantules de 4 clones de palmier à huile obtenus par multiplication végétative *in vitro*. Ces clones ont été identifiés et nommés LMC 022, LMC 088, LMC 077 et LMC 074 par le centre National de Recherche Agronomique de Côte d'Ivoire (CNRA). Ces clones, LMC 022, LMC 088, LMC 077 et LMC 074, performants du point de vue de la

production ont respectivement au stade adulte des indices moyens de fusariose de 29 ; 149 ; 31 et 184.

3.2. Méthode d'inoculation du F.O.E, Prélèvement et conditionnement radiculaire : La méthode d'inoculation retenue à cet effet est celle du trempage des racines dans l'inoculum liquide du *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* (F.O.E.) réalisé sur le site expérimental de la station Robert Michaux du



Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Dabou. Des plants de palmiers à huile au stade prépépinière (âgés de 2 mois) ont été disposés selon un bloc de Fisher randomisé à 5 répétitions fait de 8 blocs randomisés avec 20 plantules par clones et par bloc. Ainsi, 5 plantules par clone ont été déterrées pour provoquer des blessures au niveau des racines. L'ensemble du système racinaire a été ensuite nettoyé puis trempé dans l'inoculum du F.O.E à raison de 10^7 spores par plantule. Les plantules ont été ensuite repiquées dans le terreau. Pour chaque clone, des nombres égaux de plantules non inoculées ont été prélevés et ont constitué les témoins. Cinq délais de prélèvement de racines à analyser ont été retenus (T0, T+1jour, T+3jours, T+5jours et T+8jours après inoculation). Pour chaque délai de prélèvement, les racines des plantules ont été découpées, pesées et conservées au congélateur à 4°C pendant 48 heures avant l'extraction des composés phénoliques.

3.3 Méthodes d'extraction des composés Phénoliques :

5 g de racines ont été broyés dans de l'Azote liquide (-160°C) et repris dans 40 ml d'un mélange Ethanol-Eau (70-30 ; v/v) en présence de 1 ml d'un antioxydant, le Métabisulfite de Sodium (MBS) dilué à 2 % dans de l'eau. Ce mélange est porté à ébullition sous vide pendant 30 min. Après refroidissement, le liquide obtenu est filtré et séché par un évaporateur rotatif à 40°C. Le résidu est repris dans 4 ml du mélange Ethanol-Eau (70-30) + 0,1 ml de MBS à 2 % dans l'eau. L'extrait obtenu est conservé au réfrigérateur à 4°C avant les dosages (Diabaté *et al.*, 2009).

3.4 Quantification des composés phénoliques :

La quantité de phénols contenue dans les extraits racinaires a été mesurée par la méthode de Folin ciocalteu (Marigo, 1973). Cette méthode mesure le potentiel d'oxydoréduction des phénols. Les teneurs ont été calculées en prenant l'acide chlorogénique comme référence et ont été exprimées en mg d'équivalent d'acide chlorogénique par gramme de poids frais.

3.5 Caractérisation des flavonoïdes par HPLC :

La chromatographie liquide à haute performance ou haute pression (CLHP) est essentiellement une chromatographie de partage en phase inversée. Elle est basée sur les différences d'affinité des composés pour une phase stationnaire organique et une phase mobile aqueuse. La phase stationnaire est constituée par des microsphères de silice sur lesquels sont greffés des résidus carbonés. La phase mobile est un solvant aqueux (solvant A = eau-acide acétique 1000 – 20), qui s'enrichit

progressivement en phase organique (solvant B = Acétonitrile-eau-acide acétique : 800 - 200 - 20) suivant un gradient programmable. La détection des composés élus se fait par spectrophotométrie ultra violet (UV) visible à 280 nm, 320 nm ou 350 nm. Le gradient utilisé se définit comme suit : entre 0 et 5 mn le mélange contient 5 % de B, entre 5 et 15 mn il s'accroît de 5 à 15 % de B, de 15 à 30 mn il est maintenu à 15 % de B, de 30 à 60 mn il s'accroît de 15 à 45 de B, puis de 60 à 75 mn il s'accroît de 45 à 90 % de B. Enfin, de 75 à 76 mn, il chute à 5 % de B. Le débit d'élution est maintenu à 0,8 ml/mn. Tous les extraits de flavonoïdes ont été développés sous les conditions chromatographiques suivantes : colonne reverse phase C₁₈ Ultrabase de life Sciences International 250 mm, 4,6 mm. Les surfaces moyennes de chacun des produits détectés (5 répétitions par traitement) sont regroupées sur un histogramme, cela permet d'obtenir pour chaque clone un profil chromatographique moyen. (Diabaté S., 2008).

3.6 Evaluation de la fongotoxicité des extraits racinaires : Les propriétés fongitoxiques des extraits ont été évaluées en milieu liquide, en présence des spores de *Fusarium oxysporum* f sp. *Elaeidis* (Taquet, 1985). Les tests ont été réalisés dans des Erlen meyer (25 ml) régulièrement agités. L'incubation nécessaire à la germination des spores a une durée de 15 heures, à la température de 27°C. Le résultat des tests a été établi sur un total moyen de 150 à 200 spores et a été exprimé en pourcentage d'inhibition calculé par rapport au taux de croissance du témoin sans extrait racinaire.

$$Ti = \frac{\text{Taux de Gt} - \text{Taux de Gm}}{\text{Taux de Gt}}$$

Ti = Taux d'inhibition

Gt = Germination du témoin

Gm = Germination du motif

3.7 Analyses statistiques : Les moyennes des quantités de phénols et des pourcentages de flavonoïdes totaux ont été calculées à l'aide du logiciel Statistica version 6.0 stat soft. Elles ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) à un facteur. Lorsqu'une différence significative est observée pour chaque caractère ($p < 0,05$), la variance a été complété par la comparaison des moyennes à l'aide du test de Newman-Keuls au seuil de 5 % pour la constitution des groupes homogènes.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Cinétique de la réponse phénolique des clones à l'inoculation de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* par dosage spectrophotométrique : Les résultats ont montré que tous les clones ont réagi à la suite de l'inoculation par la synthèse de composés phénoliques. Toutefois, l'importance de cette synthèse a varié suivant le jour de prélèvement et selon le clone (Figure 1). Ceci est attesté par l'analyse des variances qui a montré une différence significative entre les réponses selon les clones ($F = 2,25$; $P < 0,05$). En effet, les clones LMC 022 et LMC 077, contrairement aux clones LMC 088 et LMC 074, ont affiché une baisse du taux de phénols totaux. Cette baisse peut traduire une période de latence après l'inoculation avant de réagir 3 jours plus tard ($To+3$) à l'infection de FOE par l'augmentation de leurs taux de

composés phénoliques. Cette période de latence peut être mise en relation avec la phase de reconnaissance du parasite par les plantules avant de réagir à l'agression de FOE. Chez les clones LMC 088 et LMC 074 par contre, cette phase de reconnaissance a enregistré une légère augmentation de la quantité de composés phénoliques jusqu'à la date $To+8$ où la réaction phénolique a atteint son niveau maximal. En effet, selon Masella *et al.* (2005), Farag *et al.* (2008) et, Schmitt & Dirsch (2009) une accumulation de ces composés en vue d'assumer des fonctions physiologiques de défense qui leur sont reconnues est stimulée après l'agression de la plante par un agent pathogène. Ainsi, la synthèse des constituants phénoliques a augmenté avec le temps de contact avec l'agent pathogène.

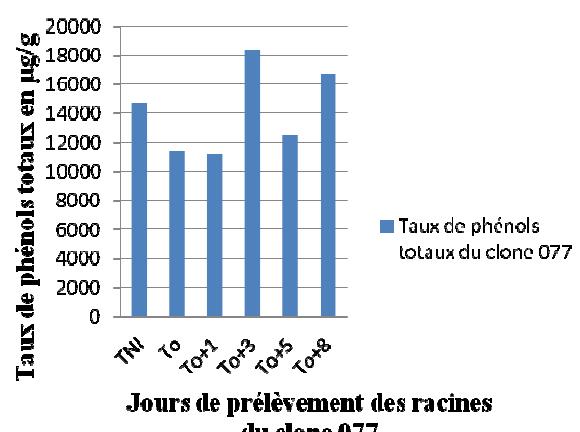
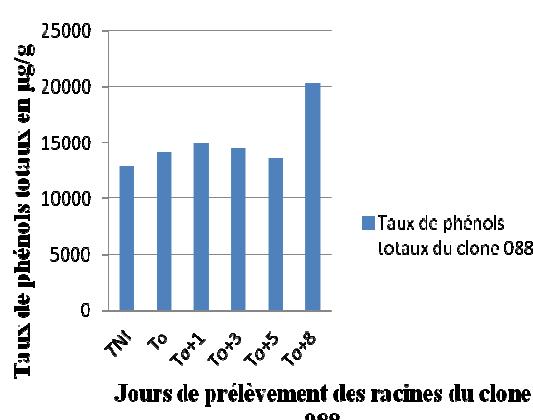
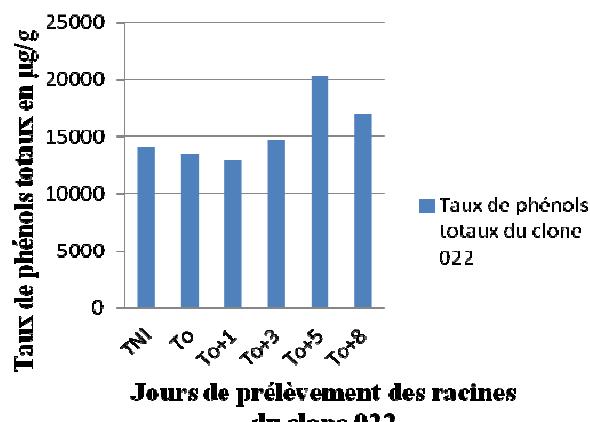
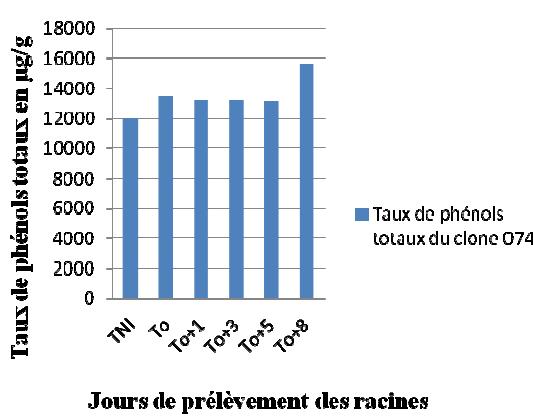


Figure 1 : Taux de phénols totaux des clones 022, 088, 077 et 074 d'*Elaeis guinéensis*



Les quantités de phénols totaux ont été exprimées en microgramme d'équivalent d'acide chlorogénique par gramme de racine fraîche par clone en fonction des dates des prélèvements. Toutefois, ce contact prolongé peut provoquer la maladie suivant des sévérités différentes selon la sensibilité ou la tolérance de la plante à l'agent pathogène. Dans ces conditions, pour se défendre la plante stimule la synthèse des composés à activité antifongique susceptibles de détoxifier ses cellules ou tissus afin de survivre (García-Pajón & Collado, 2003 ; Tim & Andrew 2005 ; Slatnar *et al.*, 2010a et b). Ces composés ont été détectés par les approches analytiques de chromatographie sur couche mince et de chromatographie liquide haute performance.

4.2 Réponse phénolique des clones à l'aide de la Chromatographie sur Couche Mince (CCM) et de la Chromatographie Liquide Haute Performance (CLHP) : Les résultats des analyses spectrales à l'aide de la chromatographie liquide haute performance (CLHP) et de la détection par chromatographie sur couche mince (CCM) ont permis d'élucider davantage la réaction des clones étudiés dans le pathosystème *Elaeis guineensis*-*Fusarium oxysporum* f.sp. *eaeidis*. Il ressort de ces résultats que les clones inoculés ont produit un nombre plus élevé de constituants phénoliques que leurs témoins respectifs (Tableau 1). Cette synthèse s'est traduite par une apparition et une disparition de composés phénoliques suivant le temps de contact d'*Elaeis guineensis* avec *Fusarium oxysporum* f.sp. *eaeidis* (Figures 2 à 5) et suivant la nature des clones (Figure 5). La variabilité du nombre de constituants suivant la nature

des clones concourt à indiquer que les clones LMC 022 et LMC 077 semblent plus résistants, suivis du clone LMC 088. Par contre, le clone LMC 074 a non seulement produit la quantité phénolique la plus faible mais aussi le nombre de constituants phénoliques en comparaison aux autres clones et à son témoin (Figures 1 et 5). Il serait à cet effet un clone sensible à FOE. Ainsi, au delà de l'accumulation constatée des phénols, le caractère de tolérance de *Elaeis guineensis* a été conforté par la présence de constituants phénoliques synthétisés chez les clones infectés par FOE (Tableau 1 et figures 2 à 5). Ces constituants spécifiques à l'infection par FOE pourraient être liés directement à une réaction spécifique de défense de *Elaeis guineensis* (Masella *et al.* (2005), Treutter (2006), Farag *et al.* (2008) et, Schmitt & Dirsch, 2009). La variabilité de présence des constituants phénoliques chez toutes les plantes-hôtes étudiées concordent bien avec les résultats obtenus par Veitch (2009), Boller & Felix, (2009) et, Soyode & Oyetunji (2009). Ces auteurs ont rapporté que l'infection d'une plante par un champignon pathogène stimule la synthèse des constituants phénoliques en réponse à cette agression ; lesquels constituants, selon Diabaté (2008), seraient des dérivés cinnamiques : flavonones, flavones, flavonols et esters chlorogéniques chez *Elaeis guineensis*. Ces constituants phénoliques, notamment les numéros 5 ; 6 et 7 de l'analyse HPLC (Figures 2-5) sont apparu comme les composés majeurs de la réaction de défense chez les clones LMC 022, LMC 088 et singulièrement chez le clone LMC 077.

Tableau 1: Détection des constituants phénoliques de la réponse des clones à FOE à l'aide de la chromatographie sur couche mince

Extraits inoculés (I) et non inoculés (N) de clones de palmiers à huile à FOE	Sans révélateur					
	Visible		365 nm		254 nm	
	Rf	Couleur	Rf	Couleur	Rf	Couleur
LMC 022N et LMC 077N	0,66	Jaune	0,66	Gris-Bleu		
			0,56	Vert		
	0,38	Marron	0,38	Pourpre		
					0,25	Bleu
LMC 022I et LMC					0,10	Bleu
	0,66	Jaune	0,66	Bleu	0,66	
			0,56	Vert	0,56	
	0,46	Marron	0,46	Orange	0,46	Orange

077I			0,38	Pourpre	0,38	
					0,25	Bleu
					0,10	Bleu
LMC 074N	0,66	Jaune	0,66			Bleu
			0,56	Vert		
	0,38	Marron	0,38	Pourpre		
					0,25	Bleu
					0,10	Bleu
LMC 088N	0,66	Jaune	0,66			Bleu
			0,56	Vert		
	0,38	Marron	0,38	Pourpre		
					0,25	Bleu
					0,10	Bleu
LMC 074I et LMC 088I	0,66	Jaune	0,66	Bleu	0,66	
			0,56	Vert	0,56	
	0,46	Marron	0,46	Orange	0,46	Orange
			0,38	Pourpre	0,38	
					0,25	Bleu
					0,10	Bleu

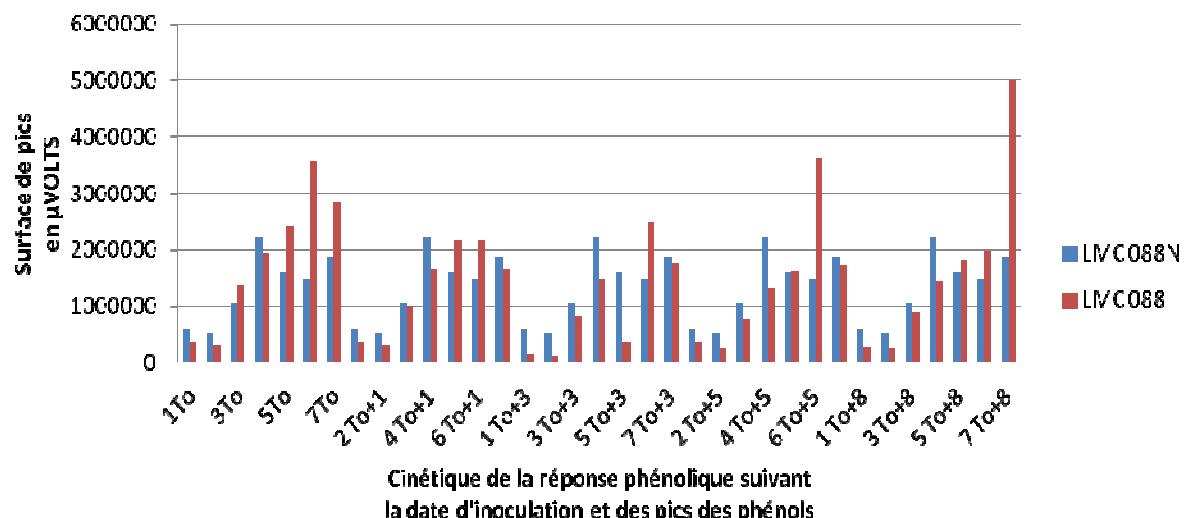


Figure 2 : Évolution de la réponse phénolique suivant la date d'inoculation et de la surface des pics, à l'aide de la (CLHP)

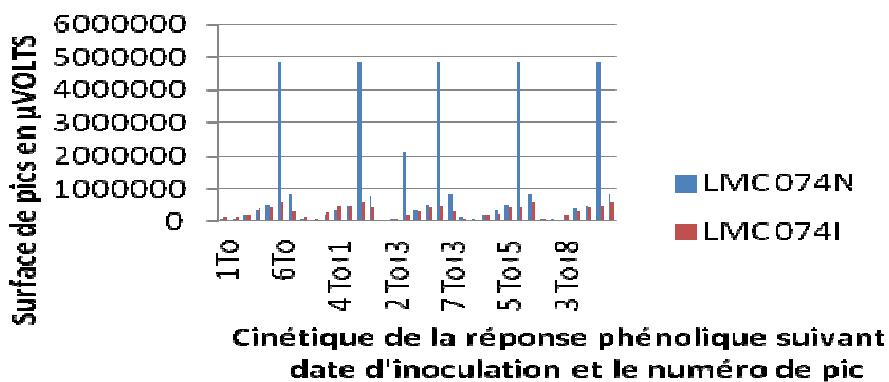


Figure 3 : Évolution de la réponse phénolique suivant la date d'inoculation et de la surface de pic des phénols du clone 074 à l'aide de la (CLHP)

Le clone LMC 074 inoculé à FOE, en dépit de la synthèse des constituants phénoliques a semblé non résistant à l'agent pathogène car tout le long de l'analyse (Figure 2 à 5) il a présenté un niveau de synthèse de constituants phénoliques inférieur à celui du clone témoin. Une telle situation a contrasté

parfaitement avec le comportement des clones LMC 022, LMC 077 et LMC 088 qui à la suite de l'infection ont présenté un niveau de synthèse de constituants phénolique supérieur à celui de leurs témoins respectifs (Figure 2 à 5).

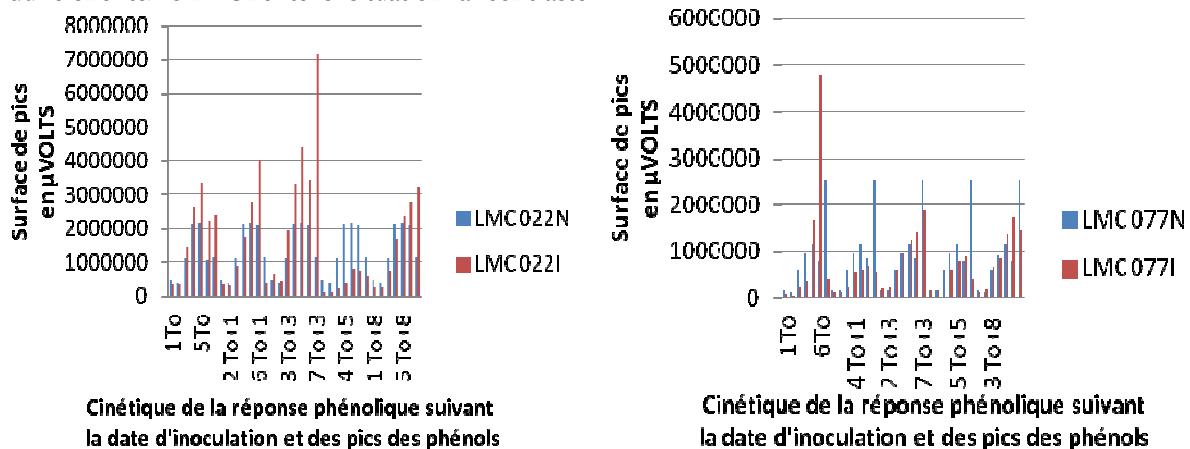


Figure 4 : Évolution de la réponse phénolique suivant la date d'inoculation et la surface des pics des phénols chez les clones LMC 022, LMC 077 et LMC 088, à l'aide de quelle technique

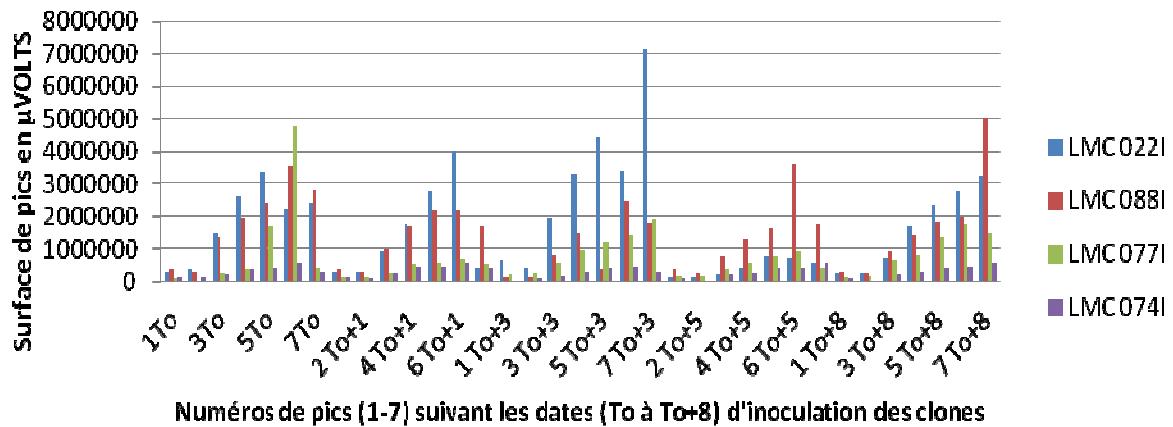


Figure 5: Comparaison de la réponse phénolique chez les clones LMC 022, LMC 074, LMC 077 et LMC 088, selon la date d'inoculation et la surface des pics des phénols, à l'aide de la chromatographie

4.3 Évaluation de la fongitoxicité des extraits phénoliques chez les clones LMC 022, LMC 074, LMC 077 et LMC 088 : Les résultats d'évaluation du pourcentage d'inhibition des constituants phénoliques contenus dans les extraits des racines des clones inoculés par FOE (Figures 6 et 7) ont montré que tous les extraits ont présenté un caractère réducteur. Ces résultats ont montré que le clone LMC 022 a produit une quantité de phénols plus élevée que le clone témoin à toutes les dates d'échantillonnage contrairement aux clones LMC 077, LMC 088 et LMC 074. Les taux d'inhibition des clones LMC 077 et LMC 088 a oscillé sur la durée de l'étude. Par contre, le taux d'inhibition de LMC 074 est resté inférieur à celui de son témoin. Les extraits sont donc,

pourvus d'une capacité antioxydante (CAO). Ces résultats ont montré en conséquence, que les constituants phénoliques ont été impliqués dans la défense des clones d'*Elaeis guineensis*. Cette implication qui traduit la réaction des plants inoculés a, toutefois, varié suivant la nature des clones et la durée d'infection. En effet, seul le clone LMC 022 a présenté un profil de capacité antioxydante (CAO) présentant une synthèse progressive de constituants phénoliques atteignant un maximum à la date To+3. Cette réaction du clone LMC 022 est en accord avec les résultats des travaux de Muth *et al.* (2009) qui ont indiqué que l'expression de la résistance suite à une agression biotique induit une accumulation croissante de composés phénoliques.

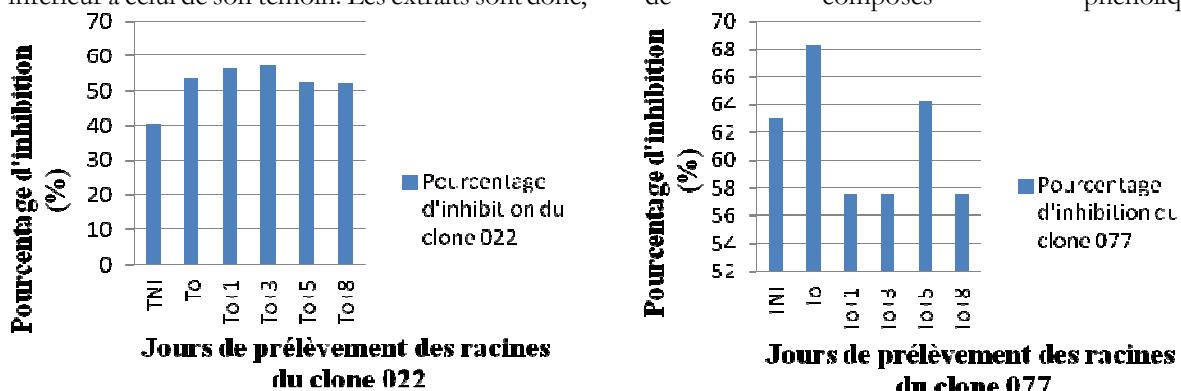


Figure 6 : Fongitoxicité des extraits issus des clones 022 et 077

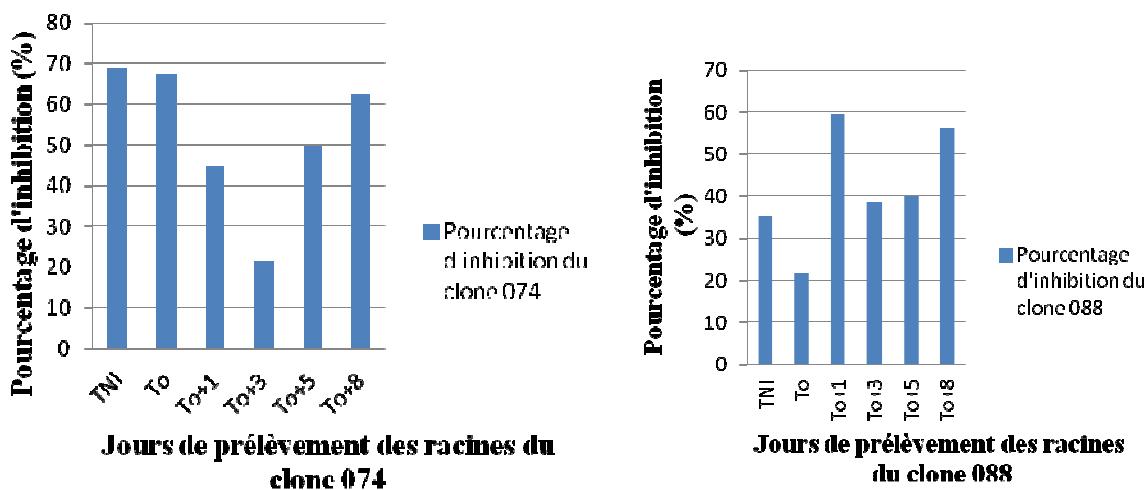


Figure 7 : Fongotoxicité des extraits issus des clones 088 et 074

Ce résultat concorde avec celui des analyses en CCM et en HPLC qui ont mentionné que le clone LMC 074 est sensible à FOE. Les variations de quantité de

composés phénoliques et du taux d'inhibition constatées dans la réaction des clones seraient dues à l'effet variétal (Jakopic *et al.*, 2007).

5 CONCLUSION

Les expériences réalisées dans la présente étude ont montré que les clones ont réagi à l'agression de FOE par la production d'un nombre plus élevé et varié de constituants phénoliques au regard de leurs témoins respectifs. Toutefois, cette synthèse s'est caractérisée par une apparition et une disparition de composés phénoliques suivant le temps de contact d'*Elaeis guineensis* avec *Fusarium oxysporum* f.sp. *elaeidis* et la nature du clone. La variabilité du nombre de constituants suivant la nature des clones a indiqué que

les clones LMC 022 et LMC 077 semblent plus résistants, suivis du clone LMC 088. Par contre, le clone LMC 074 serait un clone sensible à FOE. Ainsi, les réactions phénoliques de défense contre la fusariose semblent être stimulées chez le palmier pour assurer sa protection durant son développement et peut donc servir d'approche de mise au point d'une sélection complémentaire de matériel végétal à haut rendement et résistant.

6 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allou K, Ahoussou N, Ake S, Diabate S and De Franqueville H : 2003. Comportement de clones de palmier à huile au champ en zones de haute densité de F.O.E en Côte d'Ivoire. *Agron. Afr.* 15 (1) : 29-38.
- Boller T and Felix G: 2009. A renaissance of elicitors: perception of microbe-associated molecular patterns and danger signals by pattern-recognition receptors. *Annu Rev Plant Biol.* 60: 379-406
- Benhamou N : 2009. La résistance chez les plantes. Principes de la stratégie défensive et applications agronomiques. Éditions TEC & DOC - Lavoisier, Paris. 376 p.
- Diabate S, Franqueville, H (De), Adon B, Coulibaly O. A. and Ake S : 2009. The role of phenolic compounds in the determination of wilt disease tolerance of oil palm (*Elaeis guineensis* JACQ) *African Journal of Biotechnology*, Vol. 8 (21), pp. 5679-5690
- Diabaté S, Gbongué L-R, Dick E, Bomisso E L and Franqueville (de) H : 2012. Etude Comparée de L'action de Souches Non Pathogènes de *Fusarium oxysporum* dans l'induction des réactions immunitaires du palmier à huile contre la fusariose. *European Journal of Scientific Research* 73(2) : 193-201.



- Diabate S : 2008. Contribution à l'étude de la diversité phénolique dans la réaction de défense du palmier à huile (*Elaeis guineensis* jacq) contre la fusariose vasculaire. Thèse de Doctorat de l'Université de Cocody (Abidjan). p.155
- Durand-Gasselin T, Blangy L, Picasso C, Franqueville (de) H, Breton F, Amblard P, Cochard B, Louise C and Nouy B : 2010. Sélection du palmier à huile pour une huile de palme durable et responsabilité sociale. Oléagineux, Corps gras, Lipides17 (6) : 385-392.
- Escobar R., Sterling F., and Peralta F: 1996. Oil Palm planting materials by ASD de Costa Rica. In: Etude de la diversité génétique du genre *Elaeis* (*E. oleifera* (Kunth) Cortés et *E. guineensis* Jacq.) par marqueurs moléculaires (RFLP et AFLP), Thèse de Doctorat de l'école nationale supérieure Agronomique de Montpellier, 137 p.
- Farag MA, Huhman DV, Dixon RA and Sumner LW: 2008. Metabolomics reveals novel pathways and differential mechanistic and elicitor-specific responses in phenylpropanoid and isoflavonoid biosynthesis in *Medicago truncatula* cell cultures. *Plant Physiology.*, 146: 387-402.
- FAO : 2013. Bilans alimentaire: production mondiale de l'huile de palme. Division de la Statistique, FAOSTAT, Série informatique, FAO, Rome, Italie.
- García-Pajón CM and Collado IG : 2003. Secondary metabolites isolated from *Colletotrichum* species. *Natural Product Reports*, 20: 426-431.
- Hubert O : 2010. Contribution de la production d'huile de palme au développement durable. Oléagineux, Corps gras, Lipides, 17(6) : 362-367.
- Jakopic J, Colaric M, Veberic R, Hudina M, Solar A and Stampar F: 2007. How much do cultivar and preparation time influence on phenolics content in walnut liqueur? *Food Chemistry*, 104(1): 100-105.
- Marigo G : 1973. Sur une méthode de fractionnement et d'estimation des composés phénoliques chez les végétaux. *Analisis*, 2:10-110.
- Masella R, Di Benedetto R, Vari R, Filesi C and Giovannini C: 2005. Novel mechanisms of natural antioxidant compounds in biological systems: involvement of glutathione and glutathione-related enzymes. *J. Nutr. Biochem.*, 16: 577-586.
- Muth D, Kachlicki P, Krajewski P, Przystalski M and Stobiecki M : 2009. Differential metabolic response of narrow leafed lupin (*Lupinus angustifolius*) leaves to infection with *Colletotrichum lupini*. *Metabolomics*, 5: 354-362.
- Pamin K., Hutomo J., Syamsuddin E. and Purba AR : 1996. Potential productivity of IOPRI planting materials. In : Etude de la diversité génétique du genre *Elaeis* (*E. oleifera* (Kunth) Cortés et *E. guineensis* Jacq.) par marqueurs moléculaires (RFLP et AFLP), Thèse de Doctorat de l'école nationale supérieure Agronomique de Montpellier, 137 p.
- Slatnar A, Mikulic Petkovsek M, Halbwirth H, Stampar F, Stich K and Veberic R : 2010a. Enzyme activity of the phenylpropanoid pathway as a response to apple scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Wint.) infection. *Ann. Appl. Biol.*, 156: 449-456.
- Slatnar A, Mikulic Petkovsek M, Halbwirth H, Stampar F, Stich K and Veberic R : 2010b. Response of phenylpropanoid pathway to *Venturia inaequalis* infection in the maturing fruit of 'Braeburn' apple. *J. Hortic. Sci. Biotech.*, 85: 465-472.
- Schmitt CA and Dirsch VM : 2009. Modulation of endothelial nitric oxide by plant-derived products. *Nitric Oxide*, 21: 77-91.
- Soyode FO and Oyetunji OJ : 2009. Use of morphological characters to identify cassava mosaic disease and cassava bacterial blight resistance. *African Crop Science Journal*, 17(1): pp. 25
- Taquet B : 1985. Les mécanismes physiologiques de la réaction de défense du palmier à huile contre la fusariose vasculaire. Application à la recherche de nouveaux moyens de lutte. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle. Paris, p. 151.
- Tim TPC and Adrew LJ: 2005. Antimicrobial activity of flavonoids. *International journal of antimicrobial agents*, 26: 343-356.
- Treutter D: 2006. Significance of flavonoids in plant resistance: a review. *Environ. Chem. Lett.*, 4: 147-157.
- Veitch NC: 2009. Isoflavonoids of the Leguminosae. *Natural Products Reports*, 26: 776-80