

SCIENCES AND TECHNOLOGIES for Sustainable Agriculture

Revue scientifique à comité de lecture éditée par l'Université Nationale d'Agriculture du Bénin. Journal ayant pour vocation d'inciter et d'accompagner le développement d'une agriculture durable en Afrique et ailleurs.



- ◆ Plant productions
- ◆ Animal productions
- ◆ Forestry
- ◆ Horticulture
- ◆ Veterinary Medicine
- ◆ Fisheries science
- ◆ Biotechnology
- ◆ Rural economy
- ◆ Agro industry
- ◆ Agro-climatology
- ◆ Human nutrition
- ◆ Agricultural extension
- ◆ Conservation of bio-resources
- ◆ Food science and technology
- ◆ Rural sociology and anthropology
- ◆ Rural Engineering
- ◆ Environmental management and climate change

....



UNIVERSITE NATIONALE D'AGRICULTURE



<https://stsa.una.bj/index.php/st>

Sciences and Technologies for Sustainable Agriculture

Revue Scientifique à Comité de Lecture

Vol 5, N°1 –Janvier-Juin 2026 - ISSN: 1659-5726 (Online) 1659-634X (Print)

Publication semestrielle

Université Nationale d'Agriculture
BP 43 Kétou Email : revues.stsa@una.bj / unastad@gmail.com
Site web : <https://stsa.una.bj/index.php/st>

Comité éditorial

L'éditeur est le garant de la ligne éditoriale. Le comité éditorial est composé d'éditeurs thématiques et est présidé par un éditeur en chef et son adjoint. Le comité éditorial est nommé par une décision rectoriale.

Comité Editorial:

Editeur en chef : Dr (MC) TOTIN Edmond ;

Editeur en chef-adjoint : Dr (MC) PADONOU Elie ;

Responsable du service des publications : M. ADOUN Sènan Landry.

Editeurs Thématiques:

Champs thématiques	Editeurs thématiques
Sciences Animale et Halieutique	Dr (MC) Brice Hervé DAKPOGAN Dr (MA) Clément Dogbé ADJAHOUINO
Sciences Végétale, Horticole et Forestière	Dr (MA) Rodrigue IDOHO Dr (MC) Ghislain TEPA-YOTTO Dr (MA) Félicien Djigbo BADO
Sciences des Alimentaires et Nutrition	Dr (MC) Wilfried PADONOU Dr (MC) Harold HOUNHOUIGAN.
Economie et Sociologie rurales	Dr (MC) Nestor ALOKPAÏ Dr (MA) Jaures Cocou AMEGNANGLO Dr (MC) Alice BONOU
Génie rural	Dr (MC) Edem CHABI Dr (MA) Vivien Chaim DOTO

Comité Scientifique

DJOSSO Agossou Bruno (UNA - BENIN)

OKRY Kowouan Florent (UNA - BENIN)

FANDOHAN Adandé Belarmain (UNA - BENIN)

OLOUNLADE A. Pascal (UNA - BENIN)

BIAOU Gauthier (UNA - BENIN)

HOUNGNANDAN Pascal (UNA - BENIN)

SINSIN Brice (UAC - BENIN)

CODJIA Jean T. Claude (UNA - BENIN)

MENSAH Guy Appolinaire (INRAB – BENIN)

MONGBO Rock (UAC – BENIN)

SALIFOU Sahidou (UAC – BENIN)

TOSSOU Rigobert (UAC – BENIN)

AKLI Cokou (UL – TOGO)

van DAMME Patrick (Université de Gand - BELGIQUE)

AYSSIWEDE Simplicie Bosco (EISMV – SENEGAL)

NOUT Robert (PAYS - BAS)

AHOYO-ADJOVI Nestor (INRAB – BENIN)

TAMO Manuele (IITA – BENIN)

ENGELMANN Florent (IRD – BENIN)

AFFOGNON Hippolyte (CORAF)



National University of Agriculture

Sciences and Technologies for Sustainable Agriculture (STSA)

ISSN: 1659-5726 (Online) 1659-634X (Print) <https://www.stsa.una.bj/index.php/st>

VOLUME 5 N° 1 (ORIGINAL ARTICLE)

*Étude de la variabilité de virulence de quelques isolats de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* du Bénin.*

Claudine Kpédétin Sèivè Laurentine KOUSSINOU^{1,2*}, Appolinaire ADANDONON¹, Léfi NODICHAO³

¹Ecole de Gestion et de Production Végétale et Semencière, Université Nationale d'Agriculture (UNA), BP 43 Kétou, Bénin

²Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire Valéry Giscard d'Estaing de Faranah (ISAV), Faranah, République de Guinée

³Centre de Recherche Agricole-Plantes Pérennes de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (Cra-PP/ INRAB)

Résumé

La fusariose vasculaire du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.), causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*, est l'une des principales contraintes phytosanitaires en Afrique subsaharienne. Cette étude vise à caractériser la variabilité de virulence et les interactions mycéliennes de dix-sept isolats de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* collectés dans les principales zones de production du Bénin. Trois isolats ont été sélectionnés de manière raisonnée et inoculés sur quatre génotypes de palmier à huile selon la méthode de Renard et al. (1972), à une concentration de 8×10^6 spores·ml⁻¹. L'analyse de variance révèle un effet hautement significatif des isolats ($F = 33,13$; $P < 0,001$) et un effet significatif des génotypes ($F = 4,34$; $P = 0,004$). L'isolat IB7/CRA-PP/INRAB/BENIN s'est avéré le plus virulent, avec une incidence atteignant 63,33 % sur le génotype PO5604DXPO6896P. Les génotypes PO8287DXPO6881P et PO8283DXPO4697P ont présenté les meilleures performances de tolérance ($I \leq 100$), tandis que PO5604DXPO6896P et PO8077DXPO8783P se sont révélés sensibles ($I > 100$). Les confrontations mycéliennes entre les dix-sept isolats ont révélé une incompatibilité systématique dans l'ensemble des 136 combinaisons testées, suggérant une diversité phénotypique importante au sein des populations béninoises de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*. Ces résultats soulignent la nécessité d'intégrer simultanément la diversité du pathogène et la tolérance de l'hôte dans les programmes d'amélioration variétale.

Mots-clés : *Fusarium oxysporum* f. sp. *Elaeidis*, isolat, résistance, virulence, Confrontation mycélienne.

Abstract

Fusarium wilt of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*, represents one of the most economically damaging biotic constraints affecting oil palm production in sub-Saharan Africa. This study investigated virulence variability and mycelial interaction patterns among seventeen *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* isolates recovered from major oil palm production zones in Benin. Three isolates, selected through a rational screening strategy, were inoculated onto four oil palm genotypes at a spore suspension of 8×10^6 conidia·ml⁻¹ following the protocol of Renard et al. (1972). Analysis of variance revealed a highly significant isolate effect ($F = 33.13$; $P < 0.001$) and a significant genotype effect ($F = 4.34$; $P = 0.004$) on disease incidence. Isolate IB7/CRA-PP/INRAB/BENIN exhibited the highest virulence, inducing up to 63.33% disease incidence on genotype PO5604DXPO6896P. Genotypes PO8287DXPO6881P and PO8283DXPO4697P displayed superior tolerance (tolerance index ≤ 100), whereas PO5604DXPO6896P and PO8077DXPO8783P were classified as susceptible (tolerance index > 100). Dual-culture confrontation assays conducted among all seventeen isolates yielded systematic mycelial incompatibility across all 136 pairwise combinations, indicating substantial phenotypic diversity within the Beninese *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* population. These findings underscore the importance of simultaneously accounting for pathogen diversity and host tolerance in oil palm breeding programmes.

Key words: *Fusarium oxysporum* f. sp. *Elaeidis*, isolate, resistance, virulence, mycelial confrontation



Les auteurs conservent le copyright de leurs travaux et accordent à la revue *Sciences and Technologies for Sustainable Agriculture (STSA)* une licence non exclusive de publication et de diffusion. Sauf indication contraire, les articles sont publiés sous licence CC BY 4.0, permettant leur réutilisation avec attribution appropriée, les auteurs demeurant seuls responsables du contenu de leurs publications.

Corresponding author: Claudine Kpédétin Sèivè Laurentine KOUSSINOU

Received in Mar 2026 and accepted in Jun 2026

E-mail address: claudinekouss@gmail.com

1. Introduction

Le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) est l'une des cultures oléagineuses les plus stratégiques au monde, jouant un rôle économique déterminant dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne. Sa productivité est cependant fortement compromise par diverses contraintes biotiques, au rang desquelles figure la fusariose vasculaire, causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*. Cette maladie représente une contrainte phytosanitaire majeure pour les plantations de palmier à huile en Afrique (Diataté et al., 2015). Elle peut entraîner des pertes allant jusqu'à 70 % des plants (Cochard et al., 2005), engendrant ainsi un impact économique considérable qui suscite une attention scientifique internationale (Dean et al., 2012). Lorsqu'il est isolé sur milieu nutritif gélosé, cet agent présente un mycélium aérien duveteux blanc grisâtre, des sclérotés de couleur foncée formés en une semaine, ainsi que des microconidies très abondantes accompagnées de macroconidies et de chlamydospores (Leslie & Summerell, 2006). Des travaux antérieurs ont permis de documenter la variabilité génétique de certains isolats africains (Flood, 1992) et béninois (Dossa et al., 1991). Plus récemment, des différences significatives dans l'agressivité des isolats de *F. oxysporum* f. sp. *elaeidis* ont été observées, influençant directement la sévérité des symptômes sur les jeunes plants de palmier à huile (Mva et al., 2023). Par ailleurs, l'étude des interactions entre isolats constitue une approche complémentaire pour mieux comprendre cette diversité. Cependant, la diversité actuelle des populations béninoises reste peu documentée. En effet, les confrontations directes permettent d'observer différents types de réactions mycéliennes, tels que la fusion des colonies, la formation de zones de barrage ou encore des phénomènes d'inhibition, traduisant des différences biologiques entre isolats (Gimeno et al., 2021 ; Dourou et La Porta, 2023). Ces interactions peuvent fournir des indications sur la structure des populations fongiques et sur leur degré de différenciation. La variabilité observée au sein des populations de *Fusarium oxysporum* est souvent associée à des différences de pouvoir pathogène. En effet, les travaux de van Dam (2018) ont montré que les isolats de ce complexe présentent une forte diversité génétique et fonctionnelle, laquelle est directement liée à des variations de virulence et de spécificité d'hôte. Bien que le Bénin dispose d'un centre de référence consacré au criblage du palmier à huile pour la résistance à la fusariose vasculaire, à partir d'isolats de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*, les données sur l'évolution et la dynamique des populations de ce pathogène demeurent encore insuffisantes. Depuis les premières caractérisations réalisées en 1991, les connaissances disponibles restent en effet limitées, ce qui souligne la nécessité d'actualiser les informations sur la variabilité actuelle de ces populations. La présente étude vise à caractériser la variabilité des isolats de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* du Bénin à travers, d'une part, l'analyse des réactions de confrontation mycélienne directe entre 17 isolats et, d'autre part, l'évaluation de la variabilité de virulence de trois de ces isolats..

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

Le test de virulence a été effectué sur 640 plantules de palmiers à huile âgées de quatre mois, comprenant deux génotypes résistants à la fusariose vasculaire (PO8287DXPO6881P; PO8283DXPO4697P) et deux génotypes sensibles (PO5604DXPO6896P; PO8077DXPO8783P) à la fusariose vasculaire. Ces génotypes ont été fournis par le CRA-PP en décembre

2018. Le matériel fongique était constitué de dix-sept isolats de *F. oxysporum* f. sp. *elaeidis* du Bénin. Parmi ceux-ci, seize provenaient de la prospection réalisée en 2018, tandis que le dernier était un isolat de référence fourni par le CRA-PP et reconnu pour sa virulence, classiquement utilisé pour cribler la résistance des génotypes de palmier à huile à la fusariose vasculaire. Les isolats fongiques avaient été conservés à -19°C comme décrit par (Fong et al., 2000). Ces techniques permettent de maintenir la viabilité et la stabilité des caractères morphologiques et physiologiques pendant plusieurs années (Espinell-Ingroff et al., 2004). Un traitement à l'eau stérile a été utilisé comme témoin négatif. La liste des isolats utilisés est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1: Origines des isolats de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* du Bénin

N°	Zone agro-écologique (ZAE)	Commune (Plantation palmier à huile)	Code isolat
1	Zone des terres de barre	Adjarra	A-AG/CRA-PP/INRAB/BENIN
2	Zone des terres de barre	Sakété	S-AI/CRA-PP/INRAB/BENIN
3	Zone de dépression	Pobè	P-AK/CRA-PP/INRAB/BENIN
4	Zone des pêcheries	Adjohoun	A-AK/CRA-PP/INRAB/BENIN
5	Zone des terres de barre	Sakété	S-AS/CRA-PP/INRAB/BENIN
6	Zone de dépression	Adja-Ouèrè	A-AT/CRA-PP/INRAB/BENIN
7	Zone des terres de barre	Adjarra	A-BO-S2/CRA-PP/INRAB/BENIN
8	Zone des pêcheries	Adjohoun	A-GB/CRA-PP/INRAB/BENIN
9	Zone de dépression	Adja-Ouèrè	A-KO/CRA-PP/INRAB/BENIN
10	Zone des terres de barre	Ifangni	I-OD-S1/CRA-PP/INRAB/BENIN
11	Zone des terres de barre	Ifangni	I-OD-S2/CRA-PP/INRAB/BENIN
12	Zone cotonnière du Centre Bénin	Kétou	K-OM-S1/CRA-PP/INRAB/BENIN
13	Zone cotonnière du Centre Bénin	Kétou	K-OM-S2/CRA-PP/INRAB/BENIN
14	Zone de dépression	Pobè	436/CRA-PP/INRAB/BENIN
15	Zone des terres de barre	Missrété	M-ZO-S1/CRA-PP/INRAB/BENIN
16	Zone des terres de barre	Missrété	M-ZO-S2/CRA-PP/INRAB/BENIN
17	-	Isolat de référence	IB7/CRA-PP/INRAB/BENIN

2.2. Méthodologie

2.2.1. Test de virulence :

L'essai a été conduit à la station de recherche de Niaouli, située au sud du Bénin, dans la zone agroécologique de la savane côtière, à environ $7,5^{\circ}$ de latitude (Cardwell & Cotty, 2002). Cette région est caractérisée par un climat à quatre saisons, comprenant deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. Les précipitations annuelles y varient entre 1 300 et 1 500 mm, tandis que les températures oscillent entre 25°C et 35°C (Cardwell & Cotty, 2002). L'essai a été réalisé de mars à juin 2019. Durant cette période, les précipitations moyennes enregistrées étaient de 515,25 mm et la température moyenne de $27,3^{\circ}\text{C}$ (DSA, 2021). Le test de virulence a été mis en place suivant un dispositif en blocs factoriels comportant quatre blocs. Deux facteurs ont été étudiés : le génotype (quatre modalités) et l'isolat (trois modalités). Chaque bloc comprenait 160 plantules, correspondant à la combinaison des quatre génotypes de palmier à huile (PO8287DXPO6881P; PO8283DXPO4697P; PO5604DXPO6896P; et PO8077DXPO8783P) et des trois isolats (436/CRA-PP/INRAB/BENIN :

IB7/CRA-PP/INRAB/BENIN et K-OM-S2/CRA-PP/INRAB/BENIN), à raison de 10 plantules par parcelle élémentaire. Le choix des isolats a été raisonné de manière à inclure : la souche de référence virulente du CRA-PP, un isolat issu d'une parcelle à forte pression de maladie et un isolat provenant d'une zone indemne. La suspension inoculante, constituée de spores, a été préparée et ajustée à une concentration standard de 8×10^6 spores.ml⁻¹, (Assouhoun et al., 2016). L'inoculation a été réalisée sur de jeunes plantules âgées de quatre semaines, selon la méthode de susceptibilité du palmier à huile décrite par Renard et al. (1972). L'évaluation du test de virulence a été effectuée après dissection individuelle de chaque plantule et observation des symptômes internes caractéristiques de la fusariose vasculaire. L'incidence de la maladie a été définie comme la proportion de plantules présentant un brunissement des vaisseaux du xylème (Figure 2). Les paramètres évalués ont été calculés selon les formules suivantes :

L'incidence de la fusariose vasculaire:

$$I = \frac{\text{Nombre de plants présentant les symptômes internes de la fusariose}}{\text{Nombre de plants total}} * 100$$

L'indice de tolérance des génotypes selon Renard et al. (1972).

$$\text{Indice de tolérance } (I) = \frac{\% \text{ de plants infectés pour le génotype } A}{\% \text{ de plants infectés pour l'ensemble des génotypes}} * 100$$

Les données ont été analysées avec le logiciel R3.5.2. Une analyse de variance a été effectuée sur l'incidence de la fusariose vasculaire, suivie du test de classement de Tukey au seuil de 5%.

2.2.2. Étude des interactions mycéliennes entre dix-sept isolats de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* par confrontation sur milieu de culture solide.

La confrontation directe sur milieu de culture solide est une technique de culture duale couramment utilisée en mycologie pour étudier les interactions entre isolats fongiques ; elle permet d'évaluer la compétition, l'antagonisme et les comportements de croissance au point de contact des mycéliums, fournissant ainsi des informations sur la diversité fonctionnelle et les relations phénotypiques entre souches (Boddy & Hiscox 2016; Hiscox et al., 2018).

Une matrice de combinaisons deux à deux a été générée entre les 17 isolats en utilisant la formule suivante :

$$C_{kn} = \frac{n!}{k!(n-k)!} = 136$$

Où n représente le nombre total d'isolats testés (17) et k le nombre d'isolats associés dans chaque confrontation (2). Cette combinaison a permis de générer 136 confrontations binaires entre les isolats.

Ensuite, pour réduire le nombre de boîtes de pétri nécessaires, trois isolats ont été confrontés simultanément dans des boîtes de pétri de 9 cm de diamètre contenant le milieu Mycelium Medium. Cette disposition a permis d'évaluer simultanément les compatibilités entre les paires a-b, a-c et b-c. Pour chaque isolat, un fragment de culture pure d'environ 2 mm² prélevé à la marge d'une colonie active a été déposé sur le milieu de culture. Les observations liées à la fusion de la croissance diamétrale des colonies ont été notées à des intervalles de 48 heures sur 8 jours. Les boîtes de Petri ont été incubées à 25 °C (Leslie & Summerell, 2006). Un isolat témoin, cultivé seul au centre d'une boîte de Petri (Figure 4), a été utilisé afin d'évaluer le comportement de croissance (la vitesse d'expansion radiale, la morphologie du mycélium et l'absence de zones de compétition) en l'absence d'interaction avec d'autres isolats. Il a ainsi

servi de référence pour comparer les modifications observées dans les confrontations duales et pour identifier les effets spécifiques liés aux interactions inter-isolats (Boddy & Hiscox, 201). Chaque combinaison a été répétée 5 fois. Les boîtes ont été scellées à l'aide du parafilm afin de limiter les risques de contamination et le dessèchement du milieu de culture.



Figure 1 : Dispositif expérimental

3. Résultats

3.1. Criblage des isolats par test de virulence

L'analyse de variance montre que l'effet des blocs n'est pas significatif (F = 1,065 ; P = 0,371), indiquant une bonne homogénéité du dispositif expérimental et l'absence d'influence de l'environnement ou de la position des unités expérimentales sur l'expression des symptômes de la fusariose vasculaire. En revanche, l'effet des isolats est hautement significatif (F = 33,131 ; P < 0,001). Cela traduit une forte variabilité de virulence entre les isolats de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*, confirmant que ces isolats n'ont pas le même niveau de virulence sur les génotypes de palmier à huile testés. L'effet des génotypes est également significatif (F = 4,343 ; P = 0,004), indiquant que les génotypes présentent des réponses différenciées face à l'infection. Cela met en évidence l'existence de différences de susceptibilité entre les matériels végétaux testés. L'interaction isolats × génotypes n'est pas significative au seuil de 5 % (P = 0,089), bien qu'une tendance soit observée. Cela suggère que la réponse des génotypes reste globalement cohérente face aux différents isolats, même si certaines variations spécifiques pourraient exister (Tableau 2).

Tableau 2 : Analyse de la variance de l'effet des isolats sur le génotype

Variation	ddl	somme des carrés	F	P
Blocs	3	1472	1,065	0,371
Isolats	3	14,963	33,131	<0,001
Génotypes	3	1,962	4,343	0,004
Isolats x génotypes	9	2,280	1,682	0,089

Analyse de l'incidence de la fusariose vasculaire

À l'issue du test de virulence, les incidences les plus élevées de la fusariose vasculaire ont été enregistrées avec l'isolat IB7/CRA-PP/INRAB/BENIN, atteignant respectivement 63,33 % et 50,00 % sur les génotypes PO5604DXPO6896P et PO8077DXPO8783P. Avec ce même isolat, les incidences observées sur les génotypes PO8283DXPO4697P et PO8287DXPO6881P étaient plus faibles, soit respectivement 35,00 % et 30,00 %. Les incidences enregistrées avec les isolats 436/CRA-PP/INRAB/BENIN et K-OM-S2/CRA-PP/INRAB/BENIN sont restées inférieures à celles obtenues avec IB7/CRA-PP/INRAB/BENIN, avec des valeurs comprises entre 15,00 % et 35,90 %. Aucun symptôme n'a été observé au niveau du traitement témoin H₂O. Ces résultats suggèrent que l'isolat IB7/CRA-PP/INRAB/BENIN est le plus virulent parmi ceux évalués.

Ils indiquent également que les génotypes PO5604DXPO6896P et PO8077DXPO8783P sont les plus sensibles à la fusariose vasculaire, tandis que PO8287DXPO6881P et PO8283DXPO4697P apparaissent relativement plus tolérants dans les conditions de l'étude (Tableau 3).

Incidence (%) de la fusariose vasculaire induite par différents isolats

Tableau 3 : Incidence (%) de la fusariose vasculaire induite par différents isolats de *Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis* sur quatre génotypes de palmier à huile.

Isolats Génotypes	436/CRA-PP/INRAB/BENIN	H ₂ O	IB ₇ /CRA-PP/INRAB/BENIN	K-OM-S2/CRA-PP/INRAB/BENIN
PO8287DXPO6881P	25,000 ^b	0,000 ^a	30,000 ^b	17,500 ^{ab}
PO8283DXPO4697P	27,500 ^b	0,000 ^a	35,000 ^b	17,94 ^{ab}
PO5604DXPO6896P	35,897 ^b	0,000 ^a	63,333 ^c	35,000 ^b
PO8077DXPO8783P	25,000 ^b	0,000 ^a	50,000 ^c	15,000 ^{ab}
Incidence globale	29,559 ^b	0,000 ^a	42,000 ^c	21,383 ^b
F	29,67	29,67	31,52	31,52
P	0,5	0,5	< 0,001	< 0,001



Figure 2 : Plantules de palmiers à huile présentant des symptômes internes de la fusariose vasculaire.

Indice de tolérance des génotypes

Selon le critère de classification utilisé, les génotypes PO8287DXPO6881P et PO8283DXPO4697P ont présenté des indices de tolérance inférieurs ou égaux à 100 ($I \leq 100$), indiquant une bonne tolérance à la fusariose vasculaire. De même, les génotypes PO5604DXPO6896P et PO8077DXPO8783P ont affiché des indices supérieurs à 100 ($I > 100$), les classant parmi les génotypes sensibles à la maladie (Tableau 4).

Tableau 4 : Indice de tolérance à la fusariose vasculaire

Indice de tolérance						
Isolats Génotypes	436/CRA-PP/INRAB/BENIN	H ₂ O	IB ₇ /CRA-PP/INRAB/BENIN	K-OM-S2/CRA-PP/INRAB/BENIN	(I) Indice de référence	Statuts
PO8287DXPO6881P	84,576	0	71,428	81,840	$I \leq 100$	Tolérant
PO8283DXPO4697P	93,034	0	83,333	83,898	$I \leq 100$	Tolérant
PO5604DXPO6896P	121,441	0	150,792	163,681	$I > 100$	Sensible
PO8077DXPO8783P	84,576	0	119,047	70,149	$I \leq 100$	Tolérant

3.2. Interactions mycéliennes entre dix-sept isolats de *Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis* par confrontation sur milieu de culture solide.

Les confrontations mycéliennes réalisées entre les 17 isolats de *Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis* ont révélé des réactions d'incompatibilité pour l'ensemble des combinaisons testées (Figure3 ; Tableau 5). Le symbole '-' indique une incompatibilité végétative, tandis que le symbole 'x' indique une comparaison d'un isolat avec lui-même. Aucune fusion mycélienne n'a été observée entre les isolats, traduisant des interactions antagonistes ou une absence de reconnaissance compatible entre les colonies. Ces résultats suggèrent une variabilité phénotypique importante au sein des isolats étudiés. Toutefois, les confrontations mycéliennes directes ne permettent pas à elles seules de conclure sur l'existence ou non de groupes de compatibilité végétative (Tableau 5).

Tableau 5 : Matrice de confrontations mycéliennes directes des isolats de *Fusarium oxysporum f. sp. Elaeidis*

Isolats	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2		x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3			x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4				x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5					x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6						x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7							x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8								x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9									x	-	-	-	-	-	-	-	-
10										x	-	-	-	-	-	-	-
11											x	-	-	-	-	-	-
12												x	-	-	-	-	-
13													x	-	-	-	-
14														x	-	-	-
15															x	-	-
16																x	-
17																	x



Figure 3 : Isolats *Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis* en confrontation sur milieu solide montrant un bourrelet mycélien appelé « barrage »/



Figure 4 : Isolats de *Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis* en croissance sur milieu solide

4. Discussion

4.1. Criblage des isolats par test de virulence

L'analyse de variance a montré que l'effet des blocs n'est pas significatif ($F = 1,065$; $P = 0,371$), traduisant une bonne homogénéité du dispositif expérimental. Les différences entre traitements peuvent donc être attribuées principalement aux facteurs biologiques étudiés plutôt qu'à des variations environnementales (Montgomery, 2019). En revanche, l'effet des isolats est hautement significatif ($F = 33,131$; $P < 0,001$), révélant une variabilité importante de virulence entre les trois isolats de *Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis*. Cette observation est en accord avec les travaux de Kinge et al. (2023), qui ont mis en évidence une forte diversité phylogénétique et pathogénique des populations africaines de *Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis*, et avec ceux de Mva et al. (2023), qui ont observé des différences marquées de virulence entre souches camerounaises, confirmant l'existence d'une variabilité intra-spécifique importante chez ce pathogène.

Parmi les isolats étudiés, IB7/CRA-PP/INRAB/BENIN s'est révélé le plus virulent, avec des incidences atteignant 63,33 % sur le génotype PO5604DXPO6896P. À l'inverse, les isolats 436/CRA-PP/INRAB/BENIN et K-OM-S2/CRA-PP/INRAB/BENIN ont induit des niveaux d'infection plus faibles, compris entre 15 et 36 %, comparables à ceux rapportés par Rusli et al. (2015) et Mva et al. (2023). Aucun symptôme n'a été observé chez le témoin H_2O , confirmant l'absence de contamination et la fiabilité du protocole. Selon Jackson et al. (2024), la variabilité de virulence chez *Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis* est largement liée à la plasticité génomique et à la diversité des facteurs de pathogénicité impliqués dans l'interaction avec l'hôte, ce qui est cohérent avec les contrastes de virulence enregistrés dans la présente étude.

L'analyse de variance a également mis en évidence un effet significatif des

génotypes ($F = 4,343$; $P = 0,004$), traduisant une variabilité génétique de la réponse des génotypes à l'infection. Les indices de tolérance montrent que PO8287DX PO6881P et PO8283DXPO4697P limitent plus efficacement la colonisation vasculaire du pathogène, tandis que PO5604DX PO6896P apparaît plus sensible. Ces résultats corroborent ceux de Durand-Gasselin et al. (2000) et De Franqueville et al. (2001), qui ont démontré que la tolérance à la fusariose vasculaire est sous contrôle génétique. Des travaux récents associent cette tolérance à une activation plus rapide des réponses de défense : production de composés phénoliques, renforcement des parois cellulaires et expression de gènes de résistance (Rival, 2017). Le classement du génotype PO8077DXPO8783P parmi les génotypes sensibles contraste avec son statut habituellement reconnu de matériel résistant à la fusariose vasculaire. Ce résultat pourrait s'expliquer par les différences de virulence observées entre les isolats testés. En effet, les isolats 436/CRA-PP/INRAB/BENIN et K-OM-S2/CRA-PP/INRAB/BENIN ont induit des niveaux d'infection relativement faibles, tandis que l'isolat de référence IB7/CRA-PP/INRAB/BENIN a provoqué une incidence élevée de la maladie. Cette forte virulence de l'isolat IB7/CRA-PP/INRAB/BENIN suggère que la résistance de ce génotype pourrait être partiellement surmontée sous une pression pathogène élevée, révélant ainsi une sensibilité qui n'apparaît pas nécessairement face à des isolats moins virulents. En effet, la performance d'un génotype dépend également de sa capacité à maintenir son niveau de tolérance face à une gamme diversifiée de souches pathogènes. Les génotypes identifiés comme tolérants constituent des candidats prometteurs pour les programmes de sélection, sous réserve d'une validation dans des essais impliquant un éventail plus large d'isolats représentatifs.

4.2. Les confrontations mycéliennes

Les confrontations mycéliennes réalisées entre les 17 isolats ont mis en évidence une incompatibilité systématique pour l'ensemble des 136 combinaisons testées, se traduisant par l'absence de fusion hyphale et par la formation d'une zone de démarcation nette au point de rencontre des colonies. Chez les champignons filamenteux, de telles réactions témoignent de mécanismes de discrimination du soi et du non-soi qui limitent la formation d'hétérocaryons et contribuent au maintien de l'intégrité génétique des populations (Jackson et al., 2024). L'incompatibilité totale observée suggère ainsi une forte variabilité phénotypique et génétique au sein des isolats béninois étudiés.

Cette hypothèse est cohérente avec les travaux menés sur *Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis* en Afrique de l'Ouest. En utilisant des marqueurs moléculaires ISSR, Chidi et al. (2020) ont mis en évidence une structuration génétique importante des populations africaines, accompagnée de différences marquées de virulence : certains isolats induisaient des symptômes sévères là où d'autres ne provoquaient que des symptômes modérés. De même, Kinge et al. (2023) ont rapporté une diversité phylogénétique et pathogénique significative entre isolats camerounais issus de différentes plantations. La forte incompatibilité observée entre les isolats béninois pourrait ainsi refléter une structuration comparable à l'échelle régionale, potentiellement liée à la diversité des gènes effecteurs et des chromosomes accessoires impliqués dans la colonisation vasculaire (Chen et al., 2024 ; Jackson et al., 2024).

Des observations similaires ont été rapportées chez d'autres formes spéciales : Tilahun et al. (2024) ont relevé une variabilité morphologique et culturelle importante chez *Fusarium oxysporum f. sp. capsici* en Éthiopie, et Helmer et Panek (2024) chez *Fusarium sp. conglutinans*,

confirmant que cette hétérogénéité est une caractéristique fréquente du complexe *Fusarium oxysporum*. Toutefois, les confrontations mycéliennes directes ne permettent pas, à elles seules, de conclure sur l'existence de groupes de compatibilité végétative formels : une telle identification nécessiterait des tests basés sur des mutants nitratre non-utilisateurs (nit), associés à des analyses moléculaires permettant de mieux caractériser la structure génétique des populations béninoises de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*.

5. Conclusion

En conclusion, cette étude a mis en évidence une variabilité significative de virulence parmi les isolats béninois de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*, l'isolat IB7/CRA-PP/INRAB/BENIN se distinguant comme le plus virulent. Les différences observées entre les génotypes de palmier à huile confirment l'existence d'une variabilité génétique de la tolérance à la fusariose vasculaire, les génotypes PO8287DXPO6881P et PO8283DXPO4697P ayant présenté les meilleures performances. Par ailleurs, l'incompatibilité observée lors des confrontations mycéliennes suggère une diversité biologique importante au sein des populations du pathogène. Ces résultats soulignent la nécessité de prendre en compte simultanément la variabilité du pathogène et celle de l'hôte dans les programmes de sélection. Des analyses moléculaires complémentaires permettraient de mieux comprendre la structure génétique des populations béninoises de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* et d'améliorer les stratégies de gestion durable de la fusariose vasculaire du palmier à huile.

Conflit d'intérêt : Les auteurs déclarent qu'aucun conflit d'intérêts, financier ou personnel, n'a influencé la réalisation de cette étude.

Contribution des auteurs

KOUSSINOUD Claudine Kpédétin Sèivè Laurentine : conception de l'étude, collecte et analyse des données, interprétation des résultats, rédaction du premier manuscrit et révision du document.

ADANDONON Appolinaire : supervision scientifique de l'étude, contribution à la conception de la recherche, validation de la méthodologie, interprétation des résultats et révision critique du manuscrit.

NODICHAO Leifi : contribution à la conception de l'étude, ainsi qu'à la révision scientifique du manuscrit.

Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude au Centre de Recherches Agricoles Plantes Pérennes (CRA-PP), initiateur des recherches présentées dans ce travail, pour le soutien logistique et l'appui matériel qui ont grandement facilité la réalisation de cette étude. Nous remercions également l'ensemble du personnel du centre pour leur disponibilité, leurs conseils avisés et leur accompagnement tout au long de cette recherche.

6. Références bibliographiques

- Assouhou, O., Hounoue, A., Mensah, F., & Boko, M. (2016). Spore concentration effect on the pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*. *African Journal of Agricultural Research*, 11(12), 1023–1030. <https://doi.org/10.5897/AJAR2015.10585>.
- Boddy, L., & Hiscox, J. (2016). Fungal ecology: Principles and mechanisms of colonization and competition by saprotrophic fungi. *Microbiology Spectrum*, 4(6), FUNK-0019-2016. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.funk-0019-2016>.
- Cardwell, K. F., & Cotty, P. J. (2002). Agro-ecological conditions of the coastal savanna of Benin. *African Crop Science Journal*, 10(2), 145–152.
- Chen, A., Sun, J., Mu, G., Li, M., & Zhang, L. (2024). A gap-free genome assembly of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 provides insights into its evolution and pathogenicity. *Nature Communications*, 15, 6789. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51124-w>.
- Chidi, N. I., Adusei-Fosu, K., Onyilo, F., Gidado, A. S., & Dickinson, M. (2020). Molecular identification of secreted effector genes involved in African *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* strains pathogenesis during screening Nigerian susceptible and tolerant oil palm (*Elaeis guineensis*). *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 552394. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.552394>.
- Cochard, B., Amblard, P., & Durand-Gasselin, T. (2005). Oil palm genetic improvement and sustainable development. *Oléagineux, Corps Gras, Lipide*, 12(2), 141–147.
- Dean, R., Van Kan, J. A. L., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dickman, M. B., Kahmann, R., Ellis, J. G., & Foster, G. D. (2012). The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(4), 414–430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
- De Franqueville, H., Durand-Gasselin, T., & Breton, F. (2001). Approaches towards screening for resistance to oil palm diseases: The examples of *Fusarium Wilt* and *Ganoderma basal stem rot*. In *Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress* (pp. 420–431). Kuala Lumpur, Malaysia.
- Diabaté, S., Kouadio, D. L. M., Konan, B. K., & Wongbé, Y. (2015). Étude de l'influence du facteur antécédent cultural palmiers et cocotiers sur l'évolution de la fusariose vasculaire chez six clones de palmiers à huile de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 92, 8570–8578. <https://doi.org/10.4314/jab.v92i1.1>
- Direction de la Statistique Agricole. (2021). Données pluviométriques du Sud Bénin. Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche, Bénin.
- Dossa, C., Pando-Bahon, A., Renard, J. L., & Boisson, C. (1991). Détermination des groupes de compatibilité végétative chez des souches africaines de *Fusarium oxysporum* isolées de palmiers à huile fusariés. *Oléagineux*, 46(4), 145–147.
- Dourou, M., & La Porta, C. A. (2023). A pipeline to investigate fungal-fungal interactions: *Trichoderma* isolates against plant-associated fungi. *Journal of Fungi*, 9(4), 461. <https://doi.org/10.3390/jof9040461>
- Durand-Gasselin, T., de Franqueville, H., Cochard, B., & Renard, M. (2000). Assessing and utilising sources of resistance to *Fusarium wilt* in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) genetic resources. In *Proceedings of the International Conference on Science and Technology for Managing Plant Genetic Diversity in the 21st Century* (pp. 12–16). Kuala Lumpur, Malaysia.
- Espinel-Ingroff, A., Montero, D., & Martin-Mazuelos, E. (2004). Viability and stability of morphological and physiological characteristics of opportunistic fungi after prolonged periods of maintenance. *Journal of Clinical Microbiology*, 42(1), 434–436. <https://doi.org/10.1128/JCM.42.1.434-436.2004>
- Flood, J. (1992). Vegetative compatibility groups of *Fusarium oxysporum* in Africa. *Phytopathology*, 82(3), 284–289.
- Fong, Y. K., Anuar, S., Lim, H. P., Tham, F. Y., & Sanderson, F. R. (2000). A strategy for the ex-situ conservation of fungi. *CryoLetters*, 21(3),

- 151–160.
- Gimeno, A., Stanley, C. E., Ngamenie, Z., Hsung, M.-H., Walder, F., Schmieder, B. P., Bindschedler, L. V., Schmieder-Lutz, C., Schneider, M., & Wick, L. Y. (2021). A versatile microfluidic platform measures hyphal interactions between *Fusarium graminearum* and *Clonostachys rosea* in real-time. *Communications Biology*, 4, 254. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-01767-1>
- Helmer, S., & Panek, M. (2024). Diversity in the growth response of isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* to different essential oils. *Journal of Phytopathology*, 172(3), e13332. <https://doi.org/10.1111/jph.13332>
- Hiscox, J., O'Leary, J., & Boddy, L. (2018). Fungus wars: Basidiomycete battles in wood decay. *Studies in Mycology*, 89, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.02.003>
- Jackson, E., Li, J., Weerasinghe, T., & Li, X. (2024). The ubiquitous wilt-inducing pathogen *Fusarium oxysporum*. A review of genes studied with mutant analysis. *Pathogens*, 13(10), 823. <https://doi.org/10.3390/pathogens13100823>
- Kinge, R. T., Zemenjuh, L. M., Bi, E. M., Ntsomboh-Ntsefong, G., Annih, G. M., & Bechem, E. E. T. (2023). Molecular phylogeny and pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaedis* isolates from oil palm plantations in Cameroon. *Journal of Plant Protection Research*, 63(1), 122–136. <https://doi.org/10.24425/jppr.2023.144505>
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9780470278376>
- Montgomery, D. C. (2019). *Design and analysis of experiments* (10th ed.). 28/AEM.01868-17
- Wiley. ISBN : 978-1-119-49244-3. 688p
- Mva, A. N., Tengoua, F. F., Adagoro, H., Pueufo, E. R. W., & Dooh, J. P. N. (2023). Characterization of several isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaedis* for the selection of fusarium-resistant oil palm varieties. *International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology*, 8(3), 1-8.
- Renard, M., de Franqueville, H., & Diabaté, M. (1972). Méthode de criblage des palmiers à huile pour la fusariose vasculaire. *Oléagineux*, 27(2), 45–53.
- Rival, A. (2017). Breeding the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) for climate change. *OCL – Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 24(1), D107. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017001>
- Rusli, M. H., Idris, A. S., & Cooper, R. M. (2015). Evaluation of Malaysian oil palm progenies for susceptibility, resistance or tolerance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaedis* and defence-related gene expression in roots. *Plant Pathology*, 64(3), 638–647. <https://doi.org/10.1111/ppa.12290>
- Tilahun, T., Abate, S., Tilahun, T., & Taye, M. (2024). Morphological variability of *Fusarium oxysporum* f. sp. *capsici* (FOC) isolates from hot pepper landraces in West Gojjam Zone, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2322782. <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2322782>
- van Dam, P., de Sain, M., ter Horst, A., van der Does, H. C., & Rep, M. (2018). Use of comparative genomics-based markers for discrimination of host specificity in *Fusarium oxysporum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(3), e01868-17. <https://doi.org/10.11>