

RAPPORT DE STAGE

2^e Année



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIOPODOUMÉ - CÔTE D'IVOIRE

B. P. 29 - ABIDJAN



Novembre 1971

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIPODOUME

Laboratoire de Phytopathologie

R A P P O R T . D E S T A G E

2ème A N N E E

par

Jean-Claude GIRARD

Novembre 1971

J'ai effectué ma deuxième année d'élève de l'ORSTOM au Laboratoire de Phytopathologie du Centre d'Adiopodoumé en Côte d'Ivoire. Les trois premiers mois du séjour ont été essentiellement consacrés à la recherche de plantes fusariées et à l'isolement de souches de Fusarium oxysporum. J'ai profité des tournées organisées dans ce but pour observer les principales maladies qui affectaient alors les cultures en diverses régions de Côte d'Ivoire. C'est pourquoi ce rapport se compose de deux parties : l'une - la plus importante - est consacrée à une étude de Fusarium oxysporum et plus particulièrement de la forme spéciale vasinfectum ; l'autre - très courte - donne un rapide aperçu des maladies que j'ai rencontrées dans les cultures maraîchères.

S O M M A I R E

PREMIERE PARTIE

ETUDE DES FUSARIUM OXYSPORUM PARASITE EN COTE D'IVOIRE

- INTRODUCTION

- I - GENERALITES SUR LES FUSARIUM

1°) Présentation du genre Fusarium

2°) Fusarium oxysporum (Schlecht) Sn. et H.

a) Description

b) Quelques formes spéciales de Fusarium oxysporum

c) Les souches de Fusarium oxysporum utilisées

3°) Quelques autres espèces de Fusarium isolées en Côte d'Ivoire :

a) Fusarium rigidiusculum (Brick) Sn. et H.

b) Fusarium moniliforme (Sheld.) Sn. et H.

c) Fusarium solani (Mart.) (Appel et Wr.) Sn. et H.

d) Fusarium roseum (Link.) Sn. et H.

4°) Isolement de souches de Fusarium

a) Isolement des souches

b) Identification de l'espèce

c) Clonage des souches

- II - RECHERCHE D'UNE TECHNIQUE D'INOCULATION POUR L'ETUDE
DES SOUCHES DE FUSARIUM OXYSPORUM

A. Les techniques employées : Description

1°) Plantules cultivées sur terre; inoculum sur milieu solide.

2°) Plantules cultivées sur perlite; inoculum sur milieu solide.

3°) Plantules cultivées en tubes à essai sur milieu nutritif gélosé.

4°) Plantules cultivées sur sable; inoculum sur milieu liquide.

B. Les résultats obtenus

p. 11

- 1°) Description des symptômes
- 2°) Notation des résultats
- 3°) Résultats des expériences sur terre
- 4°) Expériences sur perlite
- 5°) Expériences en tubes à essai
- 6°) Expériences sur sable

C. Conclusions

- III - ETUDE PARTICULIERE DE DEUX SOUCHES DE FUSARIUM
OXYSPORUM f. sp. VASINFECTUM

A. Etude de la sensibilité de différentes malvacées aux
souches 08 et 09 de Fusarium oxysporum

p. 19

- 1°) Dispositif expérimental
- 2°) Analyse des résultats
 - a) Analyse de variance
 - b) Comparaison des différentes variétés
- 3°) Conclusions
 - a) Les plantes-hôtes
 - b) Les souches 08 et 09 du parasite

B. Influence de quelques facteurs sur la manifestation
du pouvoir pathogène

p. 26

- 1°) La technique d'inoculation
 - a) Description de l'expérience
 - b) Analyse des résultats
 - c) Discussion
- 2°) Les conditions climatiques

C. Effets des filtrats de culture du Fusarium oxysporum
sur les plantes-hôtes

p. 30

- 1°) Première expérience

2°) Deuxième expérience

3°) Discussion

- IV CONCLUSION GENERALE

p. 33

DEUXIEME PARTIE

UN BREF APERCU DE L'ETAT PHYTOSANITAIRE DES CULTURES
MARAICHERES EN COTE D'IVOIRE

p. 34

PREMIERE PARTIE

ETUDE DE FUSARIUM OXYSPORUM PARASITES EN COTE D'IVOIRE

INTRODUCTION

Le programme de stage prévoyait l'étude de la spécialisation parasitaire de différentes souches de Fusarium oxysporum isolées de sols tropicaux et de différentes plantes tropicales atteintes de flétrissement, en particulier de Malvacées. Malheureusement, au cours de nos prospections, nous n'avons pas rencontré de plantes atteintes de fusariose, sinon des palmiers à huile en Basse Côte et quelques bananiers à la station de l'IFAC d'Azaguié. Nous n'avons pas travaillé sur la fusariose du palmier à huile, car les tests d'infection sont souvent très longs à réaliser. Nous avons été tentés d'étudier la fusariose du bananier, mais nous nous sommes heurtés à un obstacle : la difficulté d'obtenir en nombre suffisant des plantules de bananiers à partir des graines dont nous disposions. Finalement, nous avons utilisé deux souches de Fusarium oxysporum qui avaient été isolées de cotonniers par RENARD et qui se sont révélées virulentes.

Dans un premier chapitre, nous avons exposé quelques généralités sur les Fusarium. Le second chapitre est consacré à la recherche d'une technique d'inoculation. Le troisième chapitre traite de l'étude plus approfondies de deux souches de Fusarium oxysporum isolées de cotonnier.

I - GENERALITES SUR LES FUSARIUM

1° Présentation du genre Fusarium.

Les Fusarium sont des champignons septomycètes imparfaits, de l'ordre des Hyphales et de la famille des Tuberculariées. Ils représentent la forme conidienne d'Ascomycètes de l'ordre des Hypocréales et de la famille des Nectriacées (genres Nectria, Calonectria, Gibberella, Hypomyces).

Les Fusariums produisent deux sortes de conidies :

- les macroconidies, pluricellulaires, fusiformes ou falci-formes; une extrémité est généralement pointue; l'autre plus ou moins pédiforme ; elles sont produites sur des sporodochia, masses stromatiques sessiles de forme variable, parfois fusionnées en de larges plages muqueuses appelées pionnotes; ce caractère justifie leur appartenance à la famille des Tuberculariées

- les microconidies, unicellulaires, généralement elliptiques, mais parfois piriformes ou sphériques ; elles apparaissent en chaînettes ou en fausses têtes, parfois en mélange avec des macroconidies. Les microconidies sont absentes chez certaines espèces.

En outre, il y a fréquemment formation de chlamydospores, soit sur les hyphes, soit sur les macroconidies. Les chlamydospores permettent une longue conservation dans le sol.

Plusieurs classifications ont été proposées. Nous avons adopté celle de MESSIAEN et CASSINI (1968) qui repose sur les conceptions de SNYDER et HANSEN.

Beaucoup de Fusariums sont des champignons saprophytes ou parasites de faiblesse, qui vivent fréquemment dans le sol, mais certains ont un rôle pathogène important.

C'est le cas notamment de certaines souches de Fusarium oxysporum.

2°) Fusarium oxysporum (Schlecht) Sn. et H.

a) Description.

Cette espèce, que nous avons plus spécialement étudiée se caractérise par :

- des macroconidies de taille moyenne (moins de sept cloisons, largeur médiane inférieure ou égale à quatre microns), de forme allongée, aux extrémités pointues ;
- des microconidies elliptiques, réunies en fausses têtes à l'extrémité de conidiophores courts ;
- des chlamydospores.

Fusarium oxysporum est doté d'une grande variabilité morphologique. Signalons seulement qu'à partir d'une même souche clonée, nous avons pu obtenir deux types morphologiques différents :

- Type A : les cultures sur milieu de pomme de terre glucosé et gélosé sont recouvertes d'un mycélium aérien blanc, d'aspect cotonneux ; au centre de la culture apparaissent des Sporodochia orangés. Les macroconidies sont de taille moyenne, leurs extrémités sont légèrement recourbées.

- Type B : les cultures jeunes ont un mycélium aérien très ras. Rapidement apparaissent de nombreux sporodochia orangés qui donnent à la culture un aspect visqueux. Des zones de couleur orangée alternent avec des zones de couleur violette. Les macroconidies sont très allongées, pratiquement rectilignes.

Notons que Fusarium oxysporum n'a pas de forme sexuée connue.

b) quelques formes spéciales de Fusarium oxysporum.

La plupart des Fusarium oxysporum sont saprophytes. Cependant certaines souches sont pathogènes et présentent une virulence assez finement spécialisée. On connaît ainsi un assez grand nombre de formes spéciales, pour la plupart agents de maladies vasculaires. GORDON (1965) en dresse une liste de 66 et ARMSTRONG (1968) de 69. Signalons seulement :

- Fusarium oxysporum f. sp. albedinis (KILLIAN et MAIRE)
MALENCON : maladie de "bayoud" du palmier dattier ;
- Fusarium oxysporum f. sp. cubense (EF. SMITH) SN. et H. :
"maladie de Panama" des bananiers ;
- Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis TOOVEY : fusariose du palmier à huile ;
- Fusarium oxysporum f. sp. lini (BOLLEY) SN. et H. : dépérissement du lin ;

- Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici (Sacc.) SN. et H. : fusariose de la tomate;
- Fusarium oxysporum f. sp. melonis SN. et H. : fusariose du melon;
- Fusarium oxysporum f. sp. pisi (VAN HALL) SN. et H. : fusariose du pois;
- Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum (ATK.) SN. et H. : flétrissement du cotonnier.

En Côte d'Ivoire, Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis cause de graves dégâts dans les plantations de palmier à huile de la basse côte. Ce parasite a été étudié par RENARD (1966, 1967, 1968, 1969, 1970). C'est la seule forme spéciale de Fusarium oxysporum qui présente une réelle importance économique dans ce pays. Signalons toutefois l'existence à la Station de l'IFAC d'Azaguié d'un petit îlot de bananiers "Gros Michel" et de Musa acuminata atteints de la maladie de Panama (F. o. f. sp. cubense). Enfin, RENARD a isolé 2 souches de Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum de cotonniers atteints de flétrissement sur les parcelles du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé. Ce sont ces deux dernières souches que nous avons plus spécialement étudiées.

c) Les souches de Fusarium oxysporum utilisées.

Nous avons isolé plusieurs souches de Fusarium oxysporum que nous avons utilisées par la suite dans les expériences d'inoculation :

- 018, isolée de branche de gombo à Hiré;
- 019, isolée de branche de gombo à Adiopodoumé;
- 020, isolée de bananier Musa acuminata atteint de maladie de Panama à Azaguié.
- 026, isolée de tige de tomate à Odienné;
- 027, isolée de feuille de riz à Adiopodoumé;
- 028, isolée de plantules de cotonniers à Adiopodoumé;
- 029, isolée de semence de gombo.

Par ailleurs, nous avons utilisé des souches isolées les années précédentes par RENARD :

- 06 et 07 isolée du sol
- 08 et 09 isolée de cotonnier à Adiopodoumé
- 016, isolée de palmier à huile
- 017, isolée de Passiflora quadrangularis à Adiopodoumé.

3°) Quelques autres espèces de Fusarium isolées en Côte d'Ivoire.

a) Fusarium rigidiusculum (Brick) Sn. et H.

Fusarium rigidiusculum produit de très grandes macroconidies dépassant 50 microns de longueur et possédant souvent plus de 9 cloisons. Les microconidies sont produites en chainettes sur des conidiophores ramifiés. Nous en avons isolé une souche sur un rameau desséché de caféier à Adiopodoumé. D'après ROGER (1953), cette espèce est capable de provoquer une maladie poudreuse des cabosses de cacao. La forme sexuée est Calonectria rigidiuscula.

b) Fusarium moniliforme (Sheld.) Sn. et H.

Les macroconidies sont très peu nombreuses en culture. Les microconidies sont produites en chainettes mais également en fausses têtes analogues à celles du Fusarium oxysporum. Une caractéristique importante de cette espèce est qu'elle ne produit jamais de chlamydospores.

Certaines souches de Fusarium moniliforme sont capables de synthétiser des gibberellines et provoquent la maladie du "gigantisme" du riz.

Personnellement nous avons isolé cette espèce de tige de maïs à (Adiopodoumé), de graines et plantules de gombos.

La souche isolée de gombo (graines et jeunes plantules issues de ces graines) est peut être l'agent responsable d'une fonte de semis que nous avons constatée lors des expériences en serre. Au moment de la levée, la plantule présente une nécrose au niveau de la crosse. La lésion s'étend rapidement à l'ensemble de la plante qui meurt.

La forme parfaite est Gibberella moniliformis.

c) Fusarium solani (Mart. (Appel et Wr.) Sn. et H.

Les macroconidies, souvent très abondantes en culture, sont plus larges que celles de Fusarium oxysporum (largeur supérieure ou égale à 4 microns); les extrémités sont arrondies.

Les microconidies, produites à l'extrémité de conidiophores allongés, sont rassemblés en fausses têtes, souvent incluses dans une gouttelette d'eau.

Les chlamydospores sont présentes.

Fusarium solani présente quelques formes spécialisées, responsables de pourritures des racines et du collet ou de pourritures de fruits (MESSIAEN et CASSINI, 1968).

Nous avons fréquemment rencontré cette espèce. En particulier nous l'avons isolé de :

- tige et racine d'aubergines atteintes de bactériose (Adiopodoumé et Bouaké)

- tige de tomates atteintes de bactériose (Bouaké)
- tige de gombo attaqué par Sclerotium rolfsii (Hiré)
- tige de gerbera (Adiopodoumé)
- racine de tagetes flétries (Adiopodoumé)
- racine de céleri (Bouaké)
- feuille de riz (Yamousoukro)
- tige de crotalaire (Adiopodoumé).

Les souches isolées de Gerbera et de crotalaire ont donné la forme parfaite Hypomyces solani qui produit des périthèces rouges contenant des asques à huit ascospores bicellulaires.

d) Fusarium roseum (Link) Sn. et H.

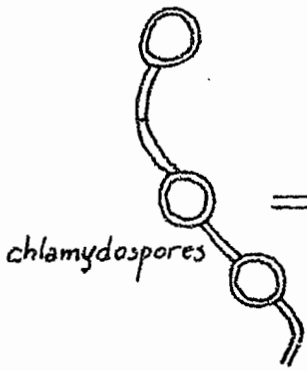
L'espèce Fusarium roseum (Link) Sn. et H. regroupe en fait plusieurs variétés. A l'exception de la variété "arthrosporioïdes", les Fusarium roseum ne produisent pas de microconidies. Leur croissance est rapide. Les macroconidies sont de taille et de forme variable, mais ont toujours une extrémité pédiforme. Les chlamydospores peuvent être très abondantes, mais ne sont pas constantes. La forme parfaite est Gibberella rosea.

Les Fusarium roseum, très souvent saprophytes ou envahisseurs secondaires, peuvent être virulents sur les graminées, le pois, les tubercules de pomme de terre, l'ail, mais il est difficile de parler d'une véritable spécialisation parasitaire (MESSIAEN et CASSINI, 1968).

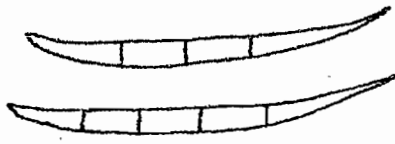
Nous avons isolé Fusarium roseum variété sambuccinum d'organes aériens de différentes plantes : tige d'aubergine (Bouaké), fruit de tomate (Adiopodoumé), fruit de poivron (Rubino), feuille de courgette (Bouaké), feuille de choux (Bouaké), rameau de Cassia tora (Adiopodoumé), rameau de manguier (Adiopodoumé), feuille de riz (Yamousoukro, Danané, Korogho, Ferkéssédougou).

Fusarium roseum variété gibbosum a été trouvé sur feuilles de haricot (Bouaké) et Fusarium roseum variété culmorum sur racine de céleri (Bouaké).

0 10 20 30 40 50 μ



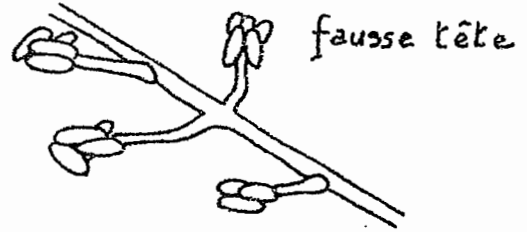
chlamydospores



macroconidies



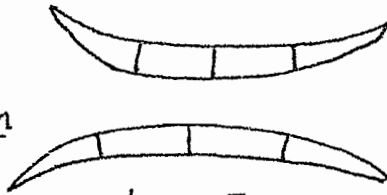
microconidies



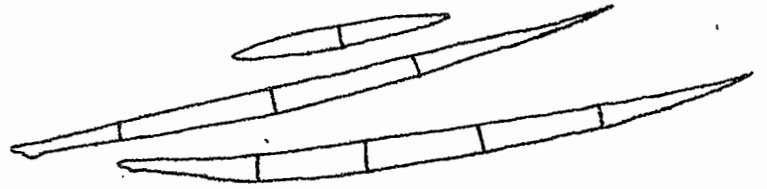
fausse tête

Souche 019, isolée de tige de Gombo

Fusarium
oxysporum

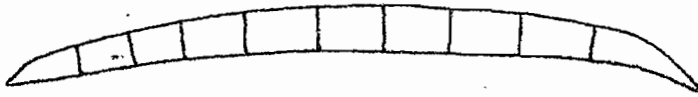


type A

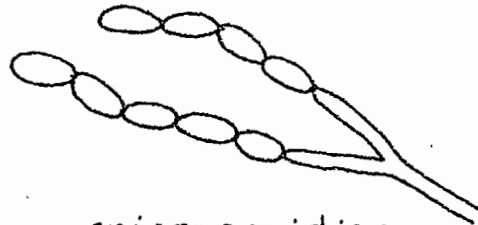


type B

Macroconidies des 2 types morphologiques obtenus à partir de la souche 08, isolée de Cotonnier.

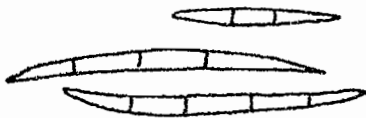


macroconidie

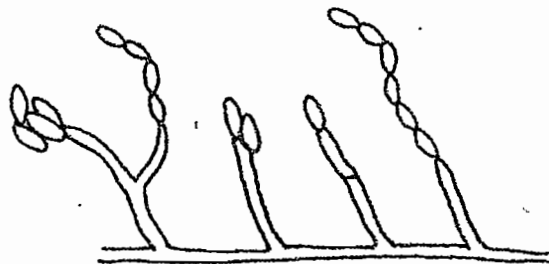


microconidies

Fusarium rigidiusculum : Souche isolée de rameau de caféier

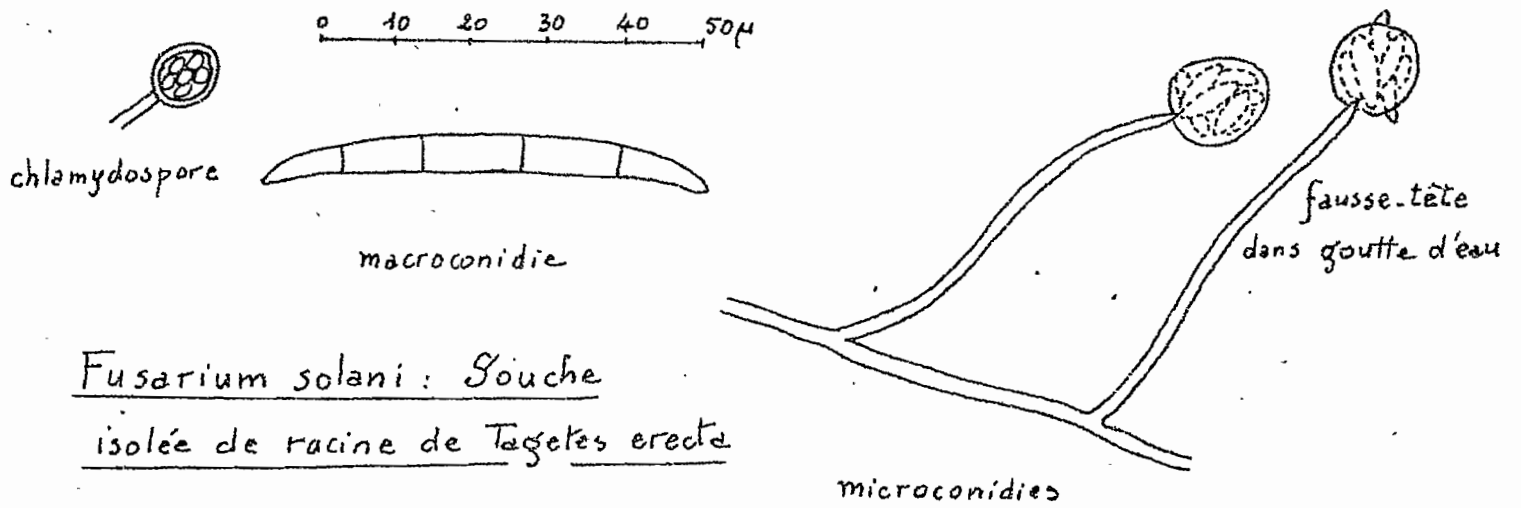


macroconidies

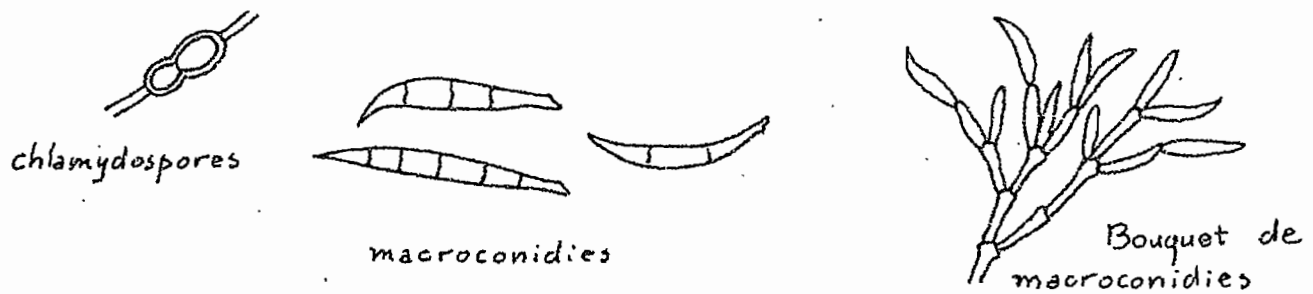


microconidies

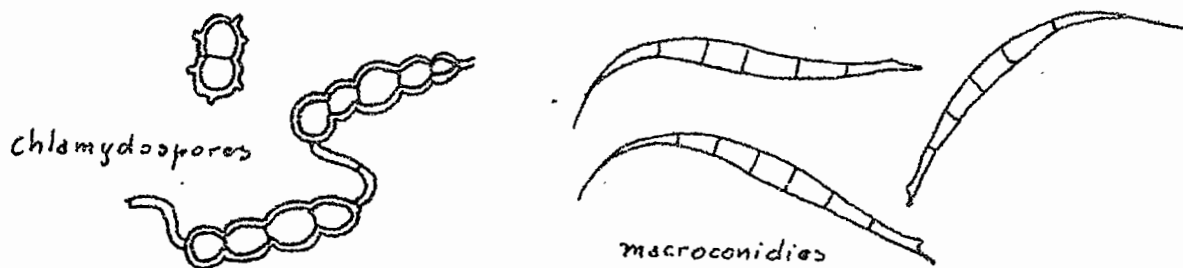
Fusarium moniliforme : Souche isolée de graine de Gombo



Fusarium solani: Souche isolée de racine de Tagetes erecta



Fusarium roseum var. sambuccinum: Souche isolée de feuille de Riz



Fusarium roseum var. gibbosum: Souche isolée de feuille de Haricot

- Fausses têtes de microconidies

- Chlamydozoospores

FUSARIUM OXYSPORUM F. SP. VASINFECTUM : SOUCHE 08

- Type A : Macroconidies et
microconidies

- Type B : Macroconidies

4°) Isolement de souches de Fusariuma) Isolement des souches.

L'isolement des souches a été réalisé à partir de petits fragments d'organes végétaux. Ceux-ci sont désinfectés en surface par trempage dix minutes dans une solution de chlorure mercurique à 1 ‰, abondamment rincés à l'eau stérile puis déposés sur milieu gélosé en boîtes de Pétri.

Nous avons utilisé principalement trois milieux :

- de l'eau gélosé (20 g d'agar-agar pour 1 litre d'eau);
- le milieu de NASH et SNYDER, milieu sélectif pour Fusarium oxysporum et Fusarium solani (NASH et SNYDER, 1961) :

Peptone Difco	:	15 g.
Agar-agar	:	20 g
KH ₂ PO ₄	:	1 g
MgSO ₄ , 7H ₂ O	:	0,5 g
Streptomycine	:	0,3 g
PCNB	:	1 g
Eau	:	1 l ;

- le milieu de MARTIN (MARTIN, 1950) :

Agar-agar	:	20 g
Peptone	:	5 g
Glucose	:	10 g
KH ₂ PO ₄	:	1 g
MgSO ₄ , 7H ₂ O	:	0,5 g
Eau	:	1 litre
Rose bengale	:	0,03 g
Streptomycine	:	0,03 g

Après incubation des boîtes à 28° C, on prélève sous la loupe binoculaire les filaments mycéliens qui apparaissent et on les repique en tubes à essai sur milieu PDA (milieu de pomme de terre glucosé et gélosé) ou sur milieu de farine d'avoine.

b) Identification de l'espèce.

L'observation à sec, au grossissement (x 125) du microscope de minces fragments de culture prélevés dans la zone de croissance, permet de voir le mode de formation des microconidies (chainette, fausse-tête), critère très important pour la classification. Des préparations montées dans le bleu coton permettent d'observer les

macroconidies et éventuellement les chlamydo-spores. Pour savoir si les souches produisent ou non des chlamydo-spores, on est souvent obligé de faire incuber des fragments de culture dans l'eau stérile. Deux autres caractères peuvent apporter des renseignements intéressants : la coloration des cultures sur milieu avoine et la vitesse de croissance à 18 et à 24° C.

c) Clonage des souches.

On prélève des microconidies en **effleurant** une culture jeune avec la pointe d'une aiguille. On trempe l'extrémité de l'aiguille dans une goutte d'eau stérile déposée au centre d'une boîte de Pétri contenant de l'eau gélosée et on étale. Au bout d'une quinzaine d'heures, on prélève sous la loupe binoculaire des microconidies germées. On vérifie sous le microscope que chaque microconidie prélevée est effectivement isolée de toute autre. On repique en tubes à essai. On obtient ainsi des souches d'origine monocaryotiques. Les microconidies de Fusarium oxysporum sont en effet uninuclées dans plus de 99 % des cas, et d'ailleurs, chez les rares microconidies contenant deux noyaux, ceux-ci proviennent de la division du même noyau (HOFFMANN, 1966). Cette technique présente d'autre part l'avantage d'éliminer totalement les contaminations bactériennes.

Les souches clonées, sont conservées en tubes à essai sur milieu de MEYER.

II - RECHERCHE D'UNE TECHNIQUE D'INOCULATION POUR L'ETUDE DES SOUCHES DE FUSARIUM OXYSPORUM

Nous avons essayé plusieurs méthodes d'inoculation en utilisant les diverses souches de Fusarium oxysporum dont nous disposions, et ceci dans un double but :

- trouver une méthode qui permettent d'obtenir rapidement des résultats;

- vérifier si les souches de Fusarium oxysporum sont effectivement pathogènes pour les plantes sur lesquelles elles ont été isolées et éventuellement pour d'autres plantes.

A - Les techniques employées - Description.

Les expériences ont été réalisées dans les serres du laboratoire de Phytopathologie.

1°) - Plantules cultivées sur terre. Inoculum sur milieu solide.

Cette technique s'inspire de celle mise du point par ARMSTRONG et al. (1940).

Les graines, préalablement délintées à l'acide sulfurique concentré (quand il s'agit de cotonniers) et désinfectées dans une solution de chlorure mercurique à 1/1000 sont mises à germer sur papier filtre imbibé d'eau stérile. Elles sont repiquées en terre stérilisée à la vapeur, à raison de 10 graines par pot.

Le champignon est cultivé en fioles de Roux sur un milieu solide (mélange de farine de maïs et de sable ou vermiculite imbibée de bouillon de pomme de terre). L'inoculum est mélangé à la terre des pots avant le repiquage des plantules.

Les pots sont régulièrement arrosés à l'eau du robinet.

2°) - Plantules cultivées sur perlite. Inoculum sur milieu solide.

L'inoculum est placé au fond de sachets de polyéthylène, puis il est recouvert de perlite dans laquelle on repique les graines préalablement germées (BOUHOT et ROUXEL, 1970).

3°) - Plantules cultivées en tubes à essai sur milieu nutritif gélosé.

Les graines prégermés sont repiquées en tubes à essai sur un milieu nutritif gélosé à raison de 2 graines par tube de 25 x 25. On déverse un certain volume de broyat de culture de Fusarium au pied des plantules.

4°) - Plantules cultivées sur sable stérile. Inoculum sur milieu liquide.

Nous avons utilisé la technique de ARMSTRONG et ARMSTRONG (1948).

Les graines, préalablement délintées à l'acide sulfurique et désinfectées dans une solution à 1/1000 de chlorure mercurique sont semées directement sur du sable stérilisé à la vapeur à raison d'une vingtaine de graines par pôt. On arrose quotidiennement à l'eau du robinet. Quand toutes les plantules ont levé, on arrose avec une solution nutritive ayant la composition suivante :

Mg SO ₄ , 7H ₂ O	0,49 g/l
Ca (NO ₃) ₂ , 4H ₂ O	1,18 g/l
K ₂ SO ₄	0,35 g/l
NH ₄ H ₂ PO ₄	0,23 g/l
solution d'oligoéléments	1 cm ³

Solution d'oligoéléments :	Fe Cl ₃ , 6H ₂ O	3 g
	Mn SO ₄	3 g
	Cu SO ₄	3 g
	Zn SO ₄	3 g
	Acide borique	4 g
	Eau distillée	1000 cm ³

Le champignon est cultivé pendant 3 jours sur un milieu liquide ayant la composition suivante :

- glucose : 20 g/l
- sels minéraux : les mêmes que précédemment, mais à concentration double.

La solution est mise en fioles de Roux de 1 litre à raison de 1/2 litre par fiole, puis elle est stérilisée à l'autoclave. On réalise l'ensemencement des fioles en ajoutant 2 cm³ d'un broyat de culture de Fusarium (1 tube de culture sur milieu de Meyer broyé au mixer dans 50 cm³ d'eau stérile). L'incubation dure 3 jours. Les flacons sont fortement agités 2 ou 3 fois par jour, de façon à éviter que les filaments mycéliens ne s'agglomèrent.

L'inoculation est pratiquée quand les premières feuilles vraies apparaissent. On ne laisse que 12 plantules par pot. A l'aide d'un scalpel, on blesse les racines. L'inoculum est dilué une fois à l'eau, puis on déverse 1/2 litre de la suspension obtenue dans chaque pot.

B - Les résultats obtenus.

1°) - Description des symptômes.

Les formes pathogènes de Fusarium oxysporum provoquent des maladies vasculaires appelées maladies de flétrissement ou wilt. Voici les symptômes observés sur le cotonnier : les organes foliaires flétrissent; certains secteurs jaunissent et se nécrosent; les feuilles tombent; la croissance est fortement ralentie : les entrenœuds formés sont très courts, ce qui donne à la plante un aspect rabougri ; si on soulève l'écorce, on constate que les vaisseaux ont pris une couleur brune. Nous avons essayé de noter ces symptômes avec autant de précision que possible, de façon à avoir une idée du degré d'évolution de la maladie.

2°) - Notation des résultats.

a) Les symptômes externes :

- N, nombre de plantes dans chaque traitement ;
- O, nombre de plantes ne présentant aucun symptôme externe de wilt ;

- W_1 , nombre de plantes présentant des symptômes légers de wilt : jaunissement, flétrissement ou chute des cotylédons ; s'ils subsistent, ces cotylédons se détachent facilement, et la cicatrice foliaire présente des vaisseaux bruns ;

- W_2 , nombre de plantes présentant des symptômes moyens de wilt : une ou plusieurs feuilles vraies sont flétries ou tombées ; les cicatrices foliaires présentent des vaisseaux bruns.

- W_3 , nombre de plantes présentant des symptômes graves de wilt : chute de toutes les feuilles ; épicotyle rabougri ;

- M, nombre de plantes mortes (la partie apicale au moins est nécrosée);

- $\sum W + M$ = nombre de plantes présentant des symptômes de wilt + nombre de plantes mortes. Il s'agit - en gros - du nombre de plantes atteintes par le champignon.

b) Les symptômes internes :

- Brunissement des vaisseaux. On l'estime en enlevant l'écorce des plantules :

n = nombre de plantes observées

Br + : nombre de plantes présentant des vaisseaux bruns (au moins au niveau de l'hypocotyle).

c) La présence du champignon dans la tige

Un fragment de tige de chaque plantule non nécrosée est placé sur boîtes de Pétri contenant de l'eau gélosée. On observe les boîtes 3 jours après et on prélève les champignons qui, repiqués individuellement en tube de PDA, seront identifiés.

n = nombre de plantules testées

F.O. nombre de Fusarium oxysporum ayant poussé.

d) Indice I :

A l'aide des chiffres des symptômes externes, on peut calculer l'indice I, qui sert à caractériser la sensibilité d'une variété vis à vis d'une souche donnée (à une date donnée après l'inoculation) :

$$I = \frac{10W_1 + 20W_2 + 30W_3 + 50 (M - Mt)}{100}$$

Mt, étant le pourcentage de plantules témoins mortes. EBBELS (1967) utilise un indice analogue (Wilt index) pour l'étude de la fusariose du pois.

Remarques : Dans les tableaux de résultats, chaque case est divisée en 2 selon une diagonale. En haut et à gauche est noté le nombre absolu de plantes ; en bas et à droite le pourcentage par rapport au nombre N. Dans le cas des brunissements du vaisseaux et des isollements, les pourcentages sont donnés par rapport aux plantes effectivement observées pour ces critères, les plantes nécrosées n'ayant pas pu être testées.

3°) - Résultats des expériences sur terre.a) Première expérience.

Nous avons essayé d'inoculer des cotonniers (Gossypium hirsutum, variété BJA 592), des gombos (Hibiscus esculentus, variété Clemson Red) et des passiflores (Passiflora edulis) avec les souches de Fusarium oxysporum 07 (isolée du sol), 08 (cotonnier), 011 (melon) et 016 (palmier à huile).

Les résultats ont été lu deux mois après le début de l'expérience = seuls les cotonniers et les gombos inoculés avec la souche 08 ont présenté quelques symptômes de flétrissement. Par ailleurs, cette souche a été fréquemment réisolée de fragments de tige de cotonnier et de gombos placés sur milieu gélosé, y compris de plantes ne présentant pas de symptômes externes.

		N	O	Wilt	M	W. + M	Brunissements		Isolements	
							n	Br+	n	F.O.
Cotonnier BJA	08	87 / 100	74 / 85,1	7 / 6,9	6 / 8	13 / 14,9	81 / 100	13 / 16,5	26 / 100	15 / 57,5
	T	85 / 100	83 / 97,6	0 / 0	2 / 2,4	2 / 1,4	83 / 100	0 / 0	24 / 100	0 / 0
Gombo Clemson Red	08	49 / 100	32 / 65,4	11 / 22,4	6 / 12,2	17 / 34,6	43 / 100	11 / 25,6	19 / 100	14 / 73,7
	T	35 / 100	31 / 88,6	0 / 0	4 / 11,4	4 / 11,4	31 / 100	0 / 0	24 / 100	0 / 0

TABLEAU 1 - Résultats de la 1ère expérience d'inoculation sur terre.

b) Deuxième expérience :

Elle a été réalisée selon le schéma suivant

Souches de Fusarium oxysporum	Plantes inoculées
08 (isolée de cotonnier) et 08R (réisolée de cotonnier après inoculation par 08)	Gossypium hirsutum "444-2" et Gossypium barbadense "Hyfi"
018 (isolée de Gombo)	Hibiscus esculentus "Perkins Long Pod"
017 (isolée de Passiflora quadrangularis)	Passiflora edulis var. erythrocarpa et Passiflora quadrangularis
06 (isolée du sol)	chacune de ces différentes plantes

L'inoculum a été ensemencé le 4 mars, mis en place dans les pots le 30 mars ; les graines ont été repiquées le 5 avril. Les résultats ont été lus le 10 juin. Ils sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2 : 2^{ème} Expérience sur Terre - 2^{ème} Lecture

Genre Espèce	Variété	Souche de FO.	N	O	W i l t				M	Σ W + M	Brunissement		Isolement		i	Remarques
					W1	W2	W3	Σ W			n	Br+	n	FO.		
COTONNIERS <i>Gossypium hirsutum</i>	BJFI	08	80 100	48 60,0	6 7,5	3 3,8	10 12,5	19 23,8	13 16,2	32 40,0	67 100	21 31,2	64 100	10 15,6	10,6	
		08R	85 100	51 60,0	7 8,2	4 4,7	9 10,6	20 23,5	14 16,5	34 40,0	71 100	21 29,6	41 100	18 25,4	10,4	
		06	91 100	88 96,7	1? 1,1	0 0	0 0	1 1,1	2 2,2	3 3,3	89 100	1? 1,1	89 100	0 0		
		T	91 100	86 94,5	0 0	0 0	0 0	0 0	5 5,5	5 5,5	86 100	0 0	85 100	0 0		
COTONNIERS <i>Gossypium barbadense</i>	HYFI	08	95 100	66 69,5	6 6,3	4 4,2	0 0	10 10,5	19 20	29 30,5	76 100	10 13,2	73 100	2 2,7	9,4	
		08R	95 100	68 71,6	7 7,4	0 0	0 0	7 7,4	20 21,1	27 28,5	75 100	7 9,3	74 100	0 0	9,2	
		06	99 100	95 96,0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 4,0	4 4,0	95 100	1? 1,0	95 100	0 0		
		T	96 100	92 95,8	0 0	0 0	0 0	0 0	4 4,2	4 4,2	92 100	0 0	92 100	0 0		
GOMBO <i>Hibiscus esculentus</i>	PERKINS LONG POD	018	51 100	50 98,0	1? 2,0	0 0	0 0	1 2,0	? ?		51 100	1 2,0	50 100	1 2,0		
		06	67 100	66 94,3	0 0	0 0	1 1,5	1 1,5	? ?		67 100	1 1,5	67 100	1 1,5		
		T	61 100	61 100	0 0	0 0	0 0	0 0	? ?		60 100	1 1,5	60 100	0 0		

. Résultats pour les cotonniers.

La souche 06 n'a eu aucun effet ni sur les cotonniers, ni sur les autres plantes. Les souches 08 et 08R se sont comportées de la même manière, comme cela était prévisible. Bien que les indices soient peu différents (10,6 et 10,4 pour Gossypium hirsutum, 9,4 et 9,2 pour Gossypium barbadense), il semblerait que G. hirsutum soit plus sensible que G. barbadense. Le nombre de plantes atteintes est moins grand pour ce dernier, et d'autre part, on n'a pratiquement pas réisolé le champignon, des tiges de G. barbadense. Mais les résultats sont peu nets, et ne permettent pas de conclure avec certitude.

. Résultats pour le gombo.

Il a été impossible de compter le nombre de morts, car, beaucoup de plantules sont mortes très précocement, aussi bien chez les témoins que chez les plantes traitées, et ont complètement disparu.

En tout cas, on ne note aucun symptôme de wilt.

Dans les isolements, on trouve : Fusarium oxysporum, Fusarium moniliforme et Fusarium roseum. Ces trois types de Fusarium proviennent très certainement des semences, car ils ont pu être isolés de graines de gombo désinfectées placées en tubes de pda.

. Résultats pour les Passiflores.

Les graines de Passiflora quadrangularis n'ont malheureusement pas germé.

Les graines de Passiflora edulis ont germé très inégalement. Aucune plantule n'a présenté de symptôme de maladie, et aucun champignon n'a été isolé des fragments de tige placés sur eau gélosée.

4°) - Expérience sur perlite.

Une série d'inoculations sur cotonniers et gombos de schéma analogue à celle réalisée sur terre a été mise en place. Elle n'a pas donné de résultats exploitables. En particulier, le nombre des plantes mortes était beaucoup plus élevé chez les plantes témoins que chez les plantes traitées.

5°) - Expérience en tubes à essai.

Ici non plus, pas de résultats exploitables.

6°) - Expériences sur sable.a) Première expérience :

! Souches de Fusarium ! oxysporum	! Plantes inoculées	!
! 08 (cotonnier)	! Gossypium hirsutum "444-2"	!
! et	! et	!
! 08R	! Gossypium barbadense "Hyfi"	!
! 018 (Gombo)	! Hibiscus esculentus "Perkins Long Pod"	!

Les résultats sont consignés dans les tableaux 3, 4 et 5. On a fait 3 lectures à une dizaine de jours d'intervalle.

. Cotonniers.1ère lecture (22 Mai)

Trois semaines après l'inoculation on note des symptômes de wilt très nets. Une proportion très importante des plantes est atteinte. 08 et 08R donnent des résultats tout à fait analogues. La variété 444-2 semble plus atteinte, bien que les indices de 444-2 et Hyfi ne soient pas très différents. Notons que chez Hyfi le flétrissement est fréquemment unilatéral.

2ème lecture (1er Juin)

La proportion des plantes atteintes est plus importante. Le nombre des plantes mortes est élevé. Les indices de "Hyfi et 444-2" sont maintenant nettement différents.

3ème lecture (11 Juin)

Pratiquement toutes les plantes ont été touchées. Le nombre de morts est très important. L'écart entre les indices de "Hyfi" et "444-2" s'est encore accru (43,2 et 40,2 pour 444-2, 30,3 et 31,3 pour Hyfi). Chez "Hyfi", un certain nombre de plantes ayant présenté des symptômes de wilt faibles ou moyens (W_1 ou W_2) semblent repousser activement, phénomène qui ne s'observe pas chez "444-2".

. Gombo

Remarques analogues que pour le test "sur terre".

. Conclusions

Par cette méthode, des symptômes de wilt apparaissent rapidement.

La souche 018 semble sans action sur le gombo.

Genre Espèce	Variété	Souches de P ₀	N	O	Wilt				M	ΣW + M	I
					W ₁	W ₂	W ₃	ΣW			
COTONNIER <i>Gossypium hirsutum</i>	444-2	08	97	20	20	24	30	74	3	77	16,8
			100	20,6	20,6	24,8	30,9	74,3	3,1	77,4	
			08R	90	19	19	13	29	61	10	71
			100	21,1	21,1	14,4	32,2	67,8	11,1	78,9	
		T	98	96	0	0	0	0	2	2	
			100	98,0	0	0	0	0	2,0	2,0	
<i>Gossypium barbadense</i>	HYFI	08	99	32	21	32	9	62	5	67	13,9
			100	32,3	21,2	32,3	9,1	62,6	5,1	67,7	
			08R	102	33	29	24	7	60	9	69
			100	32,4	28,4	23,5	6,9	58,8	8,8	67,6	
		T	102	102	0	0	0	0	0	0	
			100	100	0	0	0	0	0	0	

Tableau 3 : 1^{ère} Expérience sur Sable : 1^{ère} Lecture

Genre Espèce	Variété	Souches de P ₀	N	O	Wilt				M	ΣW + M	I
					W ₁	W ₂	W ₃	ΣW			
COTONNIER <i>Gossypium hirsutum</i>	444-2	08	97	10	2	6	36	44	43	87	33,7
			100	10,3	2,1	6,2	37,1	45,4	44,3	89,7	
			08R	90	16	4	3	17	24	50	44
			100	17,8	4,4	3,3	18,9	26,6	55,6	82,2	
		T	98	96	0	0	0	0	2	2	
			100	98,0	0	0	0	0	2,0	2,0	
<i>Gossypium barbadense</i>	HYFI	08	99	21	11	28	16	55	23	78	23,2
			100	21,2	11,1	28,3	16,2	55,6	23,2	78,8	
			08R	102	26	11	21	15	47	27	74
			25,5	100	10,8	20,6	14,7	46,1	26,5	72,5	
		T	102	102	0	0	0	0	0	0	
			100	100	0	0	0	0	0	0	

Tableau 4 : 1^{ère} Expérience sur Sable : 2^{ème} Lecture

Tableau 5 : 1^{ère} Expérience sur Sable, 3^{ème} Lecture

Genr. Esp.	Variété	Souche de Fo.	N	O	Wilt				M	ΣW M	Brunissement		Isolement		I	Remarques
					W ₁	W ₂	W ₃	ΣW			n	Br+	n	F.O.		
COTONNIERS <i>Gossypium hirsutum</i>	444-2	08	97 100	6 6,2	0 0	0 0	13 13,4	13 13,4	78 80,4	91 93,8	19 100	16 84,2	19 100	15 78,9	43,2	
		08R	90 100	8 8,9	2 2,2	5 5,6	8 8,9	15 16,7	67 74,4	82 91,1	23 100	15 65,2	20 100	14 70,0	40,2	
		T	98 100	96 98,0	0 0	0 0	0 0	0 0	2 2,0	2 2,0	96 100	0 0	0 0	84 100	0 0	
<i>Gossypium barbadosense</i>	HYFI	08	99 100	17 17,2	3 3,0	20 20,2	19 19,2	42 42,4	40 40,4	82 82,8	59 100	45 76,3	59 100	44 74,6	30,3	13 plantes malades ont repoussé
		08R	102 100	20 19,6	3 2,9	18 17,6	12 11,8	33 32,4	49 48,0	82 80,4	53 100	32 60,4	53 100	35 66,0	31,3	8 plantes malades ont repoussé
		T	102 100	102 100	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	102 100	0 0	0 0	102 100	0 0	
GOMBO <i>H. esculentus</i>	PERKINS LONG POD	018	84 100	55 65,5	0 0	0 0	0 0	0 0	29 34,5	29 34,5			57 100	1 1,8		
		T	87 100	59 67,8	0 0	0 0	0 0	0 0	28 32,2	28 32,2			53 100	0 0		

Les souches 08 et 08R sont virulentes sur cotonnier. Leur effet est parfaitement identique. Un passage de la souche 08 sur cotonnier n'a donc pas modifié son pouvoir pathogène.

La variété "444-2" (G. hirsutum) semble plus sensible que la variété "Hyfi". (G. barbadense).

b) Deuxième expérience.

Souches de Fusarium oxysporum	Plantes inoculées
08 (cotonnier) 09 (cotonnier)	Gossypium hirsutum : - "Allen"
028 (graine de cotonnier) 06 (sol)	(cotonnier) - "BJA"
08 - 06	" - "444-2"
08 - 09 - 028 - 06	Gossypium barbadense : - "Hyfi" (cotonnier)
08 (cotonnier) 019 (gombo) 029 (graine de gombo) 06 (sol)	Hibiscus esculentus : - "Perkins Long Rod" (gombo)
08 - 06	Hibiscus cannabinus : - "Cuba 108" (Kénaf)
	Hibiscus sabdariffa : - ? (Roselle)
	Urena lobata : - (Malvacée sauvage)

Remarques :

- La souche 06, isolée du sol et non pathogène, a été utilisée sur les plantes témoins, de façon à ce que ces dernières soient soumises à des conditions les plus proches possibles de celles des plantes inoculées.

- Les racines ont été beaucoup plus sévèrement blessées que dans la 1ère expérience : la racine principale a été sectionnée.

- Les dégâts sont apparus précocement. Les lectures des résultats ont donc été effectuées plus tôt.

- Seuls les résultats de la 2ème lecture (22 jours après inoculation) ont été présentés (Tableaux 6a et 6b).

Tableau 6a : 2^{ème} Expérience sur Sable = 2^{ème} Lecture

Genre Espèce	Variété	Souches de Po.	N	O	Wilt				M	ΣW + M	Brunissement		Isolement		i	Remarques	
					W1	W2	W3	ΣW			n	Br+	n	F.O.			
Gossypium hirsutum	BJA	08	120 100	10 8,3	0 0	9 7,5	16 13,3	25 20,8	85 70,8	110 91,6					40,9		
		09	116 100	3 2,6	12 10,3	14 12,1	28 19,8	49 42,2	64 55,1	113 97,3					36,9		
		028	121 100	121 100	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0							
		06	120 100	120 100	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0							
	ALLEN	08	120 100	5 4,2	15 12,5	32 26,7	34 28,3	81 67,5	34 28,3	115 95,8					28,8		
		09	120 100	25 20,8	49 40,8	32 26,7	12 10,0	93 77,5	2 1,7	95 79,2					12,8		
		028	120 100	119 99,2	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0,8	1 0,8							
		06	117 100	115 98,3	1? 0,9	0 0	0 0	0 0	1 0,9	2 1,7							
	444-2	08	120 100	23 19,2	13 10,8	26 21,7	18 15,0	57 47,5	40 33,3	97 80,8							
		06	120 100	117 97,5	0 0	0 0	0 0	0 0	3 2,5	3 2,5							

Tableau 66 : 2^{ème} Expérience sur Sable - 2^{ème} Lecture (Suite)

Genre Espèce	Variété	Soyuche et F.O.	N	O	Wilt				M	ΣW + M	Brunissement		Isolement		i	Remarques	
					W ₁	W ₂	W ₃	ΣW			n	Br+	n	F.O.			
COTONNIER <i>Gossypium barbadense</i>	HYFI	08	118 100	24 20,3	40 33,9	25 21,2	4 3,4	69 58,5	25 21,2	94 79,7					19,2		
		09	116 100	44 37,9	41 35,3	18 15,5	2 1,7	61 52,6	11 9,5	72 62,1					11,8		
		028	124 100	123 99,2	0 0	0 0	0 0	0 0	1 0,8	1 0,8							
		06	118 100	118 100	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0							
BOMBO <i>Hibiscus esculentus</i>	PERKINS LONG POD	08	120 100	10 8,3	16 13,3	4 3,3	7 5,8	27 22,5	83 69,2	110 91,7					30,0		
		019	119 100	110 92,4	0 0	0 0	0 0	0 0	9 7,6	9 7,6							
		029	121 100	103 85,1	0 0	0 0	0 0	0 0	18 14,9	18 14,9							
		06	120 100	100 83,3	0 0	0 0	0 0	0 0	20 16,6	20 16,6							
<i>Hibiscus cannabinus</i> H. - Sabdariffa <i>Urena lobata</i>		08		Aucun				Symptôme									
	06			Aucun				Symptôme									

. Résultats sur cotonniers.

La souche 028, qui avait été isolée de graine de cotonnier, n'a strictement aucun pouvoir pathogène sur les variétés de cotonniers testées.

On vérifie que la souche 06, isolée du sol, n'a aucune action sur les cotonniers, ni sur aucune des autres plantes du test.

Les souches 08 et 09 ont manifesté par contre un pouvoir pathogène élevé. Si nous nous plaçons par exemple 22 jours après l'inoculation, nous constatons que les différentes variétés de cotonnier ont des indices assez différents les uns des autres :

BJA	:	40,9	
ALLEN	:	28,8	
444,2	:	25,3	(pour 08)
HYFI	:	19,2	

La variété "BJA" (Gossypium hirsutum) apparaît donc comme beaucoup plus sensible que la variété "Hyfi" (Gossypium barbadense); les variétés "ALLEN" et "444-2" (Gossypium hirsutum) présentent des sensibilités intermédiaires. On remarque que 29 jours après l'inoculation, la différence d'indice entre "ALLEN" et "BJA" est faible. Cela tient au fait que presque toutes les plantes sont alors mortes.

Les souches 08 et 09 ne présentent pas la même agressivité. Si vis à vis de "BJA" la différence est peu marquée, par contre vis à vis de "ALLEN" et "HYFI", 08 se révèle nettement plus agressive que 09.

Remarque : De même que dans la 1ère série d'inoculation sur sable, certaines plantes de la variété "Hyfi", primitivement malades, repoussent activement.

. Résultats sur gombos

Les souches 019 (isolées de tige de gombo) 029 (isolée de graine) et 06 (sol) n'ont eu aucune action sur les plantes testées. Par contre la souche 08 a provoqué des symptômes graves de wilt. L'action semble très précoce.

. Autres Malvacées (Kénaf, Roselle et Urena lobata)

On ne note aucun symptôme de maladie.

c) Troisième expérience.

(souche 026 sur tomate et aubergine)

La souche 026 a été isolée à Odienné à partir de la tige d'un plant de tomate vraisemblablement atteint de bactériose à Pseudomonas solanacearum. Nous avons essayé de l'inoculer à de jeunes plants de tomates d'une variété réputée sensible à la fusariose, "Super Market" et à de jeunes plants d'aubergine de la variété "Hative de Barbentane". Quelques jours après l'inoculation, nous avons pu constater une nécrose des racines (zone corticale surtout) et parfois du collet. Certaines plantes ont ainsi été détruites. Mais la plupart ont émis des racines adventives et se sont rétablies. Quelques semaines après, plantes inoculées et plantes témoins avaient la même taille et un aspect tout à fait identique. La souche 026 n'est donc sûrement pas capable de provoquer une maladie vasculaire, mais elle peut provoquer des nécroses corticales sur les jeunes plantules.

C - Conclusions.

Ces premières expériences nous permettent de tirer plusieurs conclusions :

- la méthode d'inoculation des plantules sur sable avec inoculum cultivé sur milieu liquide s'est révélée de loin la plus efficace ;

- de toutes les souches de *Fusarium* testées, seules 08 et 09 ont présenté un réel pouvoir pathogène ; ces souches sont capables de provoquer le flétrissement du cotonnier et du gombo ;

- il existe certainement des différences variétales dans la sensibilité des cotonniers à ces souches.

III - ETUDE PARTICULIERE DES SOUCHES 08 ET 09 DE
FUSARIUM OXYSPORUM F. SP. VASINFECTUM

A - Etude de la sensibilité de différentes malvacées aux souches
08 et 09 de Fusarium oxysporum

1°) - Dispositif expérimental.

En utilisant la technique d'inoculation "sur sable", nous avons tenté d'inoculer en souches 08 et 09 aux différentes malvacées suivantes :

<u>Cotonnier</u>	:	- cotonniers tétraploïdes :	
		- Gossypium hirsutum	: - BJA 592
			- ALLEN 333-57
			- HAR 444-2
		- Gossypium barbadense	: - HYFI
		- Cotonniers diploïdes :	
		- Gossypium arboreum	
		- Gossypium herbaceum	
<u>Gombo</u>	:	- Hibiscus esculentus :	- PERKINS LONG FOT
			- INDIEN I
<u>Kénaf</u>	:	- Hibiscus cannabinus :	- CUBA 108
<u>Roselle</u>	:	- Hibiscus sabdariffa.	

Nous avons réalisé 3 répétitions :

Dans chacune, il y avait 36 plantules par traitement (3 pots de 12 plantules). Les résultats ont été lus 14 jours, 21 jours et 28 jours après l'inoculation. Les résultats bruts de la 2ème lecture sont consignés dans les tableaux 7, 8 et 9.

2°) - Analyse des résultats.

Nous n'avons analysé ici que les résultats de la 2ème lecture (21 jours après l'inoculation). Les indices de sensibilité I sont réunis dans le tableau 10. Nous éliminons des calculs les résultats concernant le Kénaf (V9) et la Roselle (V10). En effet, nous n'avons jamais constaté chez ces plantes des symptômes de flétrissement, d'où des indices nuls.

Tableau 7a

Inoculation sur Sable - 1^{re} Répétition - 2^{ème} Lecture: Souche 08

Genre Espèce	Variété	Souche de F.O.	N	O	Wilt				M	ΣW + M	Brunissement		Isolement		i	Remarques
					w ₁	w ₂	w ₃	ΣW			n	Br+	n	F.O.		
COTONNIERS 4N	G. herb.	08	36	6	7	8	5	20	10	30	6	3	6	2	23,1	Systeme racinaire totallement détruit
	G. herb.		100	16,7	19,4	22,2	13,9	55,6	27,8	83,3	100	50,0	100	33,3		
	Gossypium hirsutum	ALLEN	36	12	17	3	2	22	2	24	26	22	26	13	9,5	>>
			100	33,3	47,2	8,3	5,6	61,1	5,6	66,7	100	84,6	100	50,0		
G. herb.			36	16	15	3	1	19	1	20	21	20	21	16	8,1	>>
			100	44,4	41,7	8,3	2,8	52,8	2,8	55,5	100	95,2	100	76,2		
G. herb.			36	19	9	3	0	12	5	17	24	21	30	15	11,1	Systeme racinaire non détruit
			100	52,8	25,0	8,3	0	33,3	13,9	47,2	100	87,5	100	50,0		
COTONNIERS 2N	G. herb.		37	35	2	0	0	2	0	2	37	24	24	2	0,5	>>
			100	94,6	5,4	0	0	5,4	0	5,4	100	84,6	100	4,4		
G. herb.			29	26	2	0	0	2	1	3	26	9	27	2	0,7	>>
			100	89,7	6,9	0	0	6,9	3,4	10,3	100	34,6	100	4,4		
HIBISCUS	H. esculentus		38	7	11	1	3	15	16	31	8	8	8	6	26,8	>>
			100	18,4	28,9	2,6	7,9	39,5	42,1	81,6	100	100	100	45,0		
	H. esculentus	INDIENS	36	8	4	0	2	6	22	28	8	8	8	4	33,3	>>
			100	22,2	11,1	0	5,6	16,7	61,1	77,8	100	100	100	50,0		
H. conn.	CUBA 108		26	26	0	0	0	0	0	0	26	0	26	2	0	>>
			100	100	0	0	0	0	0	0	100	0	100	4,7		
H. sabd.			37	36	0	0	0	0	1	1	34	0	34	2	1,4	Quelques brunissements tout à fait à la base.
			100	97,3	0	0	0	0	2,7	2,7	100	0	100	5,9		

* Pour les brunissements de vaisseaux et les isollements, les chiffres se rapportent à la 3^{ème} lecture.

Tableau 76

Inoculation sur Sable. 1^{re} Répétition - 2^{ème} Lecture - Souche 09

Genre Espèce	Variété	Souche de F.O.	N	O	Wilt				M	ΣW + M	Brunissement		Isolement		i	Remarques
					W1	W2	W3	ΣW			n	Br+	n	F.O.		
COTONNIERS 4-N <i>Gossypium hirsutum</i>	BJA	↑	36 100	6 16,7	14 38,9	9 25,0	4 11,4	27 75,0	3 8,3	30 83,3	4 100	4 100	6 100	6 100	15,1	Système racinaire totalement détruit
	ALLEN		36 100	19 52,8	12 33,3	2 5,6	1 2,8	15 41,7	2 5,6	17 47,2	29 100	27 93,1	29 100	14 48,3	6,8	"
	444-2		36 100	23 63,9	10 27,8	3 8,3	0 0	13 36,1	0 0	13 36,1	31 100	31 100	30 100	25 83,3	4,4	"
	HYFI		36 100	32 88,9	4 11,4	0 0	0 0	4 11,4	0 0	4 11,4	36 100	25 69,4	36 100	6 16,7	1,1	Système racinaire non détruit
COTONNIERS 2N <i>G. arb.</i>		09	38 100	38 100	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	38 100	18 47,4	38 100	4 10,5	0	"
			29 100	27 93,1	1 3,4	0 0	0 0	1 3,4	1 3,4	2 6,9	27 100	9 33,3	27 100	4 14,8	0,3	"
			38 100	16 42,1	12 31,6	0 0	1 2,6	13 34,2	9 23,7	22 57,9	13 100	11 84,6	15 100	3 20,0	15,8	"
HIBISCUS <i>H. esculentus</i>	INDIEN 1		37 100	7 18,9	5 13,5	1 2,7	1 2,7	7 18,9	23 62,2	30 81,1	6 100	5 83,3	6 100	4 66,7	33,8	"
	CUBA 198		30 100	30 100	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	28 100	0 0	29 100	0 0	0	"
	H. sabd.	↓	38 100	38 100	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	38 100	0 0	37 100	3 8,1	0	Quelques brunissements notés fait à la base

* Pour le brunissement de vaisseaux et les isollements, les chiffres se rapportent à la 3^{ème} lecture.

Tableau 86 : Inoculation sur Sable - 2^{ème} Répétition - 2^{ème} Lecture - Souche 09

Genre Espèce	Variété	Souche de F.O.	N	O	Wilt				M	$\frac{\Sigma WY}{M}$	Brunissement		Isolement		I	Remarques
					W1	W2	W3	ΣWY			n	Br+	n	F.O.		
COTONNIERS AN	Gossypium hirsutum	BTR.	38 100	11 28,9	16 42,1	9 25,7	1 2,6	26 68,4	1 2,6	27 71,1	30 100	30 100			10,1	
		ALLEN	25 100	18 72,0	4 16,0	0 0	0 0	4 16,0	3 12,0	7 28,0	23 100	10 43,5			7,6	
		444-2	37 100	31 83,8	5 13,5	0 0	0 0	5 13,5	1 2,7	6 16,2	36 100	18 50,0			1,4	
		HyFi	36 100	34 94,4	2 5,6	0 0	0 0	2 5,6	0 0	2 5,6	36 100	14 38,9			0,6	
COTONNIERS 2N	G. arb.	09	38 100	37 97,4	1 2,6	0 0	0 0	1 2,6	0 0	1 2,6	38 100	16 42,1			0,3	
	G. herb.		30 100	28 93,3	0 0	0 0	0 0	0 0	2 6,7	2 6,7	27 100	2 7,4			1,5	
HIBISCUS	H. esculentus	PERKINS LONG POP	37 100	22 59,5	7 18,9	0 0	0 0	7 18,9	8 21,6	15 40,5	23 100	19 82,6			1,4	
		INDIEN E	34 100	11 32,4	5 14,7	1 2,9	2 5,9	8 23,5	15 44,1	23 67,6	17 100	15 88,2			24,3	
		CUBA 103														
H. sabd.			38 100	38 100	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	37 100	0 0			0	

Tableau 92 : Inoculation sur Sabla : 2^{ème} Répétition - 2^{ème} lecture. Souche 08

Genre Espèce	Variété	Souche de F.O.	N	O	WILT				M	ΣW + M	Brunissement		Isolement		i	Remarques
					W1	W2	W3	ΣW			n	Br+	n	F.O.		
COTONNIERS 4N	Gossypium hirsutum															
	BJA	A	36 100	2 5,6	4 11,1	10 27,8	11 30,6	25 69,4	9 25,0	34 94,4					27,0	
	ALLEN		36 100	12 33,3	12 33,3	9 25,0	1 2,8	22 61,1	2 5,6	24 66,7					9,2	
	444-2		36 100	11 30,6	10 27,8	5 13,9	6 16,7	21 58,3	4 11,1	25 69,4					16,0	
G. barb.																
	HYFI		36 100	13 36,1	15 41,7	6 16,7	0 0	21 58,3	2 5,6	23 63,9					10,3	
COTONNIERS 2N																
G. arb.		08	37 100	21 56,8	12 33,4	4 10,8	0 0	16 43,2	0 0	16 43,2					5,5	
G. herb.																
HIBISCUS	H. esculentus															
	PERKINS LONG POB		24 100	4 16,7	7 29,2	1 4,2	0 0	8 33,3	10 41,7	18 45,0					12,7	
	INDIEN 1		21 100	6 28,6	1 4,8	0 0	0 0	1 4,8	14 66,7	15 71,4					29,3	
	H. cann.		35 100	35 100	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0					0	
H. sabd.																
			37 100	37 100	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0					0	

Tableau 96 : Inoculation sur Sable - 3^{ème} Répétition - 2^{ème} Lecture. Souche 09

Genre Espèce	Variété	Souche de FO.	N	O	Wilt				M	ΣW + M	Brunissement		Isolement		i	Remarques
					W1	W2	W3	ΣW			n	Br+	n	FO.		
COTONNIERS 4N <i>Gossypium hirsutum</i>	BJR	↑	37 100	7 18,9	9 24,3	12 33,4	2 5,4	23 62,2	4 18,9	30 81,1					18,8	
	ALLEN		39 100	26 66,7	9 23,1	2 5,1	2 5,1	13 33,3	0	13 33,3					4,9	
	444-2		38 100	23 60,5	12 31,6	0	2 5,3	14 36,8	1 2,6	15 39,5					6,1	
	MYFI		34 100	20 58,8	12 35,3	1 2,9	0	13 38,2	1 2,9	14 41,2					5,6	
COTONNIERS 2N <i>G. arb.</i>		09	36 100	32 88,9	3 8,3	1 2,8	0	4 11,1	0	4 11,1					1,4	
<i>G. herb.</i>																
HIBISCUS <i>H. esculentus</i>	PERKINS LONG POD		26 100	1 3,8	5 19,2	0	0	5 19,2	20 46,9	25 96,2					28,5	
	INDIEN 4		34 100	4 11,8	3 8,8	1 2,9	2 5,9	6 17,6	24 40,6	30 88,2					34,0	
	CUBA 108		36 100	34 94,4	0	0	0	0	2 5,6	2 5,6					2,8	
	H. sabd.		37 100	36 97,3	0	0	0	0	1 2,7	1 2,7					1,4	

a) Analyse de variance

Nous faisons subir aux chiffres du tableau 10, le changement de variable Arc sin I (tableau 11). V_6 n'ayant pas de résultat pour la 3ème répétition, nous allons estimer ces données manquantes :

. pour 08 :

$$X = \frac{a T + b B - S}{(a-1)(b-1)} \quad \text{avec} \quad \left(\begin{array}{l} a = 8; b = 3; T = 10,82; B = 158,48; \\ S = 468,22. \end{array} \right.$$

$$X = 8,2$$

Il faudra apporter à la somme des carrés concernant les variétés une correction de $\frac{B - (a-1) X^2}{a(n-1)} = 183$

. pour 09 :

$$X = 100 \quad \text{avec} \quad a = 8; b = 3; T = 10,18; B = 141,22; S = 364,66$$

La correction sera de 91. Au total, il faudra diminuer la somme des carrés concernant les variétés de 274. De plus on perdra 2 degrés de liberté.

Il s'agit maintenant d'analyser un plan factoriel d'ordre 2 à 3 répétition (tableaux 12 ; 13 et 14).

Nous pouvons conclure qu'il y a des différences hautement significatives entre variétés et entre souches.

D'autre part, le rapport $\frac{\text{variance "interaction"}}{\text{variance "résiduelle"}}$ étant inférieur à la valeur de F théorique, la variance déduite du modèle mathématique (variance "interaction") ne diffère pas significativement de la variance obtenue directement (variance "résiduelle"); le modèle mathématique adopté est donc valable.

b) Comparaison des différentes variétés entre elles :

+ vis à vis de 08.

Procédons tout d'abord à l'analyse deux à deux des moyennes de Arc sin I, par le test de Tukey, ce qui indiquera les groupes de variétés que l'on peut chercher à différencier les uns des autres.

Nous classons les moyennes par ordre croissant et nous établissons le tableau des différences 2 à 2 observées (Tableau 15).

		V ₁ (BJA)	V ₂ (ALLEN)	V ₃ (G.L.L-2)	V ₄ (HYFI)	V ₅ (G. arb.)	V ₆ (G. herb.)	V ₇ (P.L.P)	V ₈ (IND. J)	V ₉ (Kinf)	V ₁₀ (Raselle)
08	Répétition 1	23,1	9,5	8,1	11,1	0,5	0,7	26,8	33,3	0,0	1,4
	Répétition 2	23,6	11,1	15,8	4,3	2,1	1,1	12,5	29,4	0,0	0,0
	Répétition 3	27,0	9,2	16,0	10,3	5,5	.	12,7	29,3	0,0	0,0
09	Répétition 1	15,1	6,8	4,4	1,1	0,0	0,3	15,8	33,8	0,0	0,0
	Répétition 2	10,1	7,6	1,4	0,6	0,3	1,5	11,4	24,3	0,0	0,0
	Répétition 3	18,8	4,9	6,1	5,6	1,4	.	28,5	34,0	2,8	1,4

Tableau 10 : Indicateur de sensibilité i (2^{ème} Lecture)

		x_i									
		V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	$\sum x_i$	
08	x_j	R ₁	28,73	17,95	16,54	19,46	4,05	4,80	31,18	35,24	157,95
		R ₂	29,06	19,46	23,42	11,94	8,33	6,02	20,70	32,83	151,79
		R ₃	31,31	17,66	23,58	18,72	13,56	8,20	20,88	32,77	(158,48) 166,68
	$X_j = \sum_j x$	89,10	55,07	63,54	50,15	25,94	(10,82) 13,02	42,76	100,84	(468,22) 476,42	
	$\sum_j x^2$	2650,21	1012,77	1378,08	872,41	269,67	126,52	1836,66	5393,54		
	$\bar{x} = \frac{X_j}{3}$	29,7	18,4	21,2	16,7	8,6	6,3	24,3	33,6		
$var V_j = \frac{1}{2}(\sum_j x^2 - \frac{X_j^2}{3})$		1,97	0,94	16,10	17,20	22,69	2,97	35,64	1,99		
09	x_j	R ₁	22,87	15,12	12,11	6,02	0,00	3,14	23,42	35,55	118,23
		R ₂	18,53	16,00	6,80	4,44	3,14	7,04	19,73	29,53	105,21
		R ₃	25,70	12,79	14,30	13,69	6,80	10,00	32,27	35,67	(141,22) 151,22 374,86
	$X_j = \sum_j x$	67,10	43,91	33,21	24,15	9,94	(10,18) 20,18	75,42	100,75	(364,66) 374,86	
	$\sum_j x^2$	1526,89	648,20	399,81	243,37	56,09	159,42	1979,12	3408,17		
	$\bar{x} = \frac{X_j}{3}$	22,4	14,6	11,1	8,1	3,3	6,7	25,1	33,6		
$var V_j = \frac{1}{2}(\sum_j x^2 - \frac{X_j^2}{3})$		13,05	2,75	15,99	24,48	11,58	11,84	41,53	12,33		

Tableau 11 : Résultats de la 2^{ème} Lecture après transformation Arc sin \sqrt{x} - Calcul des moyennes et des variances des variétés [Entre parenthèses, la somme B, T et S obtenues avant estimation des données manquantes].

	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	T _i = Σ _j X _{ij}	T _i ²
O8	89,10	55,07	63,54	50,15	25,94	19,02	72,76	100,84	476,42	226970,02
O9	67,10	43,91	33,21	24,15	9,94	20,18	75,42	100,75	374,66	140370,12
T _j = Σ _i X _{ij}	156,20	98,98	96,75	74,30	35,88	39,20	148,18	201,59	T _G = 851,08	ΣT _i ² = 367.340
T _j ²	24398,44	9797,04	9360,56	5520,49	1287,37	1536,64	21957,31	40638,63	ΣT _j ² = 114.497	
Σ _j X _j ²	12441,22	4960,79	5149,23	3098,24	771,68	768,99	10982,20	20379,27	ΣX ² = 58.483	

Tableau 12 : Données du plan à 1 répétition pour la variable X = Σjz par case

Origine	Somme des Carrés	d.d.f.
Entre Souches	$\frac{\Sigma T_i^2}{8} - \frac{T_G^2}{16} = 45.918 - 45273 = 645$	1
Entre Variétés	$\frac{\Sigma T_j^2}{2} - \frac{T_G^2}{16} = 57.250 - 45273 = 11.977$	4
Résiduelle (par différence)	588	7
Total	$\Sigma X^2 - \frac{T_G^2}{16} = 58.483 - 45273 = 13.210$	15

Tableau 13 :
Analyse à 2 dimensions du plan
figurant en tableau précédent
(calcul de la somme des carrés
uniquement)

Origine	Somme des Carrés	d.d.f.	Variance	F observé	F. théorique		Conclusion
					0,05	0,01	
Entre Souches	$\frac{645}{3} = 215$	1	215	12	4,17	7,56	H.S.
Entre variétés	$\frac{11.977}{3} = 3992$ (correction) - 274 = 3658	4	523	29,7	2,33	3,30	H.S.
Interaction	$\frac{588}{3} = 196$	4	28	1,5	2,33	3,30	N.S.
Résiduelle (directe)	527	30	17,6				
Total	$\Sigma X^2 - \frac{T_G^2}{16} = 19961 - 15091 = 4870$	45					

Tableau 14 : Analyse de la variance (Plan factoriel d'ordre 2 à 3 répétitions)

	V6	V5	V4	V2	V3	V7	V1	V8
\bar{x}	6,3	8,6	16,7	18,4	21,2	24,3	29,7	33,6
V8	33,6	27,3	25,0	16,9	15,2	12,4	9,3	0
V1	29,7	23,4	21,1	13,0	11,3	8,5	5,4	0
V7	24,3	18,0	15,7	7,6	5,9	3,1	0	
V3	21,2	14,9	12,6	4,5	2,8	0		
V2	18,4	12,1	9,8	1,7	0			
V4	16,7	10,4	8,1	0				
V5	8,6	2,3	0					
V6	6,3	0						

TABLEAU 15 - Différences 2 à 2 observées entre les variétés.

Calculons les valeurs seuils pour le niveau de signification 5 % :

$$D_k = s_{\bar{x}} \cdot t_{m_k}, \text{ avec } s_{\bar{x}}^2 = \frac{\text{variance résiduelle}}{3} = \frac{17,6}{3} = 5,87.$$

$$\text{soit } s_x = 2,42$$

$$D_2 = 2,42 \times 2,888 = 6,999$$

$$D_3 = 2,42 \times 3,035 = 7,345$$

$$D_4 = 2,42 \times 3,131 = 7,577$$

$$D_5 = 2,42 \times 3,199 = 7,774$$

$$D_6 = 2,42 \times 3,250 = 7,865$$

$$D_7 = 2,42 \times 3,290 = 7,962$$

$$D_8 = 2,42 \times 3,322 = 8,039$$

On peut donc regrouper les variétés selon le schéma suivant:

V6	V5	V4	V2	V3	V7	V1	V8
6,3	8,6	16,7	18,4	21,2	24,3	29,7	33,6

Le test de Scheffé permet de confirmer cette séparation des groupes de variétés.

• Groupes (V₁ V₈) et (V₄ V₂ V₃ V₇)

Le contraste est
$$\Psi = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} \bar{x}_{i1} - \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} \bar{x}_{i2}$$

$$\Psi = \frac{1}{2}(29,7+33,6) - \frac{1}{4}(16,7+18,4+21,2+24,3) = 11,50.$$

$$s^2 \Psi = s^2_{\bar{x}} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) = \frac{17,6}{3} \times \frac{3}{4} = 4,4$$

$$s \Psi = 2,1$$

$$\frac{\Psi}{s \Psi} = \frac{11,5}{2,1} \approx 5,476.$$

$$\delta_{\alpha} = \sqrt{9 \times F_{q, (r-1)v}^{(\alpha)}}$$

$$q = n_1 + n_2 = 6$$

$$(r-1)v = 16$$

Pour $\alpha = 5\%$, $F_{q, (r-1)v}^{(\alpha)} = 2,79$

donc $\delta_{\alpha} = 4,091.$

$$\frac{\Psi}{s \Psi} > \delta_{\alpha}$$

Les 2 groupes sont donc bien significativement différents.

On montrerait de même que les autres groupes diffèrent effectivement entre eux.

En définitive nous pouvons classer les différentes variétés en 3 groupes. Les variétés qui ne sont pas réunies par une accolade diffèrent significativement entre elles.

+ Vis à vis de 09

Ici la séparation des différentes variétés est beaucoup moins évidente, ce qui n'est pas étonnant, puisque les dégâts ont été beaucoup plus faibles qu'avec 08.

V ₅	V ₆	V ₄	V ₃	V ₂	V ₁	V ₇	V ₈
3,3	6,7	8,1	11,1	14,6	22,4	25,1	33,6

Remarque : L'analyse statistique a été effectuée sur les valeurs de l'indice I. Il est bien évident que cet indice ne rend pas compte de tout. En particulier, nous avons constaté que des plantes de la variété "Hyfi" de Gossypium barbadense étaient capables de répartir après avoir été attaquées par le parasite. Mais à l'analyse statistique nous n'avons pas pu distinguer cette variété des variétés Allen et "444-2" de Gossypium hirsutum.

3°) Conclusions :

a) Les plantes-hôtes

. Cotonniers

- L'espèce Gossypium hirsutum semble la plus sensible. La variété "BJA" est tout particulièrement sensible aux deux souches 08 et 09.

- La variété "HYFI" de Gossypium barbadense est sensible (flétrissement, typique). Cependant les symptômes sont parfois unilatéraux et certaines plantes semblent pouvoir guérir après avoir subi un début d'attaque du parasite.

- Les cotonniers diploïdes Gossypium arboreum et Gossypium herbaceum sont très faiblement atteints. Cependant quelques plantes ont présenté des symptômes typiques de flétrissement.

. Gombos :

Les deux variétés "Perkins Long Pod" et "Indien I" se sont révélées très sensibles aux deux souches. Mais les résultats ont été assez fluctuants d'une répétition à l'autre.

. Autres Malvacées

Kénaf, roselle et Urena lobata n'ont pas présenté de symptôme de flétrissement. Toutefois, dans la troisième répétition, deux mois après l'inoculation, les plantes "traitées" de Kénaf et de roselle avaient une taille sensiblement moins grande que les plantes témoins. De plus certaines plantes de roselles présentaient des brunissements de vaisseaux tout à fait à la base de la tige, et ceci dès la 3ème lecture des résultats (28 jours après inoculation). Les isolements réalisés alors à partir de fragments de tige prélevées au niveau de l'hypocotyle s'étaient révélés négatifs. Il ne semble pas qu'il y ait eu une grande évolution depuis.

En définitive, les symptômes observés correspondaient peut être à une réaction de défense de la plante à une agression du parasite, réaction efficace puisqu'il n'y a eu aucune aggravation et que le champignon n'a pas pu envahir la plante, comme dans le cas des cotonniers et des gombos.

GENRE	ESPECE	VARIETE	REACTION
COTONNIERS TETRAPLOIDES	Gossypium	BJA 592	Très sensible
	hirsutum	ALLEN 333-57	Sensible
		HAR 444-2	Sensible
	G. barbadense	HYFI	Sensible
COTONNIERS DIPLOIDES	G. arboreum	?	Tolérant
	G. herbaceum	?	Tolérant
HIBISCUS	Hibiscus	Perkins LONG POD	Très sensible
	esculentus	INDIEN 1	Très sensible
	H. cannabinus	CUBA 108	Résistant
	H. sabdariffa	?	Résistant
MALVACEE SAUVAGE	Urena lobata	-	Résistant

TABLEAU 16 - Comportement des différentes plantes vis à vis de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (souche 08).

b) Les souches 08 et 09 du parasite

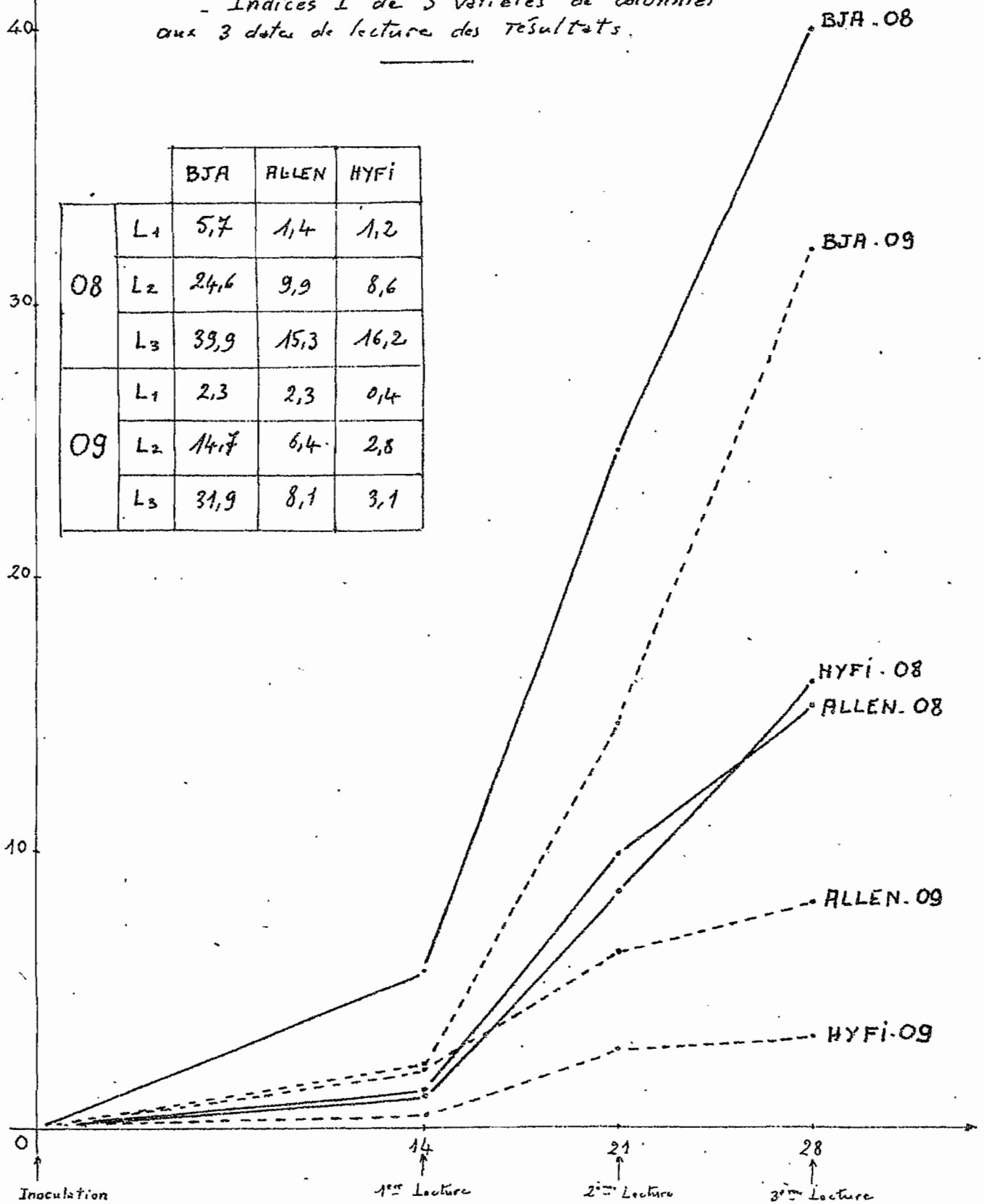
Les souches 08 et 09 de *Fusarium oxysporum* sont capables de provoquer un flétrissement typique des cotonniers (diverses espèces du genre *Gossypium*). Nous vérifions ainsi que ces souches font partie de la forme spéciale "vasinfectum" de *Fusarium oxysporum*. Ces souches sont d'autre part capables d'attaquer les gombos (*Hibiscus esculentus*).

Nous avons pu, mettre en évidence des différences significatives entre les résultats obtenus avec 08 et ceux obtenus avec 09. Pour illustrer ceci, nous avons reporté sur un graphique les indices I de différentes variétés de cotonniers aux 3 dates de lecture des résultats (il s'agit des moyennes des indices des 3 répétitions). La souche 08 apparaît comme plus agressive que la souche 09.

Indice I

Indices I de 3 variétés de cotonnier
aux 3 dates de lecture des résultats.

		BJA	ALLEN	HYFI
08	L ₁	5,7	1,4	1,2
	L ₂	24,6	9,9	8,6
	L ₃	39,9	15,3	16,2
09	L ₁	2,3	2,3	0,4
	L ₂	14,7	6,4	2,8
	L ₃	31,9	8,1	3,1



ARMSTRONG et ARMSTRONG (1960, 1968) ont défini 4 races de Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum :

- race 1, virulente sur Gossypium hirsutum ;
- race 2, virulente sur Gossypium hirsutum et tabac ;
- race 3, virulente sur Gossypium barbadense ;
- race 4; virulente sur Gossypium indicum (race de Gossypium arboreum).

Nous voyons qu'il est difficile de faire entrer en souches 08 et 09 dans l'un de ces 4 catégories car elles peuvent attaquer à la fois Gossypium hirsutum et Gossypium barbadense, et peuvent même provoquer des symptômes de flétrissement chez Gossypium arboreum et Gossypium herbaceum, du moins dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés. Alors s'agit-il d'une nouvelle race ? Pour pouvoir conclure, il faudrait tester ces souches sur les variétés de cotonniers effectivement utilisées par ARMSTRONG et ARMSTRONG. Ces auteurs ont par ailleurs montré que Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum était dans certaines conditions capables d'attaquer d'autres plantes que le genre Gossypium : Nicotiana tabacum, diverses légumineuses (Glycine max., Melilotus albus, Lupinus spp.), Tithonia rotundifolia (ARMSTRONG et ARMSTRONG 1958, 1960, 1964, 1969). Pour notre part, nous avons constaté que les souches 08 et 09 sont virulentes sur gombo (Hibiscus esculentus). ROGER (1953) signale Fusarium vasinfectum sur roselle, gombo et cotonnier au Sénégal ; il pense même qu'à partir de ces plantes le parasite est capable d'envahir certaines légumineuses et le sésame. Contrairement à d'autres, la forme spéciale "vasinfectum" serait donc assez peu spécifique.

B - Influence de quelques facteurs sur la manifestation du pouvoir pathogène

1°) La technique d'inoculation

Nous avons pratiqué les inoculations sur sable en blessant les racines des plantules. Cette façon de procéder a très certainement une incidence sur les résultats. Pour vérifier ceci, nous avons réalisé une expérience dans laquelle les inoculations étaient effectuées de diverses manières.

a) Description de l'expérience

Nous avons utilisé des plantules de cotonniers BJA et la souche 08 de Fusarium oxysporum. Quatre méthodes d'inoculation ont été mises en comparaison.

- Méthode 1 : les plantules sont arrachées ; on laisse tremper leurs racines environ 16 heures dans l'inoculum ; puis on repique sur sable ;

- Méthode 2 : on blesse gravement les racines : on tire par saccades sur la tige de façon à casser les radicelles et à sectionner la racine principale ; puis on déverse l'inoculum au pied des plantules ;

- Méthode 3 : on blesse légèrement les racines : coups de Scalpel autour des plantules de façon à sectionner certaines radicelles ; puis on déverse l'inoculum comme précédemment ;

- Méthode 4 : on ne blesse pas les racines ; l'inoculum est simplement déversé au pied des plantules.

Nous avons fait 3 répétitions. Les résultats ont été lus 14, 21 et 28 jours après l'inoculation.

b) Analyse des résultats de la deuxième lecture

L'analyse de la variance est présentée dans les tableaux 17 et 18. Elle permet de conclure qu'il y a des différences hautement significatives entre les méthodes d'inoculation. Comparons les différentes méthodes entre elles. Les variances des méthodes ne différant pas significativement, nous pouvons utiliser le test t. La plus petite différence significative entre les moyennes doit être telle que :

		x_i				
		M_1	M_2	M_3	M_4	$T_i = \sum_i x_i$
x_j	R_1	23,4	18,6	14,8	5,9	62,7
	R_2	21,7	16,8	12,1	3,5	54,1
	R_3	21,9	21,8	15,5	7,6	66,8
$T_j = \sum_j x_j$		67,0	57,2	42,4	17,0	$\sum x = T_0 = 183,6$
T_j^2		4489,00	3271,84	1798,76	289,00	$\sum T_j^2 = 9847,60$
$\sum_j x_j^2$		1498,06	1103,44	605,70	104,82	$\sum x^2 = 3312,02$
$\bar{x} = \frac{T_j}{3}$		22,3	19,1	14,1	5,7	
var M_j		0,87	6,42	3,23	4,25	

Tableau 17:
Résultats de la 2^{ème}
Lecture de l'Expérience
sur l'Influence de la
Technique d'Inoculation

Origine	Somme des carrés	ddl.	Variance	Fobserv	F théorique		Conclusion	
					0,05	0,01		
Entre Méthodes	$\frac{\sum T_j^2}{3} - \frac{T_0^2}{12} =$	473,45	3	157,82	111,93	4,107	7,59	H.S.
Résiduelle	$\sum x^2 - \frac{\sum T_j^2}{3} =$	29,49	8	3,69				
Total	$\sum x^2 - \frac{T_0^2}{12} =$	502,94	11					

Tableau 18 : Analyse de la Variance se rapportant au tableau précédent.

		1	2
x_j	R_1	23,1	18,6
	R_2	23,6	16,8
	R_3	27,0	21,8
$\sum_j x_j$		73,7	57,2
$(\sum_j x_j)^2$		5431,69	3271,84
$\sum_j x_j^2$		1819,57	1103,44
\bar{x}		24,6	19,1
var.		4,51	6,42

Tableau 19:
Résultats de l'Expérience sur l'Influence de
l'Âge de l'Inoculum - Coût des Variétés.

$$\frac{d}{\sqrt{\frac{2s^2}{3}}} = t_{(6)} \text{ à } 5\%$$

$$s^2 = 3,69 \text{ donc } d = 2,447 \times 1,57 = 3,9.$$

On voit donc que $M_1 \neq M_2$
 $M_2 \neq M_3$
 $M_3 \neq M_4$

M ₁	M ₂	M ₃	M ₄
22,3	19,1	14,1	5,7

c) Discussion

La manière dont on procède à l'inoculation intervient donc de façon significative. En particulier, le fait de blesser les racines favorise grandement la maladie. On peut penser que les blessures interviennent de deux façons : d'une part en créant des portes d'entrée pour le parasite (cas de la méthode 3), d'autre part en affaiblissant la plante (cas de la méthode 2). La méthode 1 (par trempage des racines) doit être considérée à part. Par cette méthode, il y a envahissement et mort rapide des plantules, avant apparition des symptômes typiques de flétrissure, chute des feuilles et brunissement de vaisseaux. Il est vrai que la période de contact entre les racines et l'inoculum était très longue (16 heures); Des expériences que nous avons réalisées par la suite ont montré que 5 minutes de contact suffisaient pour permettre au parasite de pénétrer dans l'hôte.

Le fait que la méthode 4 (sans blessure) donne des résultats positifs semble montrer que Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum est capable de pénétrer dans le cotonnier en l'absence de blessures. De nombreux auteurs se sont penchés sur ce problème de la pénétration du parasite dans l'hôte. RENARD (1970) conclue de ses tentatives d'inoculation de Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis sur palmier à huile qu'il faut nécessairement une blessure affectant le cylindre central pour qu'il y ait infection de la racine. LAVILLE (1962) a par contre montré que Fusarium oxysporum f. sp. albedinis pouvait pénétrer dans le plamier dattier au point d'implantation des radicules dans le cortex de la racine principale.

Notons que dans les conditions naturelles, le système racinaire est pratiquement toujours blessé. En particulier le nématode Meloidogyne incognita acrita augmente considérablement l'infection des plantules de cotonnier par Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum (CAUQUIL et SHEPHERD, 1970).

En conclusion, Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum semble capable de pénétrer dans le cotonnier en l'absence de blessures. Toutefois les blessures du système racinaire favorise beaucoup la maladie. Nous avons d'ailleurs été obligés de pratiquer de telles blessures lors de nos expériences d'inoculation de façon à pouvoir obtenir des résultats dans des délais raisonnables.

2°) Les conditions climatiques

L'expérience d'inoculation réalisée en juin et celles qui ont été effectuées en juillet et août ont donné des résultats très différents (tableau 20). En juin, l'apparition des symptômes a été beaucoup plus précoce, et la mort des plantes est survenue beaucoup plus rapidement que par la suite. En d'autres termes les souches 08 et 09 se sont alors révélées beaucoup plus agressives que par la suite. Comment expliquer ces différences ? Il est possible que lors de l'inoculation, nous ayons blessé les racines plus sévèrement dans un cas que dans l'autre. Nous avons vu en effet que ceci peut influencer sur les résultats. Mais nous devrions alors constater des différences analogues entre les résultats des 3 répétitions réalisées en juillet et en août. Ce n'est pas le cas. Les mois de juillet et août ont été caractérisés par des températures assez fraîches et une très forte nébulosité. Dans le tableau 21, nous avons noté quelques caractéristiques climatiques des différentes périodes durant lesquelles se sont déroulées les expériences : moyenne des températures minimales ; moyenne des températures maximales (températures relevées dans les serres avec un thermomètre enregistreur) ; nombre d'heures d'insolation et indice actinométrique (ces deux dernières caractéristiques ont été relevées à la station de bioclimatologie d'Adiopodoumé). Nous voyons que toutes ces caractéristiques sont plus faibles en juillet et août qu'en juin. On peut donc penser, que les conditions climatiques ont effectivement joué un rôle dans la manifestation du pouvoir pathogène de Fusarium oxysporum. DAVIS (1963) a d'ailleurs montré que les symptômes de fusarioses sur diverses plantes sont plus sévères, à 29° C qu'à 24° C. Nous nous étions proposé d'étudier plus en détail

		Souche 08					Souche 09				
		BJA	ALLEN	444-2	HYFI	PERKINS LONG POD	BJA	ALLEN	444-2	HYFI	PERKINS LONG POD
Expérience de Juin		40,9	28,8	25,3	19,2	30,0	36,9	12,8	-	11,8	-
Expériences de Juillet et Août	R1.	23,1	9,5	8,1	11,1	24,8	15,1	6,8	4,4	1,1	15,8
	R2.	23,6	11,1	15,8	4,3	12,5	10,1	7,6	1,4	0,6	11,4
	R3.	27,0	9,2	16,0	10,3	12,7	18,8	4,9	6,1	5,6	28,5

Tableau : Indices I de diverses variétés de cotonniers et d'une variété de gombo vis-à-vis des souches 08 et 09 (21 jours après inoculation)

Période entre inoculation et 2 ^{ème} Lecture des résultats -	Température (°C)			Insolation (heures)		Actinométrie (Joules-cm ⁻²)	
	Moyenne des minima	Moyenne des maxima	Moyenne	Totale	Moyenne	Totale	Moyenne
du 30/5 au 21/6	23,23	30,17	26,70	105,7	4,60	35229	1532
du 1/7 au 23/7 (R1)	23,13	28,30	25,72	102,9	4,47	29293	1395
du 20/7 au 12/8 (R2)	23,13	27,54	25,34	71,1	2,96	24169	1151
du 6/8 au 29/8 (R3)	22,12	27,54	24,83	65,6	2,73	29707	1238

Tableau : Quelques caractéristiques climatiques des périodes pendant lesquelles se sont déroulées les expériences d'inoculation.

l'influence de la température. Malheureusement, la chambre thermostatée dans laquelle nous avions l'intention de réaliser les expériences n'a pas pu être remise en état de fonctionnement suffisamment tôt. Un autre facteur ayant pu intervenir est l'humidité du sol. ZAMBETTAKIS (1956) a fait remarquer qu'une alternance de périodes sèches et humides augmente les dégâts de Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum sur cotonnier, tandis que des pluies très abondantes sont défavorables au champignon. Les pots de cotonniers ont été assez régulièrement arrosés de solution nutritive, une fois tous les 2 jours. Durant le mois de juin l'évaporation était intense : le sol était alternativement humide et sec, condition favorisant les dégâts, alors que par la suite, l'évaporation étant faible, le sol restait constamment très humide, ce qui était défavorable au parasite.

On peut donc penser que les effets conjugués de tous ces facteurs climatiques ont contribué à augmenter l'incidence de la maladie à juin.

C - Effets des filtrats de culture de *Fusarium oxysporum* sur
les plantes-hôtes

1°) Première expérience

Nous avons filtré deux cultures en milieu liquide de *Fusarium oxysporum* sur filtre millipore de 0,45 microns, de façon à éliminer toute spore ou tout fragment de mycélium susceptible de régénérer un thalle. L'une des cultures avait étéensemencée avec la souche 08 ; l'autre avec la souche 09. Les filtrats ainsi obtenus ont été répartis en tubes à essai stériles.

Nous avons pris trois lots de 24 plantules de cotonniers BJA 592 âgés de 15 jours. Les plantules du premier lot ont été mises à tremper dans le filtrat de culture de la souche 08 (plantule introduite dans un tube à essai, les racines trempant dans le filtrat ; un bouchon de coton cardé, traversé par la tige de la plantule, obstruait l'ouverture du tube de façon à éviter les contaminations du filtrat). Les plantules du deuxième lot ont été mise à tremper dans le filtrat de culture de 09. Le dernier lot servait de témoin : les plantules trempaient dans la solution nutritive utilisée pour cultiver le champignon (en fait 12 plantules dans la solution telle qu'elle et 12 plantules dans la solution diluée une fois).

Dès le lendemain nous avons pu constater un flétrissement des cotylédons des cotonniers trempant dans les filtrats. Six jours après, les plantules étaient totalement flétries, et leurs vaisseaux colorés en bruns.

Les plantules de cotonnier réagissent donc aux filtrats de culture de *Fusarium oxysporum*. Les symptômes de flétrissement apparaissent en l'absence du parasite. Aucune différence visible entre les cotonniers traités avec le filtrat de 08 et ceux traités avec le filtrat de 09.

2°) Deuxième expérience

Un filtrat de la souche 08 a été préparé de la même manière que précédemment. Avec ce filtrat nous avons traité des plantules de cotonniers "BJA", "ALLEN" et "arboreum", ainsi que de gombos "Perkins Long Pod". Des plantules témoins de chaque variété trempaient dans de la solution nutritive.

Dès le lendemain, nous avons pu noter un léger flétrissement des cotylédons de "BJA" et "ALLEN". Neuf jours après, les constatations ont été les suivantes :

- Cotonnier "BJA" :
 - . la croissance de l'épicotyle a été ralentie;
 - . les cotylédons sont flétris ou sont tombés
 - . il y a quelques vaisseaux bruns.
- Cotonnier "ALLEN" :
 - . la croissance de l'épicotyle a été nettement stoppée ;
 - . les cotylédons sont flétris;
 - . il n'y a pas de vaisseaux bruns.
- Gossypium arboreum :
 - . les cotylédons sont flétris;
 - . il y a des vaisseaux bruns
 - . on ne peut pas juger de la croissance, car les témoins n'ont pratiquement pas poussé.
- Gombo "Perkins Long Pod" :
 - . la croissance n'a pas été affectée;
 - . les cotylédons ont jauni et sont tombés ;
 - . il n'y a pas de vaisseaux bruns.

Cette expérience a été réalisée avec un petit nombre de plantes. Nous ne pouvons donc pas en tirer de conclusions définitives. Nous pouvons tout de même constater que toutes les plantes ont réagi aux filtrats de culture de *Fusarium oxysporum*, et ceci en l'absence du champignon. D'autre part, les réactions ne sont pas toutes identiques : selon les variétés, le flétrissement des feuilles, le brunissement des vaisseaux, le rabougrissement, sont plus ou moins accusés.

3°) Discussion

Les deux expériences que nous venons de décrire montrent que les flétrissements peuvent apparaître en l'absence du champignon, donc par l'intermédiaire de substances synthétisées par le parasite. On peut se demander comment apparaissent les symptômes de la maladie. On pense que le flétrissement est pour une large part le résultat d'un déséquilibre dans le bilan hydrique de la plante. LINFORD (1931) expliquait le flétrissement du pois par une augmentation de la transpiration. Mais il semble plutôt qu'il y ait

réduction de l'apport d'eau (DIMOND et WAGGONER, 1953). CHAMBERS et CORDEN (1963) ont observé chez les tomates fusariées que de nombreux vaisseaux sont distordus ou même écrasés. Certains sont également obstrués par prolifération du mycélium, mais ceci interviendrait peu. A la suite de nombreux auteurs, BECKMAN (1964) a fait remarquer que les vaisseaux conducteurs des plantes fusariées étaient rapidement obstrués par des gels, des gommes et des thylles, qui empêcheraient le courant de sève de circuler normalement. L'apparition précoce de thylles pourrait par ailleurs bloquer la progression du parasite et intervenir par conséquent dans les processus de résistance. A l'origine de ces phénomènes, des métabolites synthétisés par le parasite. Des enzymes pectolytiques et cellulolytiques provoqueraient la formation de gel par dégradation des éléments conducteurs (PIERSON et al., 1955).

Les brunissements de vaisseaux seraient le fait de la libération de phénols par des hydrolases et leur oxydation par des polyphénoloxydases (DAVIS et al., 1953). Des toxines comme l'acide fusarique (GAUMANN, 1957), l'éthylène (DIMOND et WAGGONER, 1953) interviendraient également.

IV - CONCLUSIONS GENERALES

Les tournées que nous avons effectuées en différentes régions de Côte d'Ivoire nous permettent de penser qu'il y a certainement fort peu de formes pathogènes de Fusarium oxysporum dans ce pays. Seul Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis pose de graves problèmes dans les palmeraies de la Basse Côte. Toutes les souches de Fusarium oxysporum que nous avons nous même isolées n'ont présenté aucun pouvoir pathogène pour les plantes sur lesquelles nous les avons trouvées. Par contre, les deux souches qui avaient été isolées par RENARD sur cotonniers à Adiopodoumé, se sont révélées effectivement virulentes. Les tentatives d'inoculation sur différentes malvacées ont montré que ces souches provoquaient le flétrissement des cotonniers et du gombo, mais n'attaquaient pas le Kénaf, la roselle ni *Urena lobata*. Parmi les cotonniers, Gossypium hirsutum et Gossypium barbadense sont sensibles, alors que Gossypium arboreum et Gossypium herbaceum ne sont que très faiblement atteints. Signalons la grande sensibilité de la variété "BJA 592" de Gossypium hirsutum.

A notre connaissance, on n'a fort heureusement jamais signalé de cas de fusariose du cotonnier en Côte d'Ivoire ailleurs qu'à Adiopodoumé. Cette station étant située à plusieurs centaines de kilomètres des zones de cultures du cotonnier, on peut espérer que ces dernières ne sont pas menacées par ce foyer.

DEUXIEME PARTIE

UN BREF APERCU DE L'ETAT PHYTOSANITAIRE DES CULTURES
 MARAICHÈRES EN CÔTE D'IVOIRE
 (Décembre 1970 - Février 1971)

Au cours des mois de Décembre 1970, Janvier 1971 et Février 1971, nous avons effectué quelques tournées en Côte d'Ivoire.

Nous avons ainsi visité plusieurs centres de culture maraîchère : Fliré, Bouaké et Rubino. Nous nous sommes bornés à signaler les maladies que nous avons observées, sans en faire la description. Ce sont en effet des affections en général bien connues.

1°) Tomates

- Maladies du collet : Sclerotium rolfsii Sacc.
- Maladies foliaires : Stemphylium solani Weber
Cladosporium fulvum Cke
- Pourriture de fruit : Fusarium roseum var. sambuccinum
 (Fuckel) Sn. et H.

A côté des maladies fongiques, nous avons fréquemment observés un flétrissement bactérien dû à Pseudomonas solanacearum E.F. Sm.. D'autre part, les racines étaient souvent attaquées par des nématodes (Meloidogyne sp.) qui provoquent la formation de gales.

Dans les isolements que nous avons effectués au laboratoire à partir de fragments de plants de tomates, signalons Fusarium oxysporum (Schlecht) Sn. et H. et Fusarium solani (Mart.) (Appel et Wt.) Sn. et H. (vraisemblablement saprophytes).

2°) Aubergines

- Maladies du collet : Sclerotium rolfsii Sacc.
- Maladies foliaires : Aschochyta melongenae Padm.
Aecidium habunguense P. Henn.

De même que les tomates, les aubergines étaient souvent attaquées par Pseudomonas solanacearum E.F. Sm. et Meloidogyne sp.

A partir de fragments de tige, nous avons isolé Fusarium solani (Mart.) (Appel et Wr.) Sn. et H., Fusarium roseum var. sambuccinum (Fuckel) Sn. et H. et Botryodiplodia theobromae Pat.

3°) Poivrons

A Rubino, nous avons trouvé sur fruit de poivron Alternaria sp. et Fusarium roseum var. sambuccinum Fuckel Sn. et H.

4°) Haricots

Les champs de haricots que nous avons vus à Bouaké en décembre étaient dans un état phytosanitaire excellent. Nous avons tout juste remarqué quelques taches foliaires dues à Isariopsis griseola Sacc. et quelques taches de Ronille (Utomyces appendiculatus (Pers.) Lk. . Par contre, lors d'un passage à Bouaké en mai, la variété "Fin de Bagnols" était fortement attaquée par une maladie foliaire. Des isollements ont permis d'obtenir Macrophomina phaseoli (Maubl.) et Fusarium roseum var. culmorum (Schwabe) Sn. et H.

5°) Concombres - Courgettes - Melons

- Maladies foliaires : - Mildiou : Pseudoperonospora cubensis (B. et C.) Rostov.

- Oïdium sp.

- sur fleurs : - Choanephora cucurbitarum (B. et Rav.) Thaxt.

6°) Carottes

Alternaria dauci

7°) Choux

Alternaria circinans B. et C. (Boll.)

Rhizoctonia solani Kühn

Fusarium roseum var. sambuccinum (Fuckel) Sn. et H.

8°) Poireau

Alternaria porri (Ell.) Neerg.

9°) Echalote

Cercospora duddiae

10°) Gombo

- Maladies du collet : - Sclerotium rolfsii Sacc.

sur fleurs et capsules: Choanephora cucurbitarum (B. et Rav.) Thaxt.

Au laboratoire, nous avons pu isoler de tige de gombo les champignons suivants : Phytophthora sp., Eurotium sp., Fusarium solani (Mart.) (Appel et Wr.) Sn. et H., Fusarium oxysporum (Schlecht) Sn. et H., Rhizoctonia bataticola (Taub.) Butl.

En définitive, nous avons observé relativement peu de maladies dans les cultures maraîchères. Ceci peut s'expliquer en partie par le fait que nous avons effectuées nos tournées alors que le pays était en pleine saison sèche.

Signalons toutefois que la bactériose à Pseudomonas solanacearum ainsi que les attaques du collet par Sclerotium rolfsii semblaient être des maladies assez répandues, en particulier sur tomate et aubergine.

BIBLIOGRAPHIE

- AGRIOS, G.N., 1969.- Plant pathology. Academic Press, New-York and London.
- ARMSTRONG, G.M., MAC LACHLAN, J.D. and WEINDLING, R. 1940.- Variation in pathogenicity and cultural characteristics of cotton-wilt organism, Fusarium vasinfectum. Phytopathology, 30 : 515-520.
- ARMSTRONG, G.M. and ARMSTRONG, J.K., 1948.- Non susceptible hosts as carriers of wilt fusaria. Phytopathology, 38 : 808-826.
- ARMSTRONG, G.M. and ARMSTRONG, J.K., 1958.- A race of cotton-wilt Fusarium causing wilt of Yelredo soybean and flue-cured tobacco. Plant Dis. Reprtr., 42 : 147-151.
- ARMSTRONG, G.M. and ARMSTRONG, J.K., 1960.- Some clovers susceptible to the Cassia, cotton and other wilt fusaria. Phytopathology, 51 : 642.
- ARMSTRONG, G.M. and ARMSTRONG, J.K., 1964.- Lupinus species, common hosts for wilt Fusaria from alfalfa, bean, cassia, cowpea, Lupines and U.S. Cotton. Phytopathology, 54 : 1232-1235.
- ARMSTRONG, G.M. and ARMSTRONG, J.K. 1968.- Formae speciales and races of Fusarium oxysporum causing a tracheomycosis in the syndrome of disease. Phytopathology, 58 : 1242-1246.
- ARMSTRONG, G.M. and ARMSTRONG, J.K., 1969.- Relationships of Fusarium oxysporum formae speciales apii, asparagi, cassiae, melongenae and vasinfectum race 3 as revealed by pathogenicity for common hosts. Phytopathology, 59 : 1256-1260.
- BECKMAN, C.H., 1964.- Host response to vascular infection. Ann. Rev. Phytopathol. 2 : 231-252.
- BOISSON, C. et RENARD, J.L. 1967.- Les maladies cryptogamiques des plantes maraichères en Côte d'Ivoire. L'Agronomie Tropicale, 8 : 699-755.

- BOUHOT, D. et ROUXEL, F. 1970.- Deux techniques de détermination du pouvoir pathogène de Fusarium oxysporum. Ann. Phytopath. 2 : 591-594.
- CAUQUIL, J. and SHEPHERD, R.L. 1970.- Effect of root-knot nematode-fungi combinations on cotton seedling disease. Phytopathology, 60 : 448-451.
- CHAMBERS, H.L. and CORDEN, M.E., 1963.- Semeiography of Fusarium wilt of tomato. Phytopathology, 53 : 1006-1010.
- DAVIS, D., WAGGONER, P.E., DIMOND, A.E., 1953.- Conjugated phenols in Fusarium wilt syndrome. Nature 172 : 959-961.
- DIMOND, A.E., and WAGGONER, P.E. 1953.- The water economy of Fusarium wilted tomato plants. Phytopathology, 43 : 619-623.
- DIMOND, A.E. and WAGGONER, P.E. 1953.- The cause of epinastic symptoms in Fusarium wilt of tomatoes. Phytopathology, 43 : 663-669.
- EBBELS, D.L. 1967.- Effects of soil fumigants on Fusarium wilt and nodulation of peas (Pisum sativum L.). Ann. Applied Biol., 60 : 391-398.
- GAUMANN, E. 1957.- Fusaric acid as a wilt toxin. Phytopathology, 47 : 342-357.
- GORDON, W.L. 1965.- Pathogenic strains of Fusarium oxysporum. Canad. J. Bot., 43 : 1309-1318.
- HOFFMANN, G.M. 1966.- Untersuchungen über die Heterokaryosebildung und den Parasexualcyclus bei Fusarium oxysporum. I. Anastomosenbildung im Mycel und Kernverhältnisse bei der Conidientwicklung. Arch. Mikrobiol., 53: 336-347.
- LAVILLE, E. 1962.- Infestation expérimentale de jeunes plantules de palmier-dattier par Fusarium oxysporum var. albedinis. Fruits, 17 : 88-90.
- LINFORD, M.B. 1931.- Transpirational history as a key to the nature of wilting in the Fusarium wilt of peas. Phytopathology 21 : 791-796.

- MESSIAEN, C.M. et CASSINI, R. 1968.- Recherches sur les fusarioses. IV. La systématique des Fusarium. Ann. Epiphyties, 19 : 387-454.
- NASH, S.M. and SNYDER, W.C. 1961.- Quantitative estimation by plate counts of propagules of the bean root-rot Fusarium in field soils. Phytopathology, 52 : 567-572.
- PERNES, J. et DELORME, M.T. 1971.- Commentaires des travaux pratiques de statistiques du D.E.A. d'Amélioration des Plantes. Cours polycopié de la Faculté des Sciences d'Orsay.
- PIERSON, C.F., GOTHOSKAR, S.S., WALKER, J.C. and STAHMANN, M.A. 1955.- Histological studies on the role of pectic enzymes in the development of Fusarium wilt symptoms in tomato. Phytopathology, 45 : 524-527.
- RENARD, J.L. 1966.- Caractéristiques des souches de Fusarium oxysporum isolées du stipe d'un palmier à huile atteint de flétrissure. Rapport ORSTOM.
- RENARD, J.L. 1967.- Incidence de la culture du palmier à huile sur les populations de Fusarium dans les sols de savane en Basse Côte d'Ivoire. Revue de Mycologie, 32 : 211-227.
- RENARD, J.L. et DUMEZ, D. 1968.- Le test de Van der Plank appliqué à la flétrissure du palmier à huile. Rapport ORSTOM.
- RENARD, J.L. 1969.- Influence de l'azote et du potassium sur les prédispositions des jeunes palmiers à huile à la fusariose. Résultats. Rapport ORSTOM.
- RENARD, J.L. 1970.- La fusariose du palmier à huile. Rôle des blessures des racines dans le processus d'infection. Oléagineux, 25 : 581-586.
- RESPLANDY, R., CHEVAUGEON, J., LUC, M. et DELASSUS, M. 1954.- Première liste annotée de champignons parasites de plantes cultivées en Côte d'Ivoire. Ann. Epiphyties, 1954 : 1-61.
- ROGER, L. 1953.- Phytopathologie des Pays Chauds. 3 volumes - Paul Lechevalier, Paris.

- SCHWARTZ, D. 1960.- Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. Editions Médicales Flammarion - Paris.
 - SNEDECOR, G.W. 1956.- Statistical methods.
Iowa State University Press.
 - ZAMBETTAKIS, C. 1956.- Fusarium oxysporum Schl. f. vasinfectum (Atk.). S. et H. . Flétrissement du cotonnier. Fiche de Phytopathologie Tropicale n° 14. Supplément colonial de la Revue de Mycologie.
-

Cotonniers "444-2"
17 jours après inoculation
par la souche 08 R - A droite témoin