



Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture



Convention Internationale
pour la Protection
des Végétaux

AOÛT
2023

FRA

RENFORCEMENT DES CAPACITÉS

Directives pour la prévention, la préparation et la lutte contre la race tropicale 4 (TR4) de la fusariose du bananier



Financé par l'Union
européenne



Directives pour la prévention, la préparation et la lutte contre la race tropicale 4 (TR4) de la fusariose du bananier

Citation requise:

Secrétariat de la CIPV. 2023. *Directives pour la prévention, la préparation et la lutte contre la race tropicale 4 (TR4) de la fusariose du bananier*. Rome, FAO pour le compte du Secrétariat de la Convention internationale pour la protection des végétaux. <https://doi.org/10.4060/cc4865fr>

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Le fait qu'une société ou qu'un produit manufacturé, breveté ou non, soit mentionné ne signifie pas que la FAO approuve ou recommande ladite société ou ledit produit de préférence à d'autres sociétés ou produits analogues qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement les vues ou les politiques de la FAO.

© FAO, 2023



Certains droits réservés. Cette œuvre est mise à la disposition du public selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 Organisations Intergouvernementales (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode.fr>).

Selon les termes de cette licence, cette œuvre peut être copiée, diffusée et adaptée à des fins non commerciales, sous réserve que la source soit mentionnée. Lorsque l'œuvre est utilisée, rien ne doit laisser entendre que la FAO cautionne tels ou tels organisation, produit ou service. L'utilisation du logo de la FAO n'est pas autorisée. Si l'œuvre est adaptée, le produit de cette adaptation doit être diffusé sous la même licence Creative Commons ou sous une licence équivalente. Si l'œuvre est traduite, la traduction doit obligatoirement être accompagnée de la mention de la source ainsi que de la clause de non-responsabilité suivante: «La traduction n'a pas été réalisée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). La FAO n'est pas responsable du contenu ni de l'exactitude de la traduction. L'édition originale en anglais est celle qui fait foi.»

Tout litige relatif à la présente licence ne pouvant être résolu à l'amiable sera réglé par voie de médiation et d'arbitrage tel que décrit à l'Article 8 de la licence, sauf indication contraire contenue dans le présent document. Les règles de médiation applicables seront celles de l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle www.wipo.int/amc/fr/mediation/rules et tout arbitrage sera mené conformément au Règlement d'arbitrage de la Commission des Nations Unies pour le droit commercial international (CNUDCI).

Matériel attribué à des tiers. Il incombe aux utilisateurs souhaitant réutiliser des informations ou autres éléments contenus dans cette œuvre qui y sont attribués à un tiers, tels que des tableaux, des figures ou des images, de déterminer si une autorisation est requise pour leur réutilisation et d'obtenir le cas échéant la permission de l'ayant-droit. Toute action qui serait engagée à la suite d'une utilisation non autorisée d'un élément de l'œuvre sur lequel une tierce partie détient des droits ne pourrait l'être qu'à l'encontre de l'utilisateur.

Ventes, droits et licences. Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être obtenus sur demande adressée par courriel à: publications-sales@fao.org. Les demandes visant un usage commercial doivent être soumises à: www.fao.org/contact-us/licence-request. Les questions relatives aux droits et aux licences doivent être adressées à: copyright@fao.org.

Le texte de ce document n'est pas une interprétation juridique officielle de la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV) ou de ses documents connexes, et il est produit à des fins d'information publique uniquement. Pour traduire ce matériel, veuillez contacter ippc@fao.org pour plus d'informations sur un accord de coédition.

Cette publication a été réalisée avec l'aide de l'Union européenne. Le contenu de cette publication relève de la seule responsabilité de la FAO et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant les vues de l'Union européenne.

Résumé

Les directives énoncées dans la présente publication portent sur les mesures de prévention, de préparation et d'intervention visant à favoriser l'innocuité du commerce international des végétaux, produits végétaux et articles réglementés susceptibles de disséminer *Fusarium* TR4. Les directives fournissent les informations biologiques et scientifiques nécessaires qui permettent de déterminer les mesures à envisager et à appliquer pour élaborer un plan lorsqu'un organisme nuisible n'est pas encore présent. Elles comportent des éléments relatifs à l'analyse du risque phytosanitaire, à la réglementation phytosanitaire, aux diagnostics officiels et à la surveillance à des fins de détection. Les directives fournissent également des informations sur les premières interventions à mettre en œuvre, notamment la surveillance à des fins de délimitation et les mesures phytosanitaires destinées à enrayer l'apparition d'un foyer. Les directives regroupent des informations, des outils et divers matériels, et présentent les mesures que peuvent prendre les organisations nationales de la protection des végétaux (ONPV) et les parties prenantes concernées pour prévenir l'introduction de la TR4 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* (*Foc*) dans de nouveaux territoires.

Table des matières

Résuméiii
Remerciementsvi
Abréviations, sigles et acronymesvii
Introduction	1
1. Répartition et biologie de Fusarium TR4	2
1.1. Répartition de Fusarium TR4	2
1.2. Biologie de Fusarium TR4	2
2. Plan de prévention et de préparation: l'organisme nuisible n'est pas encore présent.	7
2.1. Réglementation phytosanitaire	7
2.2. Analyse du risque phytosanitaire	7
2.3. Mesures de prévention pour les pépinières	8
2.4. Mesures de prévention pour les plantations commerciales à grande échelle	8
2.5. Mesures de prévention pour les cultures vivrières et les petites exploitations bananières	12
2.6. Échantillonnage et diagnostic de Fusarium TR4	13
2.7. Surveillance: prospections de repérage pour déterminer la situation de Fusarium TR4 (présence ou absence).....	16
2.8. Préparation du plan d'urgence	18
2.9. Exercices de simulation	19
2.10. Communication et partage de l'information avec les parties prenantes	20
3. Mise en œuvre du plan d'intervention: lorsque l'organisme nuisible est présent (officiellement détecté et confirmé)	21
3.1. Surveillance: prospections de délimitation et de suivi	21
3.2. Zonage (zones de destruction, zones sales et zones propres)	22
3.3. Mesures phytosanitaires visant à enrayer Fusarium TR4 dans une zone affectée	22
3.4. Destruction sans danger des plants infectés par Fusarium TR4 et des plants présentant des risques associés	23
3.5. Communication et partage de l'information avec les parties prenantes	24
3.6. Étude de cas	24
Bibliographie	26
Appendice	34

Remerciements

Le présent document fournit des orientations pour la prévention, la préparation et l'intervention en cas d'apparition de foyers de Fusarium TR4. Il a été établi sous les auspices du Secrétariat de la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV) en tant que composante du Cadre stratégique de la CIPV 2020-2030 intitulé *Protéger les ressources végétales mondiales et faciliter les échanges commerciaux sans danger*. Il a été élaboré et révisé par des experts du monde entier, sous la direction du Secrétariat de la CIPV et la supervision du Comité de la CIPV chargé de la mise en œuvre et du renforcement des capacités.

La traduction du document en français a été possible grâce au soutien du Marché commun de l'Afrique orientale et australe (COMESA).

Abréviations, sigles et acronymes

AA	cultivars du groupe diploïde de <i>Musa acuminata</i>
AAA	cultivars du groupe triploïde de <i>Musa acuminata</i>
AAB	cultivars triploïdes de plantain
ABB	cultivars triploïdes de bananes à cuire
ADN	acide désoxyribonucléique
APHIS	Service de l'inspection de la santé des animaux et des plantes
AQ	ammonium quaternaire
ARP	analyse du risque phytosanitaire
CABI	Centre international pour l'agriculture et les biosciences
CELAC	Communauté des États d'Amérique latine et des Caraïbes
CGIAR	Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale
CIPV	Convention Internationale pour la protection des végétaux
CLA	gélose aux feuilles d'œillet
CMP	Commission des mesures phytosanitaires
CTAB	bromure de cetyltriméthylammonium
DDAC	chlorure de didécylidiméthylammonium
EFSA	Autorité européenne de sécurité des aliments
EuFMD	Commission européenne de lutte contre la fièvre aphteuse
f. sp.	Formae speciales
<i>Foc</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>
FOSC	complexe d'espèces <i>Fusarium oxysporum</i>
FWB	fusariose du bananier
GCV	groupes de compatibilité végétative
GICSV	Groupe interaméricain de coordination de la protection des végétaux
IB	inférence bayésienne

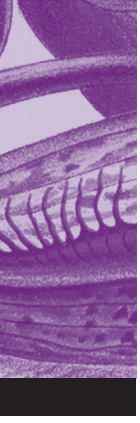
IC	Comité chargé de la mise en œuvre et du renforcement des capacités
LAMP	amplification isotherme médiée par les boucles
MV	maximum de vraisemblance
NIMP	norme internationale pour les mesures phytosanitaires
OEPP	Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes
OIRSA	Organisme international régional de santé végétale et animale
OMS	Organisation mondiale de la santé
OMSA	Organisation mondiale de la santé animale
ONC	obligation nationale en matière de communication d'informations
ONPV	organisation nationale de la protection des végétaux
OPS	Organisation panaméricaine de la santé
ORPV	organisation régionale de la protection des végétaux
PCR	réaction en chaîne par polymérase
PCU	poste de commandement unifié
PDA	gélose dextrosée à base de fécule de pomme de terre
PLANTPLAN	Plan australien d'intervention d'urgence contre les organismes nuisibles aux végétaux
PM	probabilité maximale
PPI	Portail phytosanitaire international
SIG	système d'information géographique
SIPC	Stratégie internationale des Nations Unies pour la prévention des catastrophes
SNA	Spezieller Nährstoffarmer agar
STR4	race subtropicale 4
test RealAmp	test d'amplification isotherme médiée par les boucles par fluorescence en temps réel
TR4	race tropicale 4
USDA	Département de l'agriculture des États-Unis d'Amérique

Introduction

La fusariose du bananier est une maladie de la banane (*Musa*. spp) dont on pensait jusqu'à présent qu'elle était causée par le champignon pathogène *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (*Foc*). Mais des données récentes montrent que cette maladie est causée par de multiples espèces de *Fusarium* (Maryani *et al.* 2019; Westerhoven *et al.*, 2022a). Au milieu du XXe siècle (années 1950 et 1960), la fusariose du bananier a affecté la production de bananes 'Gros Michel' (AAA) dans les Amériques, provoquant l'effondrement de l'industrie bananière basée sur ce cultivar. L'une des solutions trouvées pour remédier à ce problème a consisté à remplacer le cultivar Gros Michel par une variété de banane résistante découverte en Asie du Sud-Est, la banane Cavendish (AAA), qui comprend des cultivars de bananes tels que 'Grand naine' et 'Williams'. Mais une nouvelle souche de champignon, baptisée plus tard « race tropicale 4 (*Fusarium* TR4) », est apparue et a affecté les bananes Cavendish à Taiwan à la fin des années 1960. Elle a aussi eu de graves répercussions sur la production de bananes en milieu tropical en Asie du Sud-Est à partir des années 1990. Actuellement, les variétés Cavendish et d'autres cultivars de bananes, y compris les bananes à cuire, succombent à *Fusarium* TR4. Ce champignon a été et demeure la principale menace pour la production de bananes. Ce phénomène est attesté par la hausse du nombre d'incursions de *Fusarium* TR4 dans les pays producteurs de bananes où ce champignon est considéré comme un organisme de quarantaine. La production de bananes procure des avantages sociaux et économiques aux pays producteurs. Elle constitue une source d'alimentation et de revenus pour de nombreuses personnes dans le monde, notamment dans les pays où la production de bananes à cuire et de bananes plantains joue un rôle important dans les systèmes de subsistance ou les systèmes d'agriculture paysanne. Il est donc primordial de prévenir l'introduction et la dissémination de *Fusarium* TR4.

Fusarium TR4 constitue une préoccupation majeure pour la communauté de la CIPV. C'est pourquoi le Comité chargé de la mise en œuvre et du renforcement des capacités a créé, sous ses auspices, une équipe consacrée à *Fusarium* TR4, laquelle s'est fixé pour priorité d'élaborer des directives pour la prévention, la préparation et l'intervention, afin d'aider les pays à éviter la dissémination de *Fusarium* TR4 dans le monde. Les directives regroupent des informations, des outils et divers matériels, et présentent les mesures que les organisations nationales de la protection des végétaux (ONPV) et les parties prenantes concernées peuvent prendre pour prévenir l'introduction de *Fusarium* TR4 dans de nouveaux territoires. Ces mesures visent à prévenir l'introduction de l'organisme nuisible et à préparer les pays à réagir et à enrayer l'apparition d'un premier foyer. Les informations et les mesures qui permettent de lutter contre *Fusarium* TR4 lorsque l'organisme nuisible a été introduit et s'est établi dans un nouveau territoire sont présentées dans d'autres publications et documents élaborés par la FAO, des organisations internationales et des centres de recherche.

Les directives décrites dans la présente publication portent sur les mesures de prévention, de préparation et d'intervention visant à favoriser l'innocuité du commerce international des végétaux, produits végétaux et articles réglementés susceptibles de disséminer *Fusarium* TR4. Les directives fournissent les informations biologiques et scientifiques nécessaires qui permettent de déterminer les mesures à envisager et à appliquer pour élaborer un plan lorsqu'un organisme nuisible n'est pas encore présent. Elles comportent des éléments portant sur l'analyse du risque phytosanitaire, la réglementation phytosanitaire, les diagnostics officiels et la surveillance à des fins de détection. Les directives fournissent également des informations sur les premières interventions à mettre en œuvre, notamment la surveillance à des fins de délimitation et les mesures phytosanitaires destinées à enrayer l'apparition d'un foyer.



1. Répartition et biologie de Fusarium TR4



1.1 RÉPARTITION DE FUSARIUM TR4

À ce jour, *Fusarium* TR4 a été signalé dans 20 pays à travers le monde (Westerhoven *et al.*, 2022a). C'est à Taïwan que l'on a découvert pour la première fois la présence de la fusariose du bananier dans le cultivar Cavendish, à la fin des années 1960. Cela ne signifie pas que Taïwan est le lieu d'origine biologique de *Fusarium* TR4 (sur la base d'inférences phylogénétiques, Maryani *et al.*, 2019 suggèrent que l'Indonésie serait le lieu d'origine biologique). Puis, dans les années 1990, *Fusarium* TR4 a été signalé en Asie du Sud-Est (Buddenhagen, 2007). *Fusarium* TR4 s'est ensuite propagé à l'Afrique en 2013 et à l'Amérique latine en 2019 et 2021 (García-Bastidas *et al.*, 2013 ; García-Bastidas *et al.*, 2020 ; Ordoñez *et al.*, 2015 ; SENASA, 2021 ; Westerhoven *et al.*, 2022b). En vertu de la CIPV, les parties contractantes sont tenues de signaler la présence, l'apparition ou la dissémination d'organismes nuisibles pouvant présenter un danger potentiel. Par conséquent, lorsque la présence de *Fusarium* TR4 est détectée dans de nouveaux territoires, les ONPV doivent mettre à jour le profil de leur pays sur le Portail phytosanitaire international (PPI).

L'Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (OEPP), le Centre international pour l'agriculture et les biosciences (CABI) mettent à disposition des documents sur la répartition mondiale de *Fusarium* TR4 établis à partir de publications scientifiques et d'autres sources. Ces sources peuvent être consultées à titre informatif. Néanmoins, d'un point de vue réglementaire, la situation phytosanitaire officielle doit être confirmée par l'ONPV du pays concerné.

1.2 BIOLOGIE DE FUSARIUM TR4

- ♦ **Complexe d'espèces *Fusarium oxysporum* (FOSC):** *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. 1824 (*Ascomycota, Hypocreales, Nectriaceae*) est un champignon asexué cosmopolite terricole connu pour abriter des souches pathogènes (pour les végétaux, les animaux et les humains) et non pathogènes (Baayen *et al.*, 2000 ; Lombard *et al.*, 2019). Les souches du FOSC sont des pathogènes terricoles très répandus qui entraînent le flétrissement vasculaire, la pourriture et la fonte des semis d'un large éventail de cultures importantes (O'Donnell *et al.*, 2009).
- ♦ **Formae speciales:** On dénombre plus de 150 « *formae speciales* » (f. sp.) de *Fusarium oxysporum*. Chacune d'elles se limite à une gamme limitée d'espèces de plantes hôtes. Par exemple, *F. oxysporum* f. sp. *cubense* (E.F. Smith, Snyder et Hansen) provoque la fusariose du bananier. Il a néanmoins été démontré que les *formae speciales* ont évolué indépendamment les unes des autres. Cela signifie que *F. oxysporum* f. sp. *cubense* est polyphylétique (issu de plus d'un ancêtre évolutif commun) avec des souches dans différents clades ou lignées (Laurence *et al.*, 2015 ; O'Donnell *et al.*, 1998 ; Ploetz 2006 ; Summerell 2019). D'autres systèmes de classification sous-spécifiques pour les *formae speciales* de *F. oxysporum*, tels que les races physiologiques et les groupes de compatibilité végétative (GCV), ont également été mis en place (Lombard *et al.*, 2019).
- ♦ **Le concept de race:** Le concept de race est utilisé depuis le milieu des années 1900 pour classer les souches responsables de la fusariose du bananier (Ploetz, 2006). L'étude de la pathogénicité de

OEPP	CABI
	
https://bit.ly/3x5Nplo	https://bit.ly/3cTXfji

différents cultivars de bananiers a permis d'identifier trois races (Stover, 1990). La race 1 est connue pour provoquer la fusariose du bananier dans les cultivars 'Gros Michel' (groupe de génome AAA), 'Silk' (AAB), 'Pisangawak' (ABB), 'Abaca' (AA), 'Maqueño' (AAB) et 'Pome' (AAB). La race 2 s'attaque aux bananes à cuire, en particulier celles du sous-groupe Bluggoe (ABB). La race 4 est subdivisée en race subtropicale (qui affecte les cultivars Cavendish soumis à des stress biotiques/abiotiques) et en race TR4, responsable de la maladie qui affecte les bananes Cavendish indépendamment de leur stress biotique ou abiotique. En outre, il a été signalé que la race 4 provoque des maladies sur des cultivars sensibles aux races 1 et 2. En revanche, les races 1 et 2 n'affectent pas les bananes Cavendish car leurs clones sont résistants à ces races. La détection de *Foc* sur des espèces de *Heliconia* semble indiquer l'existence d'une autre race (race 3). Néanmoins, l'existence de cette race n'a pu à ce jour être confirmée en raison du manque de matériel original (Ploetz, 2015, 2006; Waite et Stover, 1960). Dans la plupart des pays producteurs de bananes, *Fusarium* TR4 est considéré comme un organisme de quarantaine et les races 1 et 2 de *Foc* y sont largement répandues.

- ◆ **Groupes de compatibilité végétative (GCV):** D'autres méthodes d'étude de la diversité des souches, comme les groupes de compatibilité végétative (GCV), ont permis de mettre en évidence diverses lignées évolutives dans les populations mondiales, avec plus de 24 GCV (Meldrum *et al.*, 2013). Les données récentes de séquençage du génome permettent de mieux cerner la diversité biologique des souches de *Fusarium* spp. qui infectent les bananes (Maryani *et al.*, 2019). La baisse des coûts du séquençage du génome fait que les tests GCV sont de moins en moins utilisés pour analyser la diversité des souches.
- ◆ **Nouvelle nomenclature proposée:** En 2019, on a constaté que les souches de *Fusarium* spp. qui infectent les bananes présentent une grande diversité génétique. D'après Maryani *et al.* (2019), *Fusarium* TR4 présente une vaste identité génomique clonale, ce qui a conduit à proposer de modifier la nomenclature et à classer *Fusarium* TR4 comme une espèce distincte dénommée *Fusarium odoratissimum*, qui correspond au GCV 01213/16. D'autres races physiologiques sont réparties dans plusieurs autres génotypes qui sont actuellement proposés comme

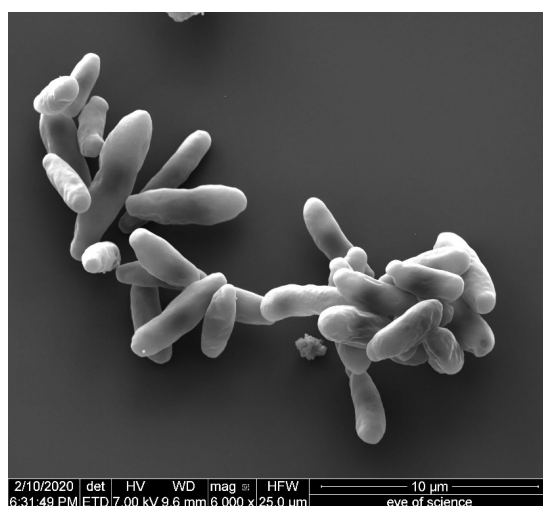
de nouvelles espèces de *Fusarium*. Néanmoins, Torres-Bedoya *et al.* (2021) ont indiqué qu'ils ne sont pas parvenus à reproduire la phylogénie et les clades obtenus par Maryani *et al.* (2019), et ont signalé des différences dans la phylogénie. D'après Westerhoven *et al.* (2022a), cette nouvelle nomenclature a suscité une certaine controverse et des données concluantes supplémentaires sont nécessaires pour pouvoir la valider. La plupart des experts s'accordent cependant à dire que *Fusarium* TR4 forme une lignée clonale et qu'il est génétiquement si différent des autres espèces de *Fusarium* spp. qui infectent les bananes qu'il peut à juste titre être reconnu comme une nouvelle espèce.

1.2.1 Morphologie

Fusarium TR4 est un champignon asexué (anamorphe) sans stade sexuel (téléomorphe) connu. Il produit trois types de conidies asexuées: les microconidies, les macroconidies et les chlamydospores (Ploetz, 2006). Les figures 1, 2 et 3 montrent leur structure de reproduction:

- ◆ **Microconidies:** i) forme ovale, ii) uni- ou bicellulaire, iii) $5 \text{ à } 16 \times 2,4 \text{ à } 3,5 \text{ } \mu\text{m}$, iv) formées en « fausses têtes » (Ploetz, 2006).

Figure 1: Photographie au microscope électronique de microconidies de *Fusarium* TR4



©Eye of Science/Fernando Garcia-Bastidas

- ◆ **Macroconidies:** i) en forme de faucille avec des cellules basales en forme de pied, ii) quatre à huit cellules, iii) $27 \text{ à } 55 \times 3,3 \text{ à } 5,5 \text{ } \mu\text{m}$ (Ploetz, 2006).
- ◆ **Chlamydospores:** i) généralement globuleux, ii) $7 \text{ à } 11 \text{ } \mu\text{m}$ de diamètre

Figure 2: Photographie au microscope électronique de macroconidies de *Fusarium* TR4

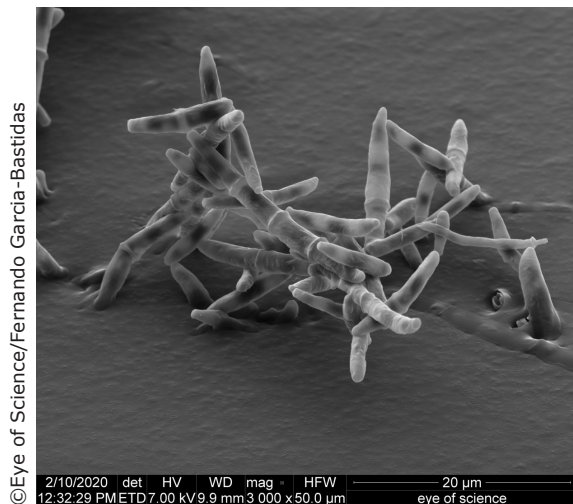
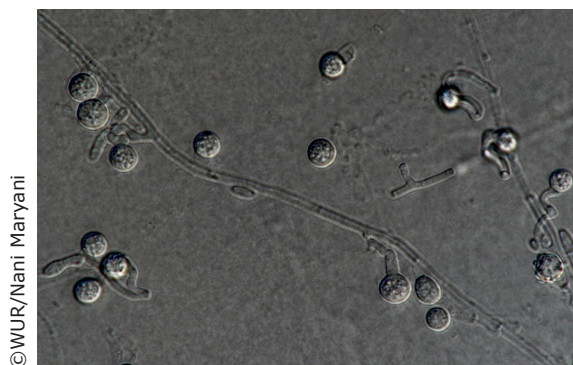


Figure 3: Photographie au microscope électronique de chlamydoconidies de *Fusarium* TR4



1.2.2 Hôte musacé et symptômes sur les plants suspects

- ◆ **Hôte principal:** *Fusarium* TR4 affecte particulièrement les plants de bananier (*Musa* spp.). Les adventices et les graminées peuvent aussi être des hôtes de *Fusarium* TR4 mais ne présentent généralement pas de symptômes de la maladie (Ploetz, 2015a). La contamination des plants de bananier du cultivar Cavendish par *Fusarium* TR4 peut être identifiée sur le terrain par la présence de symptômes caractéristiques de la maladie. Néanmoins, afin de diagnostiquer avec certitude la présence du pathogène, il convient d'effectuer des tests moléculaires de séquençage (amplification en chaîne par polymérase [PCR], amplification isotherme médiée par les boucles [LAMP]) ou bien des tests biologiques (GCV).

- ◆ **Symptômes:** Les premiers symptômes visibles de la fusariose du bananier sont les symptômes communs à toutes les maladies qui affectent les systèmes vasculaires des végétaux. Les figures 4, 5 et 6 montrent et décrivent les symptômes externes, tels que le jaunissement et l'affaissement et des feuilles les plus anciennes qui pendent le long du pseudo-tronc et l'éclatement du pseudo-tronc. Les figures 7 et 8 montrent et décrivent les symptômes internes tels que la décoloration jaune, rougeâtre ou brun-noir du pseudo-tronc ou du tissu vasculaire de la tige souterraine bulbeuse et la décoloration vasculaire aux stades précoce et tardif de l'infection.
- ◆ **Jaunissement des feuilles:** i) Un jaunissement sur le bord des feuilles est observé dès les premiers stades sur les feuilles les plus anciennes, ii) le jaunissement progresse sur l'ensemble de la feuille, iii) des taches brunes ou noires peuvent apparaître sur le bord des feuilles, iv) les jeunes feuilles peuvent demeurer vertes et droites, tandis que les plus anciennes s'affaissent.

Figure 4: Symptômes du jaunissement des feuilles du bananier



- ◆ **Flétrissement:** i) Les feuilles les plus anciennes s'affaissent, meurent et pendent le long du pseudo-tronc, formant une jupe de feuilles mortes autour du pseudo-tronc, ii) le jaunissement progresse

généralement depuis les feuilles les plus anciennes vers les feuilles les plus jeunes, iii) les feuilles les plus jeunes commencent à présenter des symptômes caractéristiques.

Figure 5: Symptômes du flétrissement des feuilles de bananier



©Bioversity/Miguel Dita

- ◆ **Éclatement du pseudo-tronc:** i) Dans certains cas, une anomalie de croissance – difficile à détecter sur le terrain – peut se produire, elle se manifeste généralement par une division en deux ou trois couches au niveau du pseudo-tronc, ii) l'éclatement apparaît plus tardivement, plus en profondeur et plus en hauteur.

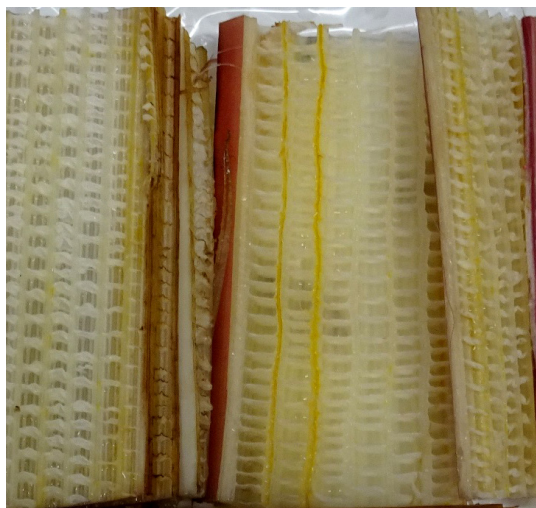
Figure 6: Symptômes de l'éclatement du pseudo-tronc du bananier



©Bioversity/Miguel Dita

- ◆ **Jaunissement vasculaire:** le jaunissement vasculaire est l'un des premiers symptômes de la maladie.

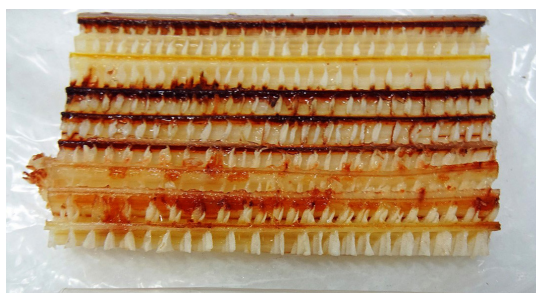
Figure 7: Premiers symptômes internes du jaunissement des tissus vasculaires du bananier



©Department of Agriculture and Fisheries, Queensland, Australia

- ◆ **Décoloration foncée des tissus vasculaires:** Les symptômes internes avancés se manifestent par une décoloration vasculaire rouge foncé.

Figure 8: Symptômes internes avancés de la décoloration vasculaire rouge foncé du bananier



©Department of Agriculture and Fisheries, Queensland, Australia

1.2.3 Épidémiologie

- ◆ **Structures de survie:** On pense que les chlamydospores peuvent survivre dans le sol pendant une période prolongée (Pegg *et al.*, 2019) et certains éléments indiquent qu'elles peuvent également survivre dans des végétaux non hôtes (Hennessy *et al.*, 2005 ; Ploetz, 2015a; Postic *et al.*, 2012). Les chlamydospores présentes dans le sol parviennent à germer grâce aux nutriments contenus dans les exsudats des racines du bananier et des végétaux non hôtes. Celles qui infectent les extrémités des racines secondaires et tertiaires

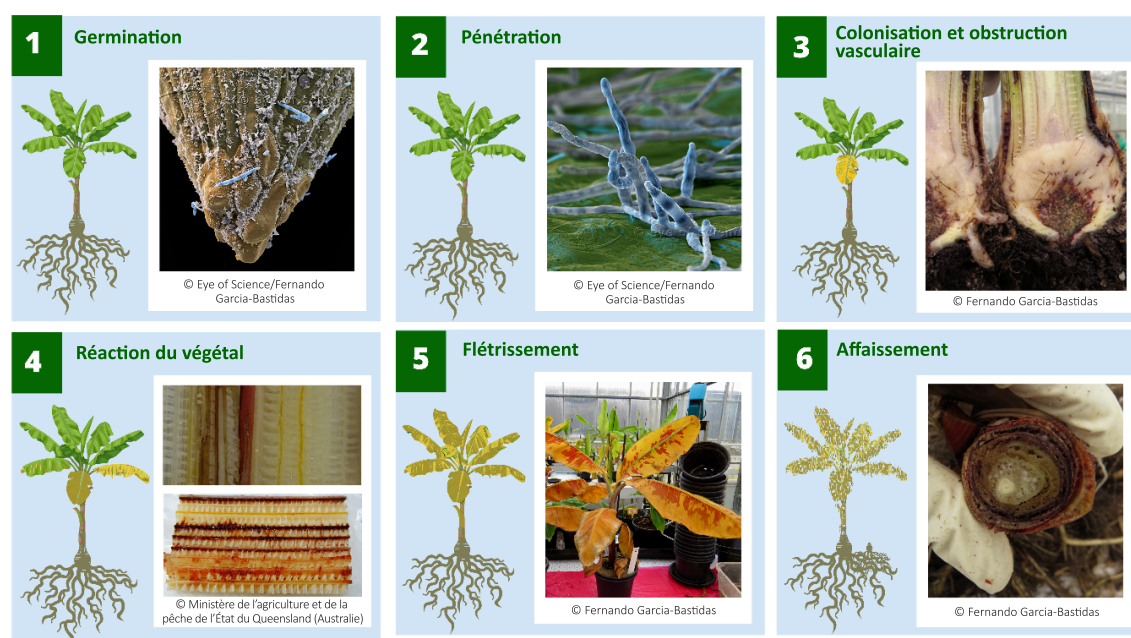
du bananier pénètrent dans la coiffe racinaire et la zone d'élongation et établissent une relation parasitaire entre les cellules du cortex racinaire avant de pénétrer dans les éléments vasculaires du xylème (Pegg *et al.*, 2019).

- ◆ **Dissémination de Fusarium TR4:** La dissémination de Fusarium TR4 sur de courtes ou de longues distances, ou d'une exploitation à une autre ou vers d'autres zones voisines, ou encore vers d'autres pays ou continents, est essentiellement due à des facteurs anthropogéniques tels que le déplacement de parties de végétaux, à des facteurs biotiques

tels que les nématodes et les charançons, à des facteurs naturels tels que le ruissellement de l'eau, et le déplacement de terre contenant des spores convoyée par les véhicules, les machines, les outils, les équipements, le matériel de multiplication végétale infecté et les chaussures (Deltour *et al.*, 2017 ; Dita *et al.*, 2018 ; Domínguez *et al.*, 2001 ; Dong *et al.*, 2016 ; Fernandez-Falcon *et al.*, 2004 ; Fortunato *et al.*, 2012a ; Fortunato *et al.*, 2012b ; Mur *et al.*, 2016 ; Nasir *et al.*, 2003 ; Pegg *et al.*, 2019 ; Peng *et al.*, 1999 ; Wang *et al.*, 2017).

- ◆ **Cycle de vie**

Figure 9: Cycle de vie de Fusarium TR4



Source: Présentation réalisée par les auteurs

1. Des spores sont présentes dans le sol. Les chlamydo-spores de Fusarium TR4 peuvent se fixer sur les racines et les poils racinaires du bananier 72 heures après la plantation des plantules dans un sol infecté par Fusarium TR4 et les exsudats racinaires favorisent la germination des chlamydo-spores (Dita *et al.*, 2018; Li *et al.* 2011).
2. Les tubes polliniques pénètrent dans les racines du bananier (Dita *et al.*, 2018). La pénétration peut se faire entre trois et dix jours par les extrémités et les zones d'élongation des racines latérales ainsi que par les blessures naturelles à la base des racines secondaires (Li *et al.*, 2011; Xiao *et al.*, 2013). L'infection du rhizome est l'étape déterminante dans le développement de la maladie. Une fois le rhizome colonisé, l'infection devient systémique et atteint le pseudo-tronc (Xiao *et al.*, 2013).
3. Après avoir pénétré dans les cellules des racines du bananier, Fusarium TR4 produit des hyphes épaissies et des microconidies à l'intérieur des cellules (Li *et al.*, 2011). Les hyphes fongiques et les spores peuvent alors remplir les parties vasculaires du rhizome et des tissus environnants (Li *et al.*, 2011). Si des hyphes ou des spores pénètrent dans le pseudo-tronc via le rhizome, ils se répandent rapidement et finissent par atteindre le sommet du pseudo-tronc (Xiao *et al.*, 2013).
4. Les hyphes épaissies se transforment ensuite en chlamydo-spores qui se forment à l'intérieur des cellules (Li *et al.*, 2011). L'infection déclenche chez l'hôte une réaction de défense, avec la production de gels, la formation de tyloses et une lignification, qui provoque l'obstruction des vaisseaux. Sur les plants de bananier sensibles, une fois que le pathogène a envahi l'ensemble des éléments vasculaires du xylème, avec une invasion notable du rhizome, une grave pénurie d'eau se produit en raison de l'obstruction des vaisseaux. Cette diminution de l'apport en eau entraîne une diminution de la transpiration et la formation de symptômes externes (Pegg *et al.*, 2019).
5. La colonisation et la destruction des tissus vasculaires provoquent un flétrissement intense (Dita *et al.*, 2018).
6. Une fois que les tissus vasculaires ont été entièrement colonisés, le pathogène quitte le xylème et pénètre dans le parenchyme et le cortex adjacents pour envahir les tissus végétaux affaiblis par le manque d'eau. Après que les tissus de l'hôte ont été endommagés, des chlamydo-spores et des conidies sont produites et rejetées dans l'environnement (Pegg *et al.*, 2019).

2. Plan de prévention et de préparation: l'organisme nuisible n'est pas encore présent

Tous les intervenants de l'industrie bananière doivent appliquer des mesures pour prévenir l'introduction et la dissémination de *Fusarium TR4* dans les zones exemptes de la maladie. Parmi ces acteurs figurent les organismes gouvernementaux et tous les acteurs de la chaîne de valeur pertinente à la banane, des agriculteurs aux transporteurs, en passant par les négociants, les prestataires de services et les fournisseurs d'intrants, les détaillants et le public.

2.1 RÉGLEMENTATION PHYTOSANITAIRE

La réglementation phytosanitaire doit être élaborée de manière à maintenir l'absence de *Fusarium TR4*. Grâce à l'application des mesures phytosanitaires, la stratégie d'exclusion contribue à prévenir l'introduction de *Fusarium TR4* et exige que l'ONPV dispose des pouvoirs nécessaires pour intervenir en cas d'apparition de foyers. La législation doit permettre à l'ONPV de mettre en quarantaine les zones ou les exploitations infestées en cas d'apparition d'un foyer de *Fusarium TR4* et de réglementer la circulation des personnes, des marchandises, des machines et de tout ce qui pourrait contribuer à disséminer *Fusarium TR4*.

On trouvera ci-après des exemples de mesures réglementaires qui devront être appliquées:

- ◆ réaliser une analyse du risque phytosanitaire (ARP¹) conformément à la NIMP n° 11 (*Analyse du risque phytosanitaire pour les organismes de quarantaine*) (voir section 2.2);
- ◆ mettre à jour la liste des organismes nuisibles réglementés en se référant au processus de catégorisation des organismes nuisibles prévu pour l'ARP et y inclure, le cas échéant, *Fusarium TR4*, conformément à la NIMP n° 19 (*Directives sur les listes d'organismes nuisibles réglementés*);
- ◆ établir des exigences phytosanitaires à l'importation pour les marchandises concernées en

fonction du risque déterminé par l'ARP (voir section 2.2);

- ◆ élaborer et appliquer un ensemble de mesures visant à empêcher l'introduction ou la fuite de *Fusarium TR4* au niveau de l'exploitation (voir sections 2.3, 2.4 et 2.5);
- ◆ garantir la disponibilité de méthodologies et d'installations appropriées dans les laboratoires agréés pour diagnostiquer *Fusarium TR4* (voir section 2.6);
- ◆ mettre en œuvre un programme de surveillance de *Fusarium TR4* conformément à la NIMP n° 6 (*Surveillance*) et soutenir le programme par une législation appropriée permettant à l'ONPV de pénétrer dans les zones de détection, de délimitation et de surveillance (voir section 2.7);
- ◆ élaborer un plan d'urgence de manière à pouvoir intervenir en cas d'apparition de foyers de *Fusarium TR4* et vérifier la performance du plan en effectuant des exercices de simulation, et veiller à ce que l'ONPV dispose des capacités réglementaires et opérationnelles nécessaires pour intervenir (voir sections 2.8 et 2.9).

2.2 ANALYSE DU RISQUE PHYTOSANITAIRE

L'analyse du risque phytosanitaire (ARP) consiste à évaluer les données biologiques, scientifiques et économiques afin de déterminer si un organisme est nuisible, s'il devrait être réglementé et quelles mesures phytosanitaires devraient être prises à son égard (NIMP n° 11) (Secrétariat de la CIPV, 2013). L'ARP permet d'évaluer la probabilité d'introduction et de dissémination d'un organisme nuisible donné dans une zone spécifique, ainsi que les conséquences économiques et environnementales potentielles liées à l'introduction de l'organisme nuisible dans la zone. La réalisation de l'analyse du risque phytosanitaire relève de la responsabilité de l'ONPV de chaque pays.

¹ Analyse du risque phytosanitaire (ARP): Processus consistant à évaluer les données biologiques, ou autres données scientifiques ou économiques, pour déterminer si un organisme est nuisible, s'il devrait être réglementé, et la sévérité des mesures phytosanitaires éventuelles à prendre à son égard [FAO, 1995; CIPV révisée, 1997; NIMP n° 2, 2007] (NIMP n° 5).

Conformément aux critères établis dans la NIMP n° 11 concernant la mise en route de l'ARP, les ONPV peuvent entreprendre une ARP nouvelle ou révisée pour *Fusarium* TR4, compte tenu de la rapidité de la dissémination et de l'introduction de *Fusarium* TR4 dans de nouvelles zones à travers le monde. L'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) a réalisé une catégorisation des organismes nuisibles pour l'Union européenne et a conclu que *Fusarium* TR4 remplit les critères pour être considéré comme un organisme de quarantaine potentiel pour l'Union (EFSA, 2022). L'Équateur a amorcé une ARP après l'apparition d'un foyer de *Fusarium* TR4 dans un pays voisin, la Colombie, et a conclu que le risque d'introduction, d'établissement et de dissémination était élevé (Gallo-Lara, 2021). La France a mené une ARP dans les zones françaises d'outre-mer de Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane française et de Mayotte, et a conclu que le risque d'introduction, d'établissement et de dissémination de *Fusarium* TR4 était élevé et que la situation justifiait la mise en place de mesures de gestion du risque phytosanitaire (Tassus *et al.*, 2018). De même, les ONPV peuvent amorcer une ARP nouvelle ou révisée concernant *Fusarium* TR4 pour des marchandises hôtes et non hôtes qui n'ont pas été importées auparavant et qui constituent un danger potentiel en lien avec *Fusarium* TR4, par exemple:

- ◆ les matériels végétaux avec ou sans racines;
- ◆ les tiges souterraines bulbeuses;
- ◆ les feuilles de *Musaceae*;
- ◆ les matériels végétaux *in vitro* produits à l'aide de techniques de culture tissulaire;
- ◆ les machines agricoles, les véhicules, le matériel agricole et les outils contaminés par de la terre et/ou des débris végétaux;
- ◆ les conteneurs dont les parois extérieures ont été contaminées par de la terre;
- ◆ les chaussures (y compris les bottes) contaminées par de la terre et transportées dans leurs bagages par les voyageurs en provenance de pays où *Fusarium* TR4 est présent;
- ◆ les produits d'artisanat et autres articles fabriqués à partir de musacées ou de leurs parties; et
- ◆ de la terre et autres articles réglementés susceptibles de contenir des propagules de *Fusarium* TR4 (chlamydospores) présentes dans la terre et/ou les débris végétaux.

L'Organisation internationale régionale de santé végétale et animale (OIRSA) a mené en Amérique centrale une ARP à l'échelle régionale concernant *Fusarium* TR4 et a conclu que le matériel végétal avec ou sans racines, les tiges souterraines bulbeuses, les feuilles de *Musaceae*, les conteneurs et les véhicules contenant de la terre et/ou des débris végétaux posaient un risque élevé d'introduction de *Fusarium* TR4. En revanche, l'ARP menée par l'OIRSA a attribué un risque faible au matériel végétal *in vitro* produits à l'aide de techniques de culture tissulaire (OIRSA, 2019).

Les conclusions de l'ARP préciseront si *Fusarium* TR4 doit faire l'objet de mesures de gestion du risque phytosanitaire et quelles filières devront être réglementées. Toute mesure phytosanitaire à l'importation doit être justifiée sur les plans technique et scientifique, en fonction des résultats de l'ARP. Gallo-Lara (2021) et l'OIRSA (2019) ont recensé certaines mesures prises à l'issue des ARP qu'ils ont menées dans leurs pays respectifs et qui peuvent servir de référence aux pays qui amorcent ou révisent une ARP pour *Fusarium* TR4 ou ses filières.

L'importation de matériel végétal de bananier *in vitro* doit être subordonnée à la réalisation et aux conclusions d'une ARP, lesquelles doivent servir de base à l'établissement des exigences phytosanitaires à l'importation permettant de gérer les risques recensés.

2.3 MESURES DE PRÉVENTION POUR LES PÉPINIÈRES

Des systèmes de certification du matériel végétal doivent être mis en place pour les grandes et les petites pépinières. Les plantules de culture tissulaire constituent l'une des mesures de prévention les plus prometteuses (Lule *et al.*, 2013). L'importation, l'exportation et la production locale de matériel végétal de multiplication doivent respecter les exigences fixées par l'ONPV. Les pépinières doivent être enregistrées, cartographiées à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) et inspectées régulièrement. Les propriétaires de pépinières doivent s'engager à signaler à l'ONPV tout symptôme suspect.

2.4 MESURES DE PRÉVENTION POUR LES PLANTATIONS COMMERCIALES À GRANDE ÉCHELLE

L'application de mesures de prévention et d'exclusion est essentielle pour protéger les exploitations agricoles contre l'introduction et la dissémination de *Fusarium*

TR4. D'après les autorités de l'État du Queensland (2020) et Kukulies et Veivers (2017), les mesures suivantes permettent de répondre à cet objectif:

- ◆ utiliser du matériel végétal certifié;
- ◆ n'utiliser, pour les pratiques culturales, que des outils qui restent sur le site de l'exploitation;
- ◆ créer différentes zones pour limiter les déplacements entre celles-ci et ainsi disposer de plusieurs niveaux de protection pour gérer les filières de risque d'agents pathogènes sur et à l'extérieur de l'exploitation (voir section 2.4.2 Zonage de l'exploitation agricole);
- ◆ installer et maintenir une clôture de délimitation (qui peut être une clôture vivante) et contrôler les déplacements de végétaux, de terre et d'eau depuis et vers l'exploitation;
- ◆ établir des points d'accès spécifiques pour l'entrée dans l'exploitation et afficher les règles à respecter pour y pénétrer, chaque point d'accès devant être doté d'une infrastructure appropriée pour garantir l'exclusion de *Fusarium TR4* (voir section 2.4.3 Exigences relatives aux infrastructures de l'exploitation);
- ◆ restreindre l'entrée et la circulation de tous les visiteurs, véhicules et machines extérieurs non essentiels;
- ◆ laver puis désinfecter, dans une zone prévue à cet effet, les véhicules, le matériel et les outils (y compris les échelles utilisées pour les activités agronomiques pratiquées sur les régimes de bananes), les machines et les chaussures avant d'entrer dans l'exploitation et gérer l'eau et les résidus présents dans le sol;
- ◆ utiliser un désinfectant approprié avec un dosage adéquat en respectant un calendrier de réapprovisionnement adapté, et maintenir une zone restreinte pour les eaux de lavage sales (voir section 2.4.1 Produits désinfectants);
- ◆ veiller à ce que les installations de désinfection soient correctement entretenues avec des solutions, des produits et du matériel d'assainissement efficaces.

2.4.1 Produits désinfectants

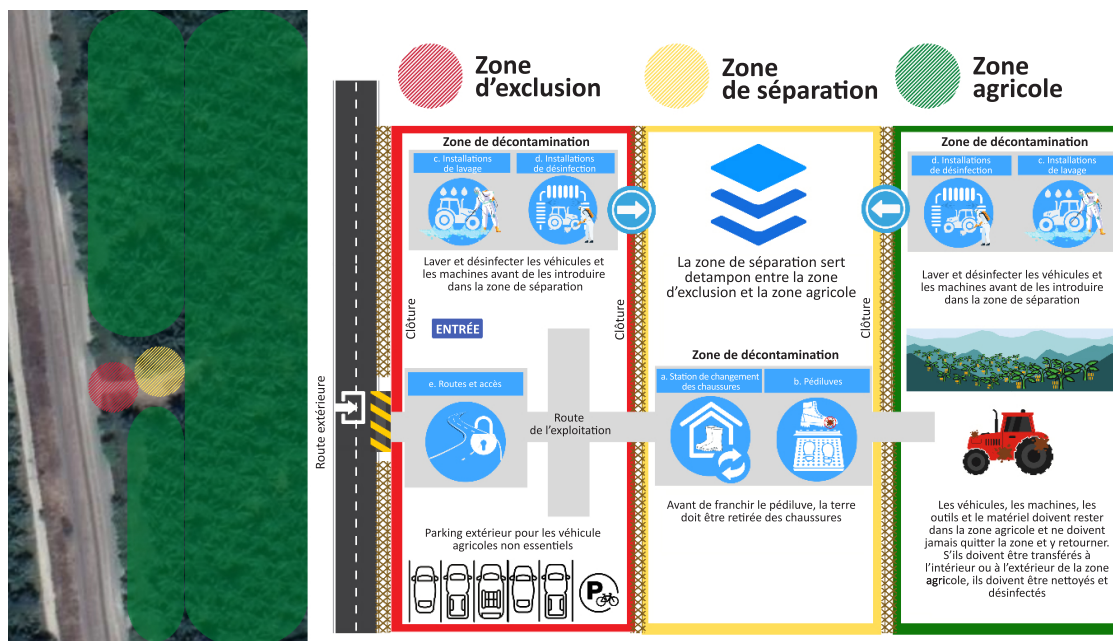
D'après Lindsay (2018), les produits à base d'ammonium quaternaire (120 g/L [12 pour cent] de chlorure de didécylidiméthylammonium [DDAC] appliqué à la dose recommandée sur l'étiquette [1 200 ppm]) sont fréquemment utilisés pour neutraliser les propagules de *Fusarium TR4* (notamment les chlamydo-spores) qui peuvent être présentes sur les chaussures ou d'autres articles. Medina *et al.* (2019) ont testé l'efficacité de 32 désinfectants disponibles dans le commerce après ≤ 30 s, 5 min, 30 min et 24 h de contact avec une suspension de chlamydo-spores de *Fusarium TR4*. Ils ont ainsi constaté que l'ammonium quaternaire (10 pour cent) était le plus efficace. Porter *et al.* (2022) ont testé 13 désinfectants couramment utilisés aux Philippines et ont constaté que l'efficacité de ces produits dépendait du type de spores fongiques, du temps d'exposition et de la fréquence de réapprovisionnement des installations de désinfection, et que les spores de TR4 étaient résistantes à tous les désinfectants, sauf un, qui est malheureusement corrosif.

Le choix du produit désinfectant étant une décision cruciale, les ONPV et les agriculteurs sont encouragés à choisir le mieux adapté en fonction des essais qu'ils ont déjà effectués ou à consulter un spécialiste. Avant d'utiliser un produit désinfectant, il est recommandé de nettoyer et d'éliminer tous les résidus de terre afin d'éviter de réduire l'efficacité du produit. L'utilisation de désinfectants chimiques (dans les pédiluves, pour la désinfection des véhicules, du matériel et des outils) dans les exploitations de bananes biologiques nécessite des mesures de précaution.

2.4.2 Zonage de l'exploitation agricole

L'ensemble des mesures destinées à empêcher l'introduction et la dissémination de *Fusarium TR4* est un élément essentiel du système de l'exploitation agricole. Pour ce faire, il convient de créer différentes zones pour limiter les déplacements entre celles-ci, ce qui permet de disposer de plusieurs niveaux de protection pour gérer les filières potentielles d'agents pathogènes à l'intérieur et à l'extérieur de l'exploitation (voir la figure 10).

Figure 10: Zonage de l'exploitation et infrastructures nécessaires (voir sections 2.4.2 et 2.4.3)



Source: Présentation réalisée par les auteurs

D'après les travaux de Kukulies et Veivers (2017), il est recommandé d'utiliser le système à trois zones suivant:

Tableau 1: Description du système à trois zones pour les exploitations

<p>Zone d'exclusion</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Le principal point d'entrée de l'exploitation doit être situé dans la zone d'exclusion. ◆ La zone d'exclusion sert à réduire la probabilité d'introduction de propagules de <i>Fusarium</i> TR4 logées dans la terre et les débris végétaux transportés par les véhicules et les machines. On pourra par exemple prévoir un stationnement pour les véhicules non essentiels. ◆ Avant de pénétrer dans les différentes zones de l'exploitation et d'en sortir, les véhicules essentiels qui ne peuvent être exclus de l'exploitation doivent être nettoyés et/ou désinfectés. ◆ La zone d'exclusion doit être dotée d'un revêtement adéquat (par exemple, béton ou asphalte) et/ou protégée par d'autres dispositifs comme des clôtures et des barrières et être équipée d'un système de signalétique clair destiné à informer le personnel et les visiteurs sur les protocoles à respecter avant de pénétrer dans l'exploitation. ◆ L'eau utilisée dans cette zone pour nettoyer et désinfecter les articles réglementés doit être gérée avec soin et traitée et évacuée en veillant à assurer la sécurité biologique.
--------------------------------	--


<p>Zone de séparation</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ La zone de séparation sert de tampon entre la zone d'exclusion et la zone agricole. ◆ Cette zone est une partie de l'exploitation agricole qui permet l'accès aux véhicules indispensables aux activités de l'exploitation. ◆ Avant d'être autorisés à pénétrer dans cette zone, les véhicules doivent être nettoyés et désinfectés. ◆ Les véhicules et machines agricoles ne doivent jamais traverser la zone de séparation ou entrer en contact direct avec elle. ◆ Lorsque les véhicules et les machines agricoles traversent la zone de séparation pour pénétrer dans une autre zone, ils doivent être soigneusement nettoyés et désinfectés. ◆ La zone de séparation doit être dotée d'un revêtement adéquat (par exemple, béton, asphalte ou gravier) et ne pas être contaminée par de la terre. Elle doit en outre être protégée par d'autres dispositifs comme des clôtures et des barrières et être équipée d'un système de signalétique clair destiné à informer le personnel et les visiteurs sur les protocoles à respecter dans cette zone et dans l'ensemble de l'exploitation agricole.
<p>Zone agricole</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ La zone agricole est la zone de production de l'exploitation, où le personnel effectue les tâches agricoles et où les véhicules, les machines, les outils et le matériel sont utilisés quotidiennement. ◆ Des mesures doivent être appliquées aux chaussures, aux clôtures, aux barrières et à la signalisation, et ces mesures doivent être consignées. ◆ Les véhicules, les machines, les outils et le matériel doivent rester dans la zone agricole et ne doivent jamais quitter la zone et y retourner. Lorsqu'ils sont transférés à l'intérieur ou à l'extérieur de la zone agricole, ils doivent être nettoyés et désinfectés.





Source: A Kukulies, T. et Veivers, S. 2017. Banana best management practices: on farm biosecurity. Agri-Science Queensland, Ministère de l'agriculture et de la pêche de l'État du Queensland. www.horticulture.com.au/globalassets/hort-innovation/resource-assets/ba14013-banana-on-farm-biosecurity-manual.pdf

2.4.3 Exigences relatives aux infrastructures de l'exploitation

D'après Kukulies et Veivers (2017), les exigences relatives aux infrastructures de l'exploitation agricole comprennent les éléments suivants:

Tableau 2: Description des infrastructures nécessaires sur l'exploitation pour appliquer le zonage

<p>Stations de changement des chaussures</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Elles sont généralement situées à proximité de la zone d'exclusion ou à des points d'accès stratégiques (par exemple, entre la zone d'exclusion et la zone de séparation, et entre la zone de séparation et la zone agricole). ◆ Les stations de changement des chaussures constituent un moyen de protection supplémentaire qui permet de réduire le risque d'introduction de propagules de Fusarium TR4 dans l'exploitation par le biais de chaussures contaminées. S'assurer que les chaussures sont propres avant d'utiliser le pédiluve. ◆ Le nettoyage, la désinfection et le changement des chaussures comptent parmi les mesures les plus importantes.
---	--

<p>Pédiluves</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Les pédiluves doivent être situés à proximité de la zone d'exclusion, dans des zones de décontamination désignées. ◆ Avant de franchir le pédiluve, la terre doit être retirée des chaussures. ◆ Lors du nettoyage des chaussures, la terre et la boue doivent être enlevées avec de l'eau et des brosses à poils durs dans une zone séparée, en veillant à ne pas recontaminer les chaussures avant de passer à travers le pédiluve. ◆ La terre et les matières organiques diminuent l'efficacité des produits désinfectants.
<p>Installations de lavage</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Elles sont utilisées pour le nettoyage des véhicules et des machines provenant de l'extérieur, qui sont contaminés par des niveaux élevés de terre et de débris végétaux et qui doivent entrer et sortir des différentes zones de l'exploitation. ◆ Les installations de lavage doivent être situées dans un endroit approprié. ◆ L'eau utilisée dans cette zone pour nettoyer les véhicules et les machines doit être gérée avec soin et traitée et évacuée en veillant à assurer la sécurité biologique.
<p>Installations de désinfection</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Il est essentiel d'effectuer un zonage adéquat pour garantir l'utilisation efficace de ces installations. ◆ La meilleure solution consiste à nettoyer toutes les surfaces sensibles avant de pénétrer dans l'installation de désinfection et d'en sortir. ◆ Les navettes de pulvérisation, les grilles de pulvérisation et/ou les bacs à véhicules sont couramment utilisés pour appliquer les produits désinfectants sur les véhicules essentiels qui pénètrent dans les différentes zones de l'exploitation. ◆ Les navettes de pulvérisation, les grilles de pulvérisation et/ou les bacs à véhicules ne sont pas efficaces pour nettoyer les véhicules et les machines sales recouverts de terre et de débris végétaux.
<p>Routes et accès</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Les routes et les points d'accès doivent être établis de manière cohérente par rapport à la répartition des différentes zones (zone d'exclusion, zone de séparation et zone agricole) de l'exploitation. ◆ La route d'accès centrale doit être revêtue d'une surface dure (par exemple, béton, asphalte ou gravier). ◆ Des clôtures et des barrières physiques appropriées doivent être installées le long de la route d'accès principale afin de renforcer la protection et de mieux contrôler la circulation des véhicules et des machines qui pénètrent dans d'autres zones.

Source: A Kukulies, T. et Veivers, S. 2017. Banana best management practices: on farm biosecurity. Agri-Science Queensland, Ministère de l'agriculture et de la pêche de l'État du Queensland. www.horticulture.com.au/globalassets/hort-innovation/resource-assets/ba14013-banana-on-farm-biosecurity-manual.pdf

2.5 MESURES DE PRÉVENTION POUR LA SUBSISTANCE ET LES PETITES EXPLOITATIONS BANANIÈRES

Les mesures de prévention recommandées pour les plantations commerciales à grande échelle sont également recommandées pour les petites exploitations bananières. Néanmoins, leur mise en œuvre peut nécessiter une approche territoriale pour le zonage des petites exploitations et la construction d'infrastructures telles que des installations de lavage et de désinfection, des routes et des chemins d'accès.

Les petits exploitants qui produisent pour l'exportation sont souvent organisés en associations ou en coopératives de producteurs. Dans ces cas, la faisabilité d'approches territoriales pour la gestion du risque et l'application de mesures préventives peut être examinée en répartissant les producteurs de bananes en différents groupes. Le concept de zonage (zone d'exclusion, zone de séparation, zone agricole) et les économies d'échelle pourraient être appliquées, en réalisant des investissements communs, par exemple une clôture commune autour d'un ensemble

d'exploitations contiguës, un pédiluve commun et une station de changement des chaussures au début d'une route d'accès partagée.

Dans tous les cas, il convient d'investir dans la communication sur les risques, la sensibilisation et la formation à l'intention des petits exploitants pour leur présenter les vecteurs d'introduction et de dissémination de *Fusarium TR4*, leur expliquer comment reconnaître les symptômes sur le terrain et signaler les végétaux suspects à l'ONPV, leur indiquer les mesures à prendre dans de tels cas et promouvoir l'utilisation de matériel végétal certifié et non contaminé.

2.6 ÉCHANTILLONNAGE ET DIAGNOSTIC DE FUSARIUM TR4

Chaque phase de diagnostic comporte des étapes cruciales, par exemple:

- ◆ l'échantillonnage (voir section 2.6.1);
- ◆ la remise des échantillons au laboratoire de diagnostic (voir section 2.6.2);
- ◆ l'isolement fongique (voir section 2.6.3);
- ◆ les cultures monosporiques (voir section 2.6.4);
- ◆ l'identification moléculaire (voir section 2.6.5);
- ◆ les tests de pathogénicité (postulats de Koch) (voir section 2.6.6);
- ◆ le groupe de compatibilité végétative (GCV) si le génome n'est pas séquencé (voir section 2.6.7).

Lors du premier signalement de *Fusarium TR4*, l'exécution de tous les tests de diagnostic peut prendre plusieurs semaines. Les diagnostics moléculaires peuvent être effectués en quelques jours. La confirmation officielle, les postulats de Koch et le phénotypage requis pour les tests d'inoculation peuvent prendre plusieurs mois. Néanmoins, certaines mesures de précaution peuvent être prises dès l'obtention des résultats du diagnostic moléculaire lorsqu'il s'avère positif.

2.6.1 Échantillonnage

En général, les échantillons sont prélevés sur du matériel végétal présentant des symptômes (voir les symptômes présentés à la section 1.2.3). Les critères énumérés ci-après doivent être pris en considération lors de l'échantillonnage des plants de bananier suspects:

- ◆ L'échantillonnage consiste à prélever une partie du pseudo-tronc (pseudo-tronc interne ou tissu de la tige souterraine bulbeuse) sur des plants de

bananier flétris dont les tissus vasculaires présentent de façon évidente une coloration brun-noir.

- ◆ L'échantillon doit être prélevé dans la partie inférieure et près du centre du pseudo-tronc, mais pas à un stade avancé de pourriture.
- ◆ L'échantillon doit être emballé dans du papier mousseline, placé dans un sac d'échantillonnage (autre qu'en polyéthylène) étiqueté et acheminé jusqu'au laboratoire.
- ◆ Le plant concerné doit être signalé ou marqué sur le terrain et ses coordonnées géographiques doivent être enregistrées, en indiquant qu'un échantillon a été prélevé. La localisation est enregistrée pour permettre le suivi et la traçabilité depuis le point d'échantillonnage sur le terrain.
- ◆ La méthode d'échantillonnage employée doit permettre à l'équipe chargée de l'échantillonnage de recueillir suffisamment de matière pour rendre compte des symptômes internes.
- ◆ Les informations relatives à l'échantillon doivent être consignées dans un formulaire qui accompagne l'échantillon. Ces informations doivent mentionner la variété ou le cultivar de banane, le type d'échantillon prélevé, le code de l'emplacement, les coordonnées géographiques, les coordonnées de la personne qui a effectué le prélèvement, ainsi que la date du prélèvement.
- ◆ L'ONPV doit mettre en place des mesures pour éviter la dissémination de *Fusarium TR4* lors du transport de l'échantillon ou la dissémination vers une autre exploitation.

2.6.2 Remise de l'échantillon au laboratoire de diagnostic

- ◆ L'échantillon doit être remis rapidement à un laboratoire agréé pour effectuer un diagnostic ou un test de TR4.
- ◆ L'intégrité de l'échantillon doit être préservée. L'échantillon doit être manipulé, préparé, emballé, étiqueté et stocké avec soin, et les informations correspondantes doivent être consignées dans un formulaire de demande d'analyse en laboratoire.
- ◆ Avant d'être expédié, l'échantillon doit être sec et emballé dans une enveloppe ou un sac en papier. Les sacs en plastique sont à proscrire car ils favorisent la prolifération bactérienne dans les environnements humides.
- ◆ L'échantillon doit être traité le jour même de son arrivée au laboratoire.

2.6.3 Isolement fongique

Dès son arrivée au laboratoire, la surface de l'échantillon doit être désinfectée avec de l'éthanol à 70 pour cent, coupé en morceaux, placé sur du papier filtre humide dans une boîte de Pétri et stocké dans une chambre de culture à une température inférieure à 25 °C. Le papier filtre doit être humecté régulièrement et l'évolution fongique de l'échantillon doit être surveillée (Leslie et Summerell, 2006). Si une moisissure se développe sur l'échantillon, le mycélium doit être transféré dans un milieu de culture. Afin d'effectuer l'identification morphologique, les isolats de *Fusarium* TR4 sont cultivés sur: de la gélose dextrosée à base de fécula de pomme de terre (PDA) (Ujal *et al.*, 2021) pour observer la vitesse de croissance et la couleur du mycélium; de la gélose aux feuilles d'œillet (CLA), pour favoriser la production de conidies (Fisher *et al.*, 1982); et Spezieller Nährstoffarmer agar (SNA) pour favoriser la ramification des conidiophores (Nirenberg *et al.*, 1981).

2.6.4 Cultures monosporiques

Étant donné que plusieurs isolats fongiques peuvent se développer simultanément sur un même échantillon, il est nécessaire d'obtenir des isolats monosporiques, c'est-à-dire d'isoler une seule spore/conidie afin de garantir la pureté requise pour les analyses ultérieures.

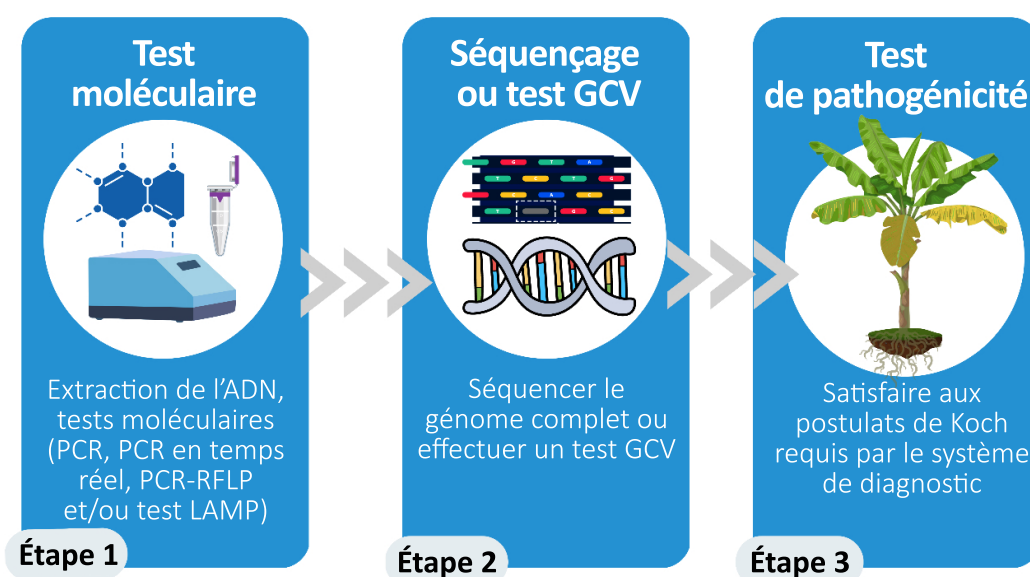
Cette opération peut s'effectuer de plusieurs manières et implique généralement un isolement au microscope à l'aide d'une aiguille spéciale (Choi *et al.*, 1999; Zhang *et al.*, 2013a).

2.6.5 Identification moléculaire

Lors de l'identification moléculaire, l'échantillon doit subir plusieurs étapes afin de déterminer la présence de *Fusarium* TR4. Tout d'abord, il faut extraire l'ADN de l'échantillon. Ensuite, l'échantillon d'ADN (les acides nucléiques extraits) doit être analysé en effectuant un test PCR ou un test PCR quantitatif (qPCR), qui permet d'amplifier (copier) certains segments de l'ADN de *Fusarium* TR4 (s'il est présent) à l'aide de marqueurs moléculaires spécifiques (amorces). Il existe plusieurs marqueurs moléculaires et il est conseillé d'utiliser au moins deux séries de marqueurs moléculaires indépendants pour éviter les faux positifs. Pour effectuer les premiers rapports, il est conseillé de suivre les trois étapes suivantes: i) tests moléculaires, ii) séquençage du génome complet ou test GCV, et iii) test de pathogénicité (voir figure 11).

Les points ci-après décrivent en détail les étapes qui permettent d'effectuer l'identification moléculaire, depuis l'extraction de l'ADN jusqu'au séquençage.

Figure 11: Principales étapes du diagnostic de *Fusarium* TR4 en laboratoire



Source: Présentation réalisée par les auteurs

a) **Extraction de l'ADN:** L'ADN génomique peut être extrait à l'aide de kits disponibles dans le commerce ou en appliquant le protocole de Cenis (Cenis, 1992) ou en utilisant du bromure de cetyltriméthylammonium (CTAB) (Kalendar *et al.*, 2021). Lors de l'identification moléculaire, les isolats peuvent être cultivés dans un milieu liquide ou solide. Afin de garantir la fiabilité des résultats de l'identification moléculaire, il est essentiel de disposer d'un ADN de bonne qualité.

b) **Marqueurs moléculaires:**

- ◆ Dita *et al.* (2010) ont développé un outil de diagnostic utilisant le test PCR pour détecter les isolats du GCV 01213 (*Fusarium* TR4). Un ensemble d'amorces a été conçu pour la région de l'espaceur intergénique du ribosomal nucléaire (IGS ADN_r). Le kit disponible dans le commerce pour *Fusarium* TR4 qui a été mis au point est basé sur ces amorces et contient une procédure d'utilisation standard pour les comparaisons aux niveaux national et international. Le kit a été modifié afin de le rendre plus spécifique.
- ◆ Li *et al.* (2013) ont mis au point un ensemble d'amorces spécifiques au GCV 01213/16, une amorce directe (GCV 01213/16 F1) et une amorce antisens (GCV 01213/16 R2), qui ont été conçues pour générer un amplicon unique de 455 pb afin de détecter les isolats de *Fusarium* TR4 (GCV 01213/16).
- ◆ Aguayo *et al.* (2017) ont mis au point un test PCR en temps réel spécifique à *Fusarium* TR4 qui peut détecter simultanément le GCV 01213/16 et le GCV 0121. Ce test est très utile car le GCV 0121 s'est avéré génétiquement très proche du GCV 01213/16.
- ◆ Carvalhais *et al.* (2019) ont conçu un test de diagnostic moléculaire basé sur les *Foc* sécrétés dans les gènes du xylème. Ces gènes contiennent des polymorphismes (deux ou plusieurs variantes d'une séquence d'ADN spécifique) qui permettent de distinguer les races et les GCV pertinents de *Foc*. La méthode permet de détecter la race 1, la STR4, la TR4 de *Fusarium* et les GCV (0121 et 0122) responsables du flétrissement fusarien du bananier.
- ◆ Un test d'amplification isotherme médiée par les boucles par fluorescence en temps réel (test RealAmp) a été mis au point pour détecter rapidement et quantitativement *Fusarium*

dans de la terre. Aucune réaction croisée avec d'autres pathogènes apparentés n'a été observée. Le test RealAmp est visuel, grâce à un système amélioré de détection visuelle en tube fermé. Cette méthode peut potentiellement être utilisée sur le terrain pour détecter et surveiller *Fusarium* TR4 (Zhang *et al.*, 2013b). De même, Ordóñez *et al.* (2019) ont mis au point un test LAMP qui peut être appliqué sur le terrain et en laboratoire pour détecter la présence de *Fusarium* TR4 sur des plants. Ce test s'est avéré très efficace pour identifier *Fusarium* TR4 dans des plants de bananier infectés.

c) **Séquençage et analyse phylogénétique:** Les séquences générées par les produits PCR purifiés doivent être analysées. Les séquences sont assemblées et éditées manuellement à l'aide d'un logiciel d'édition de séquences. Les séquences assemblées sont ensuite analysées grâce à une méthode d'alignement des séquences à l'aide de l'outil de recherche Blastn en effectuant une comparaison avec les séquences disponibles dans la base de données GenBank. La confirmation de *Fusarium* TR4 peut être comparée à toutes les séquences de la TR4 présentes dans les bases de données publiques. De même, des bases de données internes peuvent être constituées à partir de séquences de races connues ou confirmées par les GCV. L'analyse phylogénétique des données de séquençage obtenues peut être basée sur l'inférence bayésienne (IB), le maximum de vraisemblance (MV) et le maximum de parcimonie (MP).

2.6.6 Test de pathogénicité




Des tests de pathogénicité avec des *Fusarium* spp. isolés doivent être effectués sur le bon cultivar de banane pour déterminer le type de race en cause, conformément aux postulats de Koch requis par le système de diagnostic. Les symptômes constatés sur le pseudo-tronc sont enregistrés sous forme de notes qualitatives ou, idéalement, de manière quantitative (pourcentage de tissus de la tige souterraine bulbeuse affectés), et les résultats doivent faire l'objet d'un traitement statistique. Garcia-Bastidas *et al.* (2019b) ont proposé une méthode qui permet l'inoculation de 250 plants par heure par une seule personne, ce qui facilite le phénotypage de vastes populations.

2.6.7 Groupes de compatibilité végétative (GCV) de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense*

Fusarium oxysporum f. sp. *ubense* (*Foc*) se caractérise également par des groupes de compatibilité végétative (GCV). Les souches compatibles avec les GCV peuvent s'anastomoser, former un hétérocaryon stable et partager du matériel génétique (Fraser-Smith *et al.*, 2014). Les GCV sont donc des unités évolutives pertinentes qui sont génétiquement apparentées. À ce jour, 24 GCV de *Foc* ont été décrits à travers le monde (Aguayo *et al.*, 2017). Alors que les races 1, 4 et STR4

de *Foc* comprennent plusieurs GCV, *Fusarium* TR4 est décrit comme un clone qui correspond uniquement au GCV 01213/16 (Groenewald *et al.*, 2006; Ordonez *et al.*, 2015), qui est hautement agressif pour les bananes Cavendish des régions tropicales (Li *et al.*, 2013). Actuellement, les analyses lourdes visant les GCV sont généralement évitées et remplacées par des analyses de la séquence du génome.

2.6.8 Ressources utiles pour aider les ONPV à établir le diagnostic de *Fusarium* TR4

	<p>Technical Manual: Prevention and diagnosis of Fusarium Wilt (Panama disease) of banana caused by <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>ubense</i> Tropical Race 4 (TR4) (Pérez-Vicente <i>et al.</i>, 2014) (en anglais). www.fao.org/publications/card/en/c/16426431-e2d6-499d-b1d9-530fa4fbc4dd</p>
	<p>Guía andina para el diagnóstico de <i>Fusarium</i> raza 4 tropical (García-Bastidas <i>et al.</i>, 2020) (en espagnol). https://bit.ly/3qhljQc</p>
	<p>Protocolo de diagnóstico: <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>ubense</i> Raza 4 Tropical (SENASICA, 2021) (en espagnol). https://bit.ly/3x6bliS</p>



2.7 SURVEILLANCE: PROSPECTIONS DE REPÉRAGE POUR DÉTERMINER LA SITUATION DE FUSARIUM TR4 (PRÉSENCE OU ABSENCE)

Les systèmes nationaux de surveillance peuvent être généraux ou spécifiques et nécessitent la mise en place de programmes et d'infrastructures pour garantir l'efficacité du système. La surveillance générale consiste à recueillir des informations auprès de différentes sources. La surveillance spécifique porte sur les données relatives à un organisme nuisible collectées par l'ONPV ou des entités agréées par le biais de prospections menées au cours d'une période définie afin de déterminer la situation de l'organisme nuisible concerné, la délimitation de la zone considérée comme infestée par l'organisme nuisible et les caractéristiques de ce dernier (NIMP n° 6, 2018). À partir des résultats obtenus grâce aux activités de surveillance, l'ONPV peut déterminer la situation de l'organisme nuisible dans la zone conformément aux descriptions proposées


dans la NIMP n° 8 (*Détermination de la situation d'un organisme nuisible dans une zone*).

Dans les pays où *Fusarium* TR4 est absent, la surveillance à des fins de détection précoce est généralement réalisée au moyen de prospections de repérage. Néanmoins, la détection précoce de *Fusarium* TR4 est difficile, car les symptômes de la maladie se manifestent après une période d'incubation, et il n'existe aucun moyen pratique et efficace de détecter les plants infectés avant l'apparition des symptômes (voir la section 1.2.3 Épidémiologie). De même, il n'existe aucun moyen pratique de détecter les chlamydospores ou les conidies de *Fusarium* TR4 dans la terre, les plants en bonne santé ou l'environnement. Les protocoles de surveillance pour la détection de *Fusarium* TR4 doivent prendre en compte les éléments suivants:

- ◆ Les fonctionnaires de l'ONPV ou les entités agréées doivent être chargés de la surveillance de *Fusarium* TR4.

	<p>La NIMP n° 6 fournit des directives pour la mise en œuvre du processus de surveillance. www.ippc.int/fr/publications/615</p>
	<p><i>Guide sur la surveillance</i> de la CIPV aide les ONPV à comprendre les principales exigences des programmes de surveillance. https://doi.org/10.4060/cb7139fr</p>

- ◆ Tout protocole de surveillance de Fusarium TR4 doit comporter des procédures visant à éviter toute dissémination potentielle pendant la prospection ou le transport des échantillons.
- ◆ Les zones agricoles du sous-groupe Cavendish, qui est résistant aux races 1 et 3 de *Foc*, pourraient être prioritaires pour la surveillance, car les symptômes de la fusariose du bananier sur les bananes Cavendish peuvent laisser supposer la présence de Fusarium TR4.
- ◆ Des prospections de repérage peuvent être menées et classées par ordre de priorité en fonction des zones à haut risque et des alertes émises par les parties prenantes.
- ◆ Le personnel chargé des prospections de repérage doit recenser les plants de bananier suspects (y compris les autres espèces et les différents cultivars ou variétés appartenant au genre *Musa*) en recherchant les symptômes externes ou les signes de Fusarium TR4 (voir les symptômes externes présentés à la section 1.2.3).
- ◆ Lorsque des symptômes ou des signes externes de la maladie sont observés sur des plants de bananier, le personnel chargé de la prospection doit vérifier la présence de symptômes internes ou de signes associés, tels qu'une décoloration jaune, rougeâtre ou brun-noir du pseudo-tronc ou du tissu vasculaire de la tige souterraine bulbeuse (voir les symptômes internes présentés à la section 1.2.3).
- ◆ Après avoir vérifié la présence de symptômes externes et/ou internes, le personnel chargé des prospections de repérage doit prélever un échantillon selon la procédure décrite à la section 2.6.1. Dans le même temps, l'ONPV doit mettre en place un protocole d'urgence.
- ◆ Les plants présentant des symptômes de la fusariose du bananier doivent être marqués et les coordonnées GPS doivent être consignées.
- ◆ Pendant que le laboratoire agréé analyse l'échantillon, l'ONPV doit avertir le propriétaire de l'exploitation et lui indiquer les mesures à prendre pour empêcher la dissémination de Fusarium TR4.
- ◆ Le personnel chargé des prospections de repérage doit avoir reçu la formation nécessaire pour reconnaître les symptômes causés par Fusarium TR4 sur les bananiers et les différencier de ceux causés par des organismes nuisibles tels que *Ralstonia* et *Xanthomonas*.

	<p>Les ONPV peuvent autoriser des entités à mener des actions phytosanitaires telles que la surveillance. Dans de tels cas, il convient de se référer à la NIMP n° 45 (<i>Exigences applicables aux organisations nationales de la protection des végétaux autorisant des entités à mener des actions phytosanitaires</i>). www.ippc.int/fr/publications/89734</p>
---	---

2.8 PRÉPARATION DU PLAN D'URGENCE


Le plan d'urgence pour Fusarium TR4 doit déterminer la base technique ainsi que les mesures et les procédures d'intervention en cas d'apparition d'un foyer de Fusarium TR4, et doit aussi déterminer les rôles et les responsabilités

des autorités et des parties prenantes. La mise en œuvre du plan d'urgence doit être soutenue par un cadre juridique approprié et la mise en place de capacités opérationnelles. Lorsqu'elle prépare le plan d'urgence pour Fusarium TR4, l'ONPV peut y inclure les informations suivantes:



- ◆ Envisager la mise en œuvre des activités de prévention et de préparation mentionnées dans le présent document et d'autres activités, le cas échéant.
 - ◆ Créer un comité national chargé de coordonner les interventions face aux apparitions de foyers. Le comité doit comporter des représentants des autorités et des parties prenantes concernées. La coordination avec les parties prenantes est essentielle pour garantir une intervention rapide et efficace face à l'apparition de foyers.
 - ◆ Décrire en détail les mesures et les procédures à suivre pour assurer la surveillance phytosanitaire de Fusarium TR4, notamment les procédures et les outils nécessaires pour mener les prospections de repérage et de délimitation. De même, il convient de préciser la marche à suivre pour traiter, conserver et communiquer aux acteurs concernés les informations relatives à la surveillance.
 - ◆ Déterminer les zones géographiques où le risque de Fusarium TR4 est le plus élevé. Pour ce faire, il peut être nécessaire de cartographier les zones de production bananière et d'indiquer les risques d'inondation, les canaux et les itinéraires logistiques susceptibles de faciliter la dissémination de Fusarium TR4.
 - ◆ Établir des canaux de communication (téléphone, courriel, etc.) pour permettre aux producteurs de bananes de signaler à l'ONPV la présence de plants de bananier suspects dans le champ où des symptômes de Fusarium TR4 ont été observés. Il est donc essentiel d'apprendre aux producteurs de bananes à reconnaître les symptômes.
 - ◆ Indiquer au personnel de l'ONPV et aux agriculteurs la marche à suivre lorsqu'un plant de bananier suspect est détecté:
 - établir des procédures afin de marquer le plant de bananier suspect,
 - consigner les informations nécessaires pour éviter le déplacement de plants de bananier suspects – ou leurs parties – dans la zone environnante,
 - établir des mesures pour réglementer l'entrée et la sortie de la zone soupçonnée d'être contaminée par Fusarium TR4,
 - déterminer les mesures de prévention à mettre en œuvre pendant que le laboratoire agréé diagnostique l'échantillon.
 - ◆ Définir la méthodologie et tous les outils nécessaires à l'échantillonnage, en tenant compte des mesures visant à éviter la dissémination de Fusarium TR4.
 - ◆ Décrire le protocole et les techniques de diagnostic adoptés, en détaillant l'ensemble du matériel et des procédures nécessaires.
 - ◆ Examiner l'ensemble des mesures et procédures administratives, opérationnelles et juridiques nécessaires pour intervenir en cas d'apparition d'un foyer de Fusarium TR4 et pour déclarer l'état d'urgence phytosanitaire.
 - ◆ Déterminer les rôles et responsabilités de chaque acteur impliqué dans le processus d'intervention, en créant un organigramme pour la mise en œuvre de l'intervention et la communication de l'information.
 - ◆ Réfléchir aux activités de communication à mettre en œuvre pour faire connaître l'ensemble des actions d'urgence.
 - ◆ Prévoir des formations à l'intention du personnel de l'ONPV, des agriculteurs et des autres parties prenantes concernées.
- Le Secrétariat de la CIPV prépare actuellement un guide sur la planification des mesures d'urgence contre les organismes de quarantaine, qui en définit les principales composantes et fournit des conseils sur la façon dont les ONPV, en collaboration avec les parties prenantes concernées, peuvent organiser et allouer efficacement leurs ressources pour intervenir en cas d'apparition d'un foyer d'organisme nuisible. Le guide présente les critères concernant l'établissement et le maintien de zones exemptes, le signalement des foyers et le rétablissement. Il comprend également huit études de cas provenant des quatre coins du monde qui présentent divers aspects de la planification des mesures d'urgence en cas d'apparition d'organismes de quarantaine (FAO, 2023).
- La FAO a élaboré une Stratégie régionale pour la préparation, la prévention, la détection, l'intervention et le rétablissement face à Fusarium TR4 en Amérique latine et dans les Caraïbes, accompagnée d'un Plan d'action régional intitulé *Renforcer les capacités régionales en matière de surveillance, de prévention et de gestion en cas de dissémination de la race 4 de Fusarium oxysporum f. sp. cubense (Foc TR4)*. Le Programme régional de coopération technique de la FAO soutient le Plan d'action ainsi que les travaux des organisations régionales de la protection des végétaux (ORPV) d'Amérique latine et des Caraïbes, des ONPV des pays qui cultivent des musacées dans la région et du Groupe interaméricain de coordination de la protection des végétaux (GICSV).

La Stratégie vise à renforcer la coordination et à canaliser les efforts, les actions et les bonnes pratiques pour favoriser la compréhension et la réduction des risques, renforcer la gestion des urgences phytosanitaires en Amérique latine et dans les Caraïbes, accroître la résilience du secteur de la banane et de l'agriculture et réduire les préjudices et les pertes dus à l'introduction et à la dissémination de cet organisme nuisible majeur.

La Stratégie tient compte du Cadre stratégique de la FAO 2022-2031 (FAO, 2021), des priorités du Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030 (UNISDR, 2015) et de la Stratégie régionale pour la gestion des risques de catastrophes dans le secteur agricole et la sécurité alimentaire et nutritionnelle en Amérique latine et dans les Caraïbes (2018-2030) adoptée par la Communauté des États d'Amérique latine et des Caraïbes (CELAC) (CELAC, 2018), ainsi que des NIMP pertinentes.

	<p>Stratégie régionale pour la préparation, la prévention, la détection, l'intervention et le rétablissement face à <i>Fusarium</i> TR4 en Amérique latine et dans les Caraïbes (en anglais et en espagnol).</p> <p>www.fao.org/documents/card/fr?details=cb8674es</p>
---	--


Certaines régions et certains pays ont élaboré des plans d'urgence qui peuvent servir de référence:

	<p>L'ORPV pour l'Amérique centrale, l'OIRSA, a publié un plan d'urgence régional pour faire face à l'apparition de foyers de <i>Fusarium</i> TR4 (en espagnol).</p> <p>https://bit.ly/3QjdxQo</p>
	<p>L'ONPV de l'Équateur a élaboré un plan d'urgence national contre <i>Fusarium</i> TR4 qui comprend une description complète de la méthodologie à appliquer pour le prélèvement et la gestion des échantillons (en espagnol).</p> <p>https://bit.ly/3QpSVpB</p>

2.9 EXERCICES DE SIMULATION

Le Groupe ad hoc de l'Organisation mondiale de la santé animale (OMSA) sur les urgences vétérinaires définit les exercices de simulation comme une activité encadrée consistant à simuler une situation qui pourrait se produire dans la réalité, et ce à des fins de formation, d'évaluation des capacités et de mise à l'épreuve des plans, procédures et mécanismes d'intervention en cas d'apparition de foyers et de situations d'urgence. En

outre, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) (2017) a décrit le concept d'exercice de simulation comme une forme de pratique, de suivi ou d'évaluation des capacités des systèmes d'intervention d'urgence. Les exercices de simulation sont pratiqués dans divers domaines, par exemple l'agriculture, la santé, l'éducation et la sécurité (OPS, 2011; OMS, 2017). Les enseignements tirés d'un exercice de simulation peuvent conduire à la révision ou à l'amélioration des plans d'intervention existants.

	<p>La FAO et l'OIRSA ont mené des exercices de simulation pour <i>Fusarium</i> TR4 au Belize, au Costa Rica, en Équateur, au Honduras, au Salvador, au Guatemala, au Nicaragua et au Panama. L'exercice de simulation réalisé au Nicaragua est documenté dans une vidéo où l'ONPV (<i>Instituto de Protección y Sanidad Agropecuaria</i> [IPSA]) présente l'expérience:</p> <p>https://youtu.be/Ee2ORlkzog</p>
---	--

La FAO et l'OIRSA ont prévu de publier un protocole pour la réalisation d'exercices de simulation. Pour toute demande d'information, écrire à svegetal@oirsa.org.

Les organismes et auteurs ci-après fournissent des directives pour la préparation et la mise en œuvre des exercices de simulation: Australian Institute for Disaster Resilience (2012); Commission européenne de lutte contre la fièvre aphteuse (EuFMD) (2020); OIE (2021); Murphy *et al.* (2012); OMS (2017); OPS (2011); PLANTPLAN (2022); USDA-APHIS (2010).




2.10 COMMUNICATION ET PARTAGE DE L'INFORMATION AVEC LES PARTIES PRENANTES

Il est essentiel de mettre en place un programme de sensibilisation à l'intention de l'ensemble des parties prenantes afin de prévenir l'introduction et la dissémination de Fusarium TR4. Lorsque les parties prenantes disposent des informations nécessaires, elles peuvent contribuer à la surveillance, au signalement et à la gestion de l'organisme nuisible. Le plan de communication doit livrer des informations sur les «systèmes d'alerte précoce» et les exercices de simulation peuvent sensibiliser aux risques liés à Fusarium TR4.

En l'absence de Fusarium TR4, l'ONPV peut avoir besoin de communiquer aux parties prenantes des informations, notamment pour:

- ◆ sensibiliser davantage aux risques posés par Fusarium TR4 pour les bananes;
- ◆ expliquer les mesures destinées à prévenir l'introduction et la dissémination de Fusarium TR4;
- ◆ fournir des informations sur la façon de reconnaître la maladie sur le terrain et sur les mesures à prendre lorsque la maladie est détectée;
- ◆ informer sur l'objectif des programmes de surveillance de Fusarium TR4;
- ◆ informer sur les mesures d'enrayement lorsque des symptômes de la maladie ont été détectés;
- ◆ informer sur les mesures de quarantaine lorsque la présence de Fusarium TR4 est confirmée par le laboratoire agréé;
- ◆ demander aux agriculteurs et aux parties prenantes de signaler tout cas suspect de symptômes de Fusarium TR4 sur les bananiers.

Plusieurs ressources sont disponibles en ligne pour aider les ONPV à concevoir des matériels de communication spécifiques:

	<p>Le Forum mondial de la banane a créé en 2020 le Réseau mondial sur la TR4, une plateforme qui permet de partager des ressources écrites et audiovisuelles, d'organiser des séminaires en ligne et de coordonner les initiatives menées à travers le monde.</p> <p>www.fao.org/tr4gn/en</p>
	<p>Le <i>Guide de la CIPV sur la communication du risque phytosanitaire</i> fournit des conseils aux ONPV sur la communication avec les parties prenantes au sujet des risques phytosanitaires.</p> <p>www.fao.org/documents/card/en/c/CA3997FR</p>
	<p>Le <i>Guide de la CIPV sur la gestion des relations avec les parties prenantes</i> explique comment préparer et mettre en œuvre des campagnes de sensibilisation et élaborer du matériel de vulgarisation.</p> <p>www.fao.org/documents/card/fr/c/CA6383FR</p>
<p>De nombreuses organisations ont créé des sites web dédiés et publié des vidéos et du matériel de communication sur Fusarium TR4 à l'intention du grand public. Voir Appendice 1.</p>	

3. Mise en œuvre du plan d'intervention: lorsque l'organisme nuisible est présent (officiellement détecté et confirmé)

Une fois que la présence de *Fusarium* TR4 est officiellement détectée et confirmée, un plan d'intervention doit être mis en œuvre immédiatement, et les activités de prévention et de préparation doivent être maintenues et renforcées. À partir des résultats de la surveillance, l'ONPV peut déterminer la situation de l'organisme nuisible dans la zone conformément aux descriptions proposées dans la NIMP n° 8 (*Détermination de la situation d'un organisme nuisible dans une zone*).

Il est impossible d'éradiquer complètement *Fusarium* TR4 en raison de sa capacité à survivre durablement dans le sol. Par conséquent, le plan d'intervention vise essentiellement à confiner et à limiter la dissémination du pathogène. L'intervention doit comporter les actions suivantes:

- ◆ renforcer l'ensemble des mesures de prévention nécessaires pour protéger les exploitations agricoles contre l'introduction et la dissémination de *Fusarium* TR4 (voir section 2).
- ◆ effectuer des prospections de délimitation pour établir les limites de la zone affectée (voir section 3.1)
- ◆ zonage (zones de destruction, zones sales et zones propres) (voir section 3.2)
- ◆ appliquer des mesures phytosanitaires pour enrayer *Fusarium* TR4 dans la zone affectée (voir section 3.3)
- ◆ appliquer aux plants infectés par *Fusarium* TR4 et aux plants présentant des risques associés des mesures de destruction sans danger (voir section 3.4)
- ◆ communiquer les risques et les mesures aux parties prenantes, en respectant les obligations nationales en matière de communication d'informations au titre de la CIPV, notamment les obligations relatives aux «signalements d'organismes nuisibles» et aux «actions d'urgence», et en communiquant les informations relatives à l'apparition du foyer au Secrétariat de la CIPV et aux autres organismes concernés (voir section 3.5)

3.1 SURVEILLANCE: PROSPECTIONS DE DÉLIMITATION ET DE SUIVI

Lorsque la présence de *Fusarium* TR4 est officiellement confirmée dans un lieu spécifique, une prospection de délimitation doit être effectuée pour établir les limites de la zone infestée. La prospection de délimitation permet de:

- ◆ rassembler des informations pour déterminer l'incidence et la répartition et la vitesse de dissémination de *Fusarium* TR4, ainsi que les facteurs environnementaux ou autres qui y contribuent (estimation);
- ◆ recenser le plus grand nombre possible de sites infectés afin de mettre en place des mesures de lutte et de confinement des nouveaux cas (ciblage);
- ◆ définir les «zones de destruction», les «zones sales» et les «zones propres»;
- ◆ établir les zones de quarantaine.

D'après la NIMP n° 6, «si l'objectif de la surveillance est de délimiter un foyer, on devrait se concentrer, pour la sélection de la zone, sur les environs immédiats de la zone reconnue infestée et sur les sites du même type d'habitat». Pour ce faire, on pourra effectuer une cartographie aérienne à l'aide de petits avions ou de drones. À partir des résultats de la surveillance, l'ONPV peut déterminer la situation de l'organisme nuisible dans la zone conformément aux descriptions proposées dans la NIMP n° 8 (*Détermination de la situation d'un organisme nuisible dans une zone*).

Tous les lieux de production doivent être pris en compte lors de la prospection, qu'il s'agisse des pépinières, des petites exploitations ou des grandes plantations. Des questionnaires doivent être utilisés pour obtenir des informations sur l'emplacement des sites de production, l'origine du matériel végétal, les déplacements de matériel végétal et de produits végétaux, les déplacements de matériel et de la

main-d'œuvre, et les conditions météorologiques pendant la période de végétation, ainsi que toute autre information permettant de délimiter l'étendue de la dissémination.

La NIMP n° 6 précise que la prospection de suivi permet de vérifier les caractéristiques d'une population d'organismes nuisibles. Afin de mettre au point une stratégie efficace de suivi de *Fusarium TR4*, il importe de comprendre quand, où et comment *Fusarium TR4* est susceptible d'apparaître. À cette fin, les données épidémiologiques sur la dynamique des maladies, basées sur des modèles de surveillance utilisant des statistiques, peuvent s'avérer utiles. Ces données précises peuvent également être utilisées pour mettre au point des approches innovantes et efficaces de confinement et de lutte contre *Fusarium TR4* dans de nouvelles zones.

3.2 ZONAGE (ZONES DE DESTRUCTION, ZONES SALES ET ZONES PROPRES)

Types de zones établies et délimitées grâce à la prospection menée dans une zone affectée:

- a) *Zones de destruction*: terres où poussent des plants de bananier présentant des symptômes et qui présentent un risque lié à *Fusarium TR4*. Tous les plants situés dans ces zones doivent être détruits (après que la présence de *Fusarium TR4* a été officiellement confirmée). L'accès à ces zones n'est autorisé qu'après notification à un fonctionnaire habilité.
- b) *Zones sales*: terres adjacentes à la « zone de destruction » où sont menées des activités agricoles et qui sont exposées à un risque de contamination par un pathogène. Les zones sales doivent être signalées, clôturées ou entourées par des barrières naturelles afin d'empêcher l'accès aux zones propres et aux terres n'ayant pas fait l'objet d'un signalement.
- c) *Zones propres*: terres adjacentes à une « zone sale ». Ces zones se caractérisent par le fait qu'elles ne sont pas contaminées par le pathogène ou qu'aucun symptôme n'a été observé sur les plants. Ces zones sont utilisées comme des couloirs propres qui permettent de s'assurer que la circulation dans l'exploitation demeure limitée aux zones sales. Les zones propres comprennent des routes d'accès propres qui permettent au public d'accéder aux terres affectées. Les zones propres doivent être signalées, clôturées ou entourées par des barrières naturelles afin d'empêcher l'accès aux zones sales.

3.3 MESURES PHYTOSANITAIRES VISANT À ENRAYER FUSARIUM TR4 DANS UNE ZONE AFFECTÉE

Aucun produit chimique ou biologique n'a prouvé son efficacité pour supprimer ou éradiquer *Fusarium TR4* dans le sol ou sur les plants de bananier. Les mesures de lutte chimique contre *Fusarium TR4* dans les pays où le pathogène a été signalé se sont révélées inefficaces, et le pathogène a continué à se répandre, probablement à la suite du déplacement de plants infectés destinés à la plantation (Dita *et al.*, 2018). La première mesure d'intervention consiste à enrayer *Fusarium TR4* dans les zones affectées et à retarder sa dissémination. Pour ce faire, il est essentiel de réaliser une détection précoce et de détruire rapidement les plants affectés.

L'enrayement de *Fusarium TR4* est un processus complexe car il est difficile de contrôler toutes les filières de dissémination des pathogènes. Un tel contrôle implique de prendre en compte les différentes zones établies lors de la prospection de délimitation: la zone de destruction, la zone sale et la zone propre. Les mesures phytosanitaires destinées à lutter contre les apparitions de foyers de *Fusarium TR4* peuvent inclure plusieurs actions, comme la limitation des déplacements de personnes, de végétaux et de matériel dans la zone affectée, laquelle doit être placée en quarantaine. Les investissements au niveau des exploitations et les investissements conjoints dans le cadre d'investissements publics hors exploitation sont importants pour mettre en place des points de contrôle et des installations de désinfection des véhicules, des conteneurs et des visiteurs sur les routes d'accès ou aux points d'entrée (frontières, ports, aéroports). On trouvera ci-après quelques exemples de mesures d'enrayement:

- ◆ contrôler les points d'entrée et de sortie des zones affectées (voir section 3.2);
- ◆ détruire les plants affectés et les plants avoisinants (voir sections 3.4.1 et 3.4.2);
- ◆ interdire le déplacement de matériel végétal;
- ◆ réglementer les pratiques agricoles, par exemple l'irrigation.

Il importe de noter que les mesures d'enrayement de *Fusarium TR4* contribuent à retarder la dissémination du foyer vers de nouveaux territoires. Néanmoins, lorsque *Fusarium TR4* est présent, il convient d'élaborer et de mettre en œuvre un plan de gestion de la maladie afin de mieux s'en accommoder. D'après le programme du Groupe consultatif pour la recherche

agricole internationale (CGIAR) sur les racines, les tubercules et les bananes, les stratégies de gestion à long terme comprennent des variétés résistantes à *Fusarium TR4* acceptées par les consommateurs, des pratiques de gestion de la santé des sols, ainsi que des pratiques agronomiques et culturales.

3.4 DESTRUCTION SANS DANGER DES PLANTS INFECTÉS PAR *FUSARIUM TR4* ET DES PLANTS PRÉSENTANT DES RISQUES ASSOCIÉS

Lorsque *Fusarium TR4* est détecté dans du matériel végétal, celui-ci doit être immédiatement détruit. Si le pathogène est détecté dans un champ, tous les plants de bananier présents dans le champ doivent être détruits afin de réduire au minimum la dispersion de l'inoculum. La destruction des plants doit s'effectuer conformément aux procédures officielles établies par l'ONPV, en définissant l'ampleur de la zone à détruire.

Le plan d'urgence établi par l'OIRSA recommande de détruire tous les plants situés jusqu'à 7,5 m du plant infecté. Néanmoins, pour déterminer la surface de la zone à détruire, il convient d'effectuer une analyse au cas par cas en s'appuyant sur des données scientifiques et en tenant compte de la législation. Il faut prendre en compte la taille de l'exploitation, le nombre de plants infectés, le fait que certains plants peuvent se chevaucher, les caractéristiques du site et les éventuels conflits entre les droits d'un individu et l'intérêt général.

3.4.1 Considérations générales sur la destruction des plants

Les autorités de l'État du Queensland (2016) exigent que tous les plants de bananier susceptibles d'être contaminés par *Fusarium TR4* soient détruits en appliquant les mesures suivantes:

- ◆ L'accès à la zone de destruction doit être limité aux seules personnes chargées des activités de destruction ou de l'entretien de la zone de destruction prévues par l'ordre de destruction.
- ◆ Avant de procéder à la destruction, un fonctionnaire habilité (de l'ONPV) doit être informé de toutes les activités de destruction prévues.
- ◆ Des registres des activités de destruction doivent être établis, conservés et mis à la disposition d'un fonctionnaire habilité de l'ONPV sur demande.
- ◆ Il est essentiel de maintenir à l'intérieur de la zone de destruction les outils agricoles, le matériel, les chaussures (y compris les bottes), les véhicules ou

tout autre article pouvant présenter un risque. Il faut éviter de sortir ces outils de la zone sans les avoir nettoyés et décontaminés avec des désinfectants efficaces contre les propagules de *Fusarium TR4*.

- ◆ Tous les produits chimiques agricoles doivent être homologués et réglementés par l'autorité nationale compétente et être utilisés conformément aux instructions figurant sur l'étiquette approuvée.
- ◆ Dès que les résultats du rapport de diagnostic confirment la présence de *Fusarium TR4*, les producteurs de bananes (parties prenantes) doivent détruire tous les plants de bananier présents dans la zone de destruction, sous la supervision de l'ONPV.

3.4.2 Protocole de destruction

Les autorités de l'État du Queensland (2016) exigent que les plants de bananier flétris, coupés ou encore debout (jusqu'à 1 m de hauteur et au-delà) soient soumis au protocole suivant:

- i. couper le pseudo-tronc 10 cm au-dessus du point végétatif sans toucher à la terre;
- ii. couper le pseudo-tronc et les feuilles en morceaux de 60 à 80 cm;
- iii. placer tous les morceaux des plants de bananier infectés dans des sacs en plastique résistants;
- iv. placer 1 kg d'urée dans chaque sac, fermer les sacs hermétiquement et les laisser dans la zone de destruction;
- v. creuser la surface de chacune des tiges souterraines bulbueuses restantes afin de créer une cavité;
- vi. injecter dans chaque souche mère 5 ml d'une solution contenant 90 g de glyphosate par litre d'eau, conformément aux exigences prévues pour la destruction des plants de bananier;
- vii. injecter dans chaque souche mère 18 ml d'une solution contenant 200 ml d'une préparation à base d'imidaclopride contenant 350 g/l pour 100 ml d'eau, conformément aux exigences prévues pour la destruction des plants de bananier;
- viii. pulvériser sur chaque souche mère, et sur une surface de 30 cm autour de chaque souche mère, 500 à 750 ml (en fonction de la taille de la souche mère) d'une solution contenant 66 g de bifenthrine pour 100 ml d'eau, conformément aux exigences prévues pour la lutte contre le charançon du bananier dans les bananeraies qui présentent un risque pour la biosécurité lié à la race tropicale 4 de la maladie de Panama. Ne pas enlever les déchets qui se trouvent au pied des

- plants de bananier infectés avant l'application de la bifenthrine;
- ix. appliquer uniformément 200 g d'urée sur la surface du trou creusé dans chaque tige souterraine bulbeuse; et
 - x. appliquer de manière uniforme 1 kg d'urée par m² autour de chaque souche mère infectée.

Immédiatement après avoir appliqué chacune des mesures susmentionnées, les producteurs (parties prenantes) doivent recouvrir la zone de destruction, y compris les sacs contenant le matériel végétal de bananier, avec une bâche en plastique résistante et fixer la bâche de manière à ce qu'elle reste bien en place.

3.5 COMMUNICATION ET PARTAGE DE L'INFORMATION AVEC LES PARTIES PRENANTES

Lorsque la présence d'un organisme nuisible a été officiellement confirmée, il est essentiel de maintenir une communication suivie avec les parties prenantes. Avant la détection de *Fusarium* TR4, une équipe de communication spécialisée et un porte-parole de l'ONPV doivent être désignés pour élaborer un plan de communication.

La communication permet à l'ONPV et aux parties prenantes (agriculteurs, industrie et universités) d'échanger des informations sur les risques liés à *Fusarium* TR4, car ces acteurs peuvent avoir différentes perceptions et différents points de vue sur les risques et la façon de les gérer. Par conséquent, il est essentiel d'élaborer une stratégie de communication sur le risque phytosanitaire afin de parvenir à une compréhension commune des organismes nuisibles et d'élaborer une réglementation cohérente et des mesures phytosanitaires harmonisées qui permettent de réduire la dissémination des organismes nuisibles et leur impact socioéconomique, d'accroître la confiance des parties prenantes dans les systèmes de réglementation phytosanitaire et d'améliorer la prise de décision en matière de réglementation. Il convient d'élaborer un programme de sensibilisation qui explique aux parties prenantes comment reconnaître les symptômes de la maladie et la marche à suivre une fois que la maladie a été confirmée. Au niveau international, l'ONPV doit informer tous les organismes internationaux et nationaux concernés et remplir ses obligations nationales en matière de communication d'informations (ONC) au titre de la CIPV.



Pour de plus amples renseignements sur le signalement des organismes nuisibles, se référer à la NIMP n° 17 (*Signalement d'organismes nuisibles*).
www.fao.org/3/y4224f/y4224f.pdf

3.6 ÉTUDE DE CAS (PROGRAMME DE PRÉVENTION ET D'ENRAYEMENT DE FUSARIUM TR4 EN COLOMBIE)

L'ONPV de Colombie (Institut colombien de l'agriculture [ICA]) a signalé pour la première fois, en juin 2019, la présence de *Fusarium* TR4 dans le département de La Guajira, puis un deuxième foyer dans le département de Magdalena en 2021. L'ONPV a alors mis en place un programme de prévention et d'enrayement intitulé «De la théorie à l'action», qui comprend six grandes mesures et repose sur une gouvernance solide pour faire face à la menace posée par *Fusarium* TR4 en Colombie. Les principales activités du programme sont les suivantes:

- ◆ **Supervision du programme:** un poste de commandement unifié (PCU) a été créé à la demande du Président colombien et du Ministre de l'agriculture. Le poste de commandement a rassemblé des représentants des autorités agricoles nationales, des associations de producteurs de bananes, de l'armée et de la police, avec pour mission de coordonner les initiatives interinstitutionnelles destinées à enrayer *Fusarium* TR4 dans le département de La Guajira.
- ◆ **Coordination avec les parties prenantes:** ont participé au programme l'Association des agriculteurs colombiens (SAC), les associations locales de producteurs de bananes et d'autres acteurs des chaînes d'approvisionnement, de production, de commercialisation et de logistique.

3. MISE EN ŒUVRE DU PLAN D'INTERVENTION: LORSQUE L'ORGANISME NUISIBLE EST PRÉSENT (OFFICIELLEMENT DÉTECTÉ ET CONFIRMÉ)

- ◆ **Budget:** l'ONPV a consacré un budget spécifique à la lutte contre l'apparition des foyers de Fusarium TR4.
- ◆ **Autonomisation et mandat:** l'ONPV a dirigé les activités d'enrayement des foyers, a assumé la responsabilité de l'exécution du programme et a assuré le secrétariat technique du PCU.
- ◆ **Mise à profit des capacités nationales:** les activités ont été menées en mettant à profit les capacités de l'ONPV, de l'institution nationale de recherche de Colombie (AGROSAVIA), des établissements universitaires et d'autres institutions spécialisées dans le transfert de technologies agricoles. Ces institutions ont proposé des solutions durables fondées sur des données scientifiques et une communication appropriée sur la gestion des risques pour lutter contre Fusarium TR4.
- ◆ **Coopération et assistance technique:** des organisations reconnues et des experts mondiaux de Fusarium TR4 ont coopéré activement et ont fourni un soutien et une assistance technique durables.



Bibliographie

- Aguayo, J., Mostert, D., Fourrier-Jeandel, C., Cerf-Wendling, I., Hostachy B., Viljoen A. et loos R. 2017. Development of a hydrolysis probe-based real-time assay for the detection of tropical strains of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4. *PLoS ONE*, 12(2): 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171767>
- Australian Institute for Disaster Resilience. 2012. *Australian Disaster Resilience Handbook 3: Managing Exercises*. Australian Institute for Disaster Resilience CC BY-NC. <https://knowledge.aidr.org.au/resources/handbook-managing-exercises/>
- Baayen, R.P., O'Donnell, K., Bonants, P.J.M., Cigelnik, E., Kroon, L.P.N.M., Roebroek, E.J.A. et Waalwijk, C. 2000. Gene genealogies and AFLP analyses in the *Fusarium oxysporum* complex identify monophyletic and nonmonophyletic formae speciales causing wilt and rot disease. *The American Phytopathological Society*, 90: 891-900. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.8.891>
- Buddenhagen, I. Buddenhagen, I. (2009). Understanding strain diversity in *fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* and history of introduction of 'tropical race 4' to better manage banana production. *Acta Horticulturae*. 828, 193-204. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.828.19>
- Carvalhois, L.C., Henderson, J., Rincon-Florez, V.A., O'Dwyer, C., Czulowski, E., Aitken, E.A.B. et Drenth, A. 2019. Molecular Diagnostics of Banana Fusarium Wilt Targeting *Secreted-in-Xylem* Genes. *Frontiers in Plant Science*, 10: 547. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00547>
- Cenis, J. L. 1992. Rapid extraction of fungal DNA for PCR amplification. *Nucleic acids research*, 20(9), 2380. <https://doi.org/10.1093/nar/20.9.2380>
- Choi, Y.W., Hyde, K.D. et Ho, W.H. 1999. Single spore isolation of fungi. *Fungal diversity*, 3: 29-38. https://fungaldiversity.org/fdp/sfdp/FD_3_29-38.pdf
- Deltour, P., França, S.C., Pereira, O.L., Cardoso, I., De Neve, S., Debode, J. et Höfte, M. 2017. Disease suppressiveness to Fusarium wilt of banana in an agroforestry system: Influence of soil characteristics and plant community. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 239: 173-181. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.01.018>
- Dita, M., Barquero, M., Heck, D., Mizubuti, E.S.G. et Staver, C.P. 2018. Fusarium wilt of banana: Current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. *Frontiers in Plant Science*, 9: 1468. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>
- Dita, M.A., Waalwijk, C., Buddenhagen, I.W., Souza, M.T. et Kema, G.H.J. 2010. A molecular diagnostic for tropical race 4 of the banana fusarium wilt pathogen. *Plant Pathology*, 59: 348-357. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02221.x>
- Domínguez, J., Negrín, M.A. et Rodríguez, C.M. 2001. Aggregate water-stability, particle-size and soil solution properties in conducive and suppressive soils to Fusarium wilt of banana from Canary Islands (Spain). *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 449-455. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(00\)00184-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(00)00184-X)

Dong, X., Wang, M., Ling, N., Shen, Q. et Guo, S. 2016. Potential role of photosynthesis-related factors in banana metabolism and defense against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Environmental and Experimental Botany*, 129: 4-12. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.01.005>

Dong, X., Xiong, Y., Ling, N., Shin, Q. et Guo, S. 2014. Fusaric acid accelerates the senescence of leaf in banana when infected by *Fusarium*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30: 1399-1408. <https://doi.org/10.1007/s11274-013-1564-1>

EFSA (Autorité européenne de sécurité des aliments). 2008. Pest risk assessment made by France on *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* considered by France as harmful in French overseas departments of French Guiana, Guadeloupe, Martinique and Réunion - Scientific Opinion of the Panel on Plant Health. *EFSA Journal*, 6(3), 668. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.668>

État du Queensland. 2016. *Biosecurity Manual*. Ministère de l'agriculture et de la pêche. 72 pp. www.daf.qld.gov.au/_data/assets/pdf_file/0004/379138/qld-biosecurity-manual.pdf

État du Queensland. 2020. *Panama TR4 Program Response Strategy*. Biosecurity Queensland – Department of Agriculture and Fisheries. Version 1.0. 22 pp. www.publications.qld.gov.au/dataset/panama-disease-tropical-race-4-grower-kit/resource/25656956-bd05-4e23-9886-7f51f66462ee

EuFMD (Commission européenne de lutte contre la fièvre aphteuse). 2020. *Simulation exercises: participant roles and responsibilities, No. 4*. 10 pp. <https://eufmdlearning.works/mod/page/view.php?id=16867>

FAO. 2023. Contingency Planning Guide. A guide for developing contingency plans for outbreaks of quarantine pests. Publié par la FAO pour le compte du Secrétariat de la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV). www.ippc.int/fr/core-activities/capacity-development/guides-and-training-materials/

FAO. 2015. Gestion des relations avec les parties prenantes. Guide de gestion des relations avec les parties prenantes à l'intention des organisations nationales de la protection des végétaux. Publié par la FAO pour le compte du Secrétariat de la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV). www.ippc.int/fr/publications/90634/

FAO. 2019. Guide de la CIPV sur la communication du risque phytosanitaire. Guide à l'intention des organisations nationales de la protection des végétaux sur la communication avec les parties prenantes au sujet des risques phytosanitaires. Publié par la FAO pour le compte du Secrétariat de la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV). 58. www.fao.org/documents/card/en/c/CA3997FR

Fernández-Falcón, M., Borges, A. et Borges-Pérez, A. 2004. Response of Dwarf Cavendish banana plantlets to inoculation with races 1 and 4 of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* at different levels of Zn nutrition. *Fruits*, 59: 319-323. <https://doi.org/10.1051/fruits:2004030>

Fisher, N.L., Burgess, L.W., Toussoun, T.A. et Nelson, P.E. 1982. Carnation leaves as a substrate and for preserving cultures of *Fusarium* species. *Phytopathology*, 72: 151-153. <http://doi.org/10.1094/Phyto-72-151>

Fortunato, A.A., Rodrigues, F.Á., Baroni, J.C.P., Soares, G.C.B., Rodriguez, M.A.D. et Pereira, O.L. 2012a. Silicon suppresses *Fusarium* wilt development in banana Plants. *Journal of Phytopathology*, 160: 674-679. <https://doi.org/10.1111/jph.12005>

- Fortunato, A.A., Rodrigues, F.Á. et do Nascimento, K.J. 2012b. Physiological and biochemical aspects of the resistance of banana plants to *Fusarium* wilt potentiated by silicon. *Phytopathology*, 102: 957-966. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-12-0037-R>
- Fraser-Smith, S., Czislowski, E., Meldrum, R.A., Zander, M., O'Neill, W., Balali, G.R. et Aitken, E.A.B. 2014. Sequence variation in the putative effector gene *SIX8* facilitates molecular differentiation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Plant Pathology*, 63(5): 1044-1052. <https://doi.org/10.1111/ppa.12184>
- García-Bastidas, F.A., Pachacama-Gualotuña, S.F., Jarrín-Escudero, D.A., Iza-Arteaga, M.L., Ayala Vásquez, M., Ortiz, H.E., Dix Luna, O.J. et al. 2020. *Guía Andina para el diagnóstico de Fusarium Raza 4 Tropical (R4T) Fusarium oxysporum f.sp. cubense (syn. Fusarium odoratissimum) agente causal de la marchitez por Fusarium en musáceas (plátanos y bananos)*. Secrétariat général de la Communauté andine. 69 pp. <https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/202072181721Guia%20Andina%20Final.pdf>
- Gallo Lara, M. A. 2021. *Análisis del riesgo de introducción de Fusarium oxysporum f.sp. cubense Raza 4 Tropical (Foc R4T) plaga cuarentenaria para el Ecuador*. Universidad Técnica de Cotopaxi: Latacunga. 67 pp. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7695>
- García-Bastidas, F.A., Van der Veen, A.J.T., Nakasato-Tagami, G., Meijer, H.J.G., Arango-Isaza, R.E. et Kema, G.H.J. 2019. An Improved Phenotyping Protocol for Panama Disease in Banana. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1006. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01006>
- García-Bastidas, F.A., Quintero-Vargas, J.C., Ayala-Vasquez, M., Schermer, T., Seidl, M.F., Santos-Paiva, M., Noguera, A.M. et al. 2020. First report of *Fusarium* wilt tropical race 4 in Cavendish bananas caused by *Fusarium odoratissimum* in Colombia. *Plant Disease*. 104(3), 994-994. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-19-1922-PDN>
- Gullino, M.L., Fletcher, J. et Stack, J.P. 2008. Crop Biosecurity: Definitions and Role in Food Safety and Food Security. In: *Crop Biosecurity*. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Dordrecht (Pays-Bas), Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8476-8_1
- Groenewald, S., Van Den Berg, N., Marasas, W.F.O. et Viljoen, A. 2006. The application of high-throughput AFLP's in assessing genetic diversity in *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Mycological Research*, 110(3): 297-305. <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2005.10.004>
- Groupe scientifique de l'EFSA sur la santé des plantes (PLH), Bragard, C., Baptista, P., Chatzivassiliou, E., Di Serio, F., Gonthier, P., Miret, J.A.J, Fejer Justesen, A. et al. (2022). Pest categorisation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4. *EFSA Journal*, 20(1), 668. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7092>
- Hennessy, C., Walduck, G., Daly, A. et Padovan, A. 2005. Weed hosts of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in northern Australia. *Australasian Plant Pathology*, 34: 115-117. <https://doi.org/10.1071/AP04091>
- Kalendar, R., Boronnikova, S. et Seppänen, M. 2021. Isolation and purification of DNA from complicated biological samples. *Molecular Plant Taxonomy. Methods in Molecular Biology*, 2222: 57-67. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0997-2_3
- Kukulies, T. et Veivers, S. 2017. *Banana best management practices: on farm biosecurity*. AgriScience Queensland, Department of Agriculture and Fisheries, State of Queensland. www.publications.qld.gov.au/dataset/panama-disease-tropical-race-4-grower-kit/resource/9c68f652-831e-452c-a7e8-7516a84466c1

- Laurence, M.H., Summerell, B.A. et Liew, E.C.Y. 2015. *Fusarium oxysporum* f. sp. *canariensis*: evidence for horizontal gene transfer of putative pathogenicity genes. *Plant Pathology*, 64: 1068-1075. <https://doi.org/10.1111/ppa.12350>
- Leslie, J.F. et Summerell, B.A. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. <https://doi.org/10.1002/9780470278376>
- Li, C., Chen, S., Zuo, C., Sun, Q., Ye, Q., Yi, G. et Huang, B. 2011. The use of GFP-transformed isolates to study infection of banana with *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 4. *European Journal of Plant Pathology*, 131: 327-340. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9811-5>
- Li, C.Y., Mostert, G., Zuo, C.W., Beukes, I., Yang, Q.S., Sheng, O., Kuang, R.B. et al. 2013. Diversity and distribution of the Banana Wilt Pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in China. *Fungal Genomics & Biology*. 3: 111. <https://www.longdom.org/open-access/diversity-and-distribution-of-the-banana-wilt-pathogen-fusarium-oxysporum-f-sp-cubense-in-china-2165-8056.1000111.pdf>
- Lindsay, S.J. 2018. Fusarium Wilt Tropical Race 4—Biosecurity and Sustainable Solutions. *Hort Innovation*. Sydney (Australie). 39 pp. <http://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/6540/>
- Llauger, R., Peralta, E.L., López, V., López, D., Brunel, S. et Dusunceli, F. 2022. *Regional strategy and action plan for the prevention, preparedness, response and recovery of Latin America and the Caribbean to Fusarium wilt of Musaceae tropical race 4*. Panama City, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb8674en>
- Lombard, L., Sandoval-Denis, M., Lamprecht, S.C. et Crous, P.W. 2019. Epitypification of *Fusarium oxysporum* – clearing the taxonomic chaos. *Persoonia*, 43: 1-47. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.01>
- Lule, M., Dubois, T., Coyne, D., Kisitu, D., Kamusiime, H. et Bbemba, J. 2013. Trainer's manual. A Training Course for Banana Farmers Interested in Growing Tissue Culture Bananas. In: *International Institute of Tropical Agriculture*. <https://www.iita.org/iitadocument/trainers-manual-training-course-banana-farmers-interested-growing-tissue-culture-bananas/>
- Maryani, N., Lombard, L., Poerba, Y.S., Subandiyah, S., Crous, P.W. et Kema, G.H.J. 2019. Phylogeny and genetic diversity of the banana Fusarium wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in the Indonesian centre of origin. *Studies in Mycology*, 92: 155-194. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.06.003>
- Meldrum, R.A., Daly, A.M., Tran-Nguyen, L.T.T. et Aitken, E.A.B. 2013. Are banana weevil borers a vector in spreading *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in banana plantations? *Australasian Plant Pathology*, 42(5): 543-549. <https://doi.org/10.1007/s13313-013-0214-2>
- Mur, L.A.J., Simpson, C., Kumari, A., Gupta, A.K. et Gupta, K.J. 2016. Moving nitrogen to the centre of plant defence against pathogens. *Annals of Botany*, 119: 703-719. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw179>
- Murphy, J., Rutland, K., Dyson, J., Leck, A., Rundle, S., Greer, D., Dootson, P. et al. 2018. *Public information and warnings (Australian Disaster Resilience Handbook Collection, Handbook 16)*. Australian Disaster Resilience Handbook Collection. Australian Institute for Disaster Resilience (Australie). <https://eprints.qut.edu.au/215550/>
- Nasir, N., Pittaway, P.A. et Pegg, K.G. 2003. Effect of organic amendments and solarisation on Fusarium wilt in susceptible banana plantlets, transplanted into naturally infested soil. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54: 251-257. <http://era.daf.qld.gov.au/id/eprint/147/>

NIMP n° 2. 2019. *Cadre de l'analyse du risque phytosanitaire*. Rome, Secrétariat de la CIPV, FAO. Adoptée en 2007. www.ippc.int/fr/publications/592/

NIMP n° 5. *Glossaire des termes phytosanitaires*. Rome, Secrétariat de la CIPV, FAO. www.ippc.int/fr/publications/622/

NIMP n° 6. 2018. *Surveillance*. Rome, Secrétariat de la CIPV, FAO. www.ippc.int/fr/publications/615/

NIMP n° 8. 2021. *Détermination de la situation d'un organisme nuisible dans une zone*. Rome, Secrétariat de la CIPV, FAO. www.ippc.int/fr/publications/612/

NIMP n° 11. 2019. *Analyse du risque phytosanitaire pour les organismes de quarantaine*. Rome, Secrétariat de la CIPV, FAO. Adoptée en 2013. www.ippc.int/fr/publications/639/

NIMP n° 17. 2017. *Signalement d'organismes nuisibles*. Rome, Secrétariat de la CIPV, FAO. Adoptée en 2002. www.ippc.int/fr/publications/606/

NIMP n° 19. 2016. *Directives sur les listes d'organismes nuisibles réglementés*. Rome, Secrétariat de la CIPV, FAO. Adoptée en 2003. www.ippc.int/fr/publications/603/

NIMP n° 21. 2021. *Analyse du risque phytosanitaire pour les organismes réglementés non de quarantaine*. Rome, Secrétariat de la CIPV, FAO. Adoptée en 2004. www.ippc.int/fr/publications/601/

NIMP n° 45. 2021. *Exigences applicables aux ONPV autorisant des entités à mener des actions phytosanitaires*. Rome, Secrétariat de la CIPV, FAO. www.ippc.int/fr/publications/89734/

Nirenberg, H.I. 1981. A simplified method for identifying *Fusarium* spp. occurring on wheat. *Canadian Journal of Botany*, 59: 1599-1609. <https://doi.org/10.1139/b81-217>

Nguyen, T.V., Tran-Nguyen, L.T.T., Wright, C.L., Trevorrow, P. et Grice, K. 2019. Evaluation of the efficacy of commercial disinfectants against *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* race 1 and tropical race 4 propagules. *Plant disease*, 103(4), 721-728. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-18-0453-RE>

O'Donnell, K., Gueidan, C., Sink, S., Johnston, P.R., Crous, P.W., Glenn, A., Riley, R. et al. 2009. A two-locus DNA sequence database for typing plant and human pathogens within the *Fusarium oxysporum* species complex. *Fungal Genetics and Biology*, 46: 936-948. <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2009.08.006>

O'Donnell, K., Kistler, H.C., Cigelnik, E. & Ploetz, R.C. 1998. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: Concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Applied Biological Sciences*, 95: 2044-2049. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.5.2044>

OIRSA (Organisme international régional de santé végétale et animale) 2019. *Análisis de riesgo Fusarium oxysporum f. sp. cubense raza 4 tropical (Foc R4T), plaga cuarentenaria*. San Salvador. 265 pp.

OMS (Organisation mondiale de la santé). 2017. *WHO simulation exercise manual. A practical guide and tool for planning, conducting and evaluating simulation exercises for outbreaks and public health emergency preparedness and response*. Genève (Suisse). 69 pp. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/254741>

- OMSA (Organisation mondiale de la santé animale).** 2020. *Guidelines for simulation exercises. A consistent set of good practices for preparing, delivering, and learning from animal health and welfare and veterinary public health simulation exercises for Veterinary Services.* Paris. 27 pp. <https://www.woah.org/app/uploads/2021/03/dd-oi-guidelines-for-simulation-exercises.pdf>
- Ordonez, N., Seidl, M.F., Waalwijk, C., Drenth, A., Kilian, A., Thomma, B.P.H.J., Ploetz, R.C. et Kema, G.H.J.** 2015. Worse Comes to Worst: Bananas and Panama Disease—When Plant and Pathogen Clones Meet. *PloS Pathogens*, 11(11): 1-7. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005197>
- Ordoñez, N., Garcia, F.A., Laghari, H., Akkary, M., Harfouche, E.N., al Awar, B.N. et Kema, G.H.J.** 2015. First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* tropical race 4 causing Panama disease in Cavendish bananas in Pakistan and Lebanon. *Plant Disease*, 99: 1448. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-14-1356-PDN>
- Ordóñez, N., Salacinas, M., Mendes, O., Seidl, M.F., Meijer, H.J.G., Schoen, C.D. et Kema, G.H.J.** 2019. A loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay based on unique markers derived from genotyping by sequencing data for rapid in planta diagnosis of Panama disease caused by Tropical Race 4 in banana. *Plant Pathology*, 68(9): 1682-1693. <https://doi.org/10.1111/ppa.13093>
- OPS (Organisation panaméricaine de la santé).** 2011. *Guidelines for Developing Emergency Simulations and Drills.* Organisation panaméricaine de la santé. Washington, 95 pp. <https://www.paho.org/disasters/dmdocuments/SimulationsGuide.pdf>
- Plant Health Australia.** 2022. PLANTPLAN (Australian Emergency Plant Pest Response Plan). In: *Plant Health Australia.* Canberra. [https://www.planthealthaustralia.com.au/biosecurity/incursion-management/plantplan/#:~:text=PLANTPLAN%20\(Australian%20Emergency%20Plant%20Pest,structures%20and%20information%20flow%20systems](https://www.planthealthaustralia.com.au/biosecurity/incursion-management/plantplan/#:~:text=PLANTPLAN%20(Australian%20Emergency%20Plant%20Pest,structures%20and%20information%20flow%20systems)
- Pegg, K.G., Coates, L.M., O'Neill, W.T. et Turner, D.W.** 2019. The Epidemiology of Fusarium Wilt of Banana. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1395. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01395>
- Peng, H.X., Sivasithamparam, K. et Turner, D.W.** 1999. Chlamyospore germination and Fusarium wilt of banana plantlets in suppressive and conducive soils are affected by physical and chemical factors. *Soil Biology and Biochemistry*, 31: 1363-1374. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00045-0](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00045-0)
- Pérez-Vicente, L., Dita, M.A. et Martínez, E.** 2014. Technical Manual Prevention and diagnostic of Fusarium Wilt (Panama disease) of banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Tropical Race 4 (TR4). Rome, FAO. <https://www.fao.org/publications/card/en/c/16426431-e2d6-499d-b1d9-530fa4fbc4dd/>
- Ploetz, R.C.** 2006. Fusarium wilt of banana is caused by several pathogens referred to as *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense*. *Phytopathology*, 96(6): 653-656. <https://doi.org/10.1094/phyto-96-0653>
- Ploetz, R.C.** 2015a. Management of Fusarium wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4. *Crop Protection*, 73: 7-15. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.007>
- Ploetz, R.C.** 2015b. Fusarium wilt of banana. *Phytopathology*, 105: 1512-1521. <https://doi.org/10.1094/PHTO-04-15-0101-RVW>

- Postic, J., Cosic, J., Vrandecic, K., Jurkovic, D., Saleh, A.A. et Leslie, J.F. 2012. Diversity of *Fusarium* species isolated from weeds and plant debris in Croatia. *Journal of Phytopathology*, 160(2): 76-81. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2011.01863.x>
- Salacinas, M., Meijer, H.J.G., Mamora, S.H., Corcolon, B., Mirzadi Gohari, A., Ghimire, B. et Kema, G.H.J. 2022. Efficacy of disinfectants against Tropical Race 4 causing *Fusarium* wilt in Cavendish bananas. *Plant Disease*, <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-20-1814-RE>
- Secrétariat de la CIPV. 2021. *Surveillance guide – A guide to understand the principal requirements of surveillance programmes for national plant protection organizations. Deuxième édition*. Rome, FAO pour le compte du Secrétariat de la Convention internationale pour la protection des végétaux. www.fao.org/documents/card/fr?details=CB7139EN
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú). 2021. SENASA confirma brote de *Fusarium* Raza 4 Tropical en Piura. In: SENASA. Lima. <https://www.gob.pe/institucion/senasa/noticias/429832-senasa-confirma-brote-de-fusarium-raza-4-tropical-en-piura>
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2021. *Protocolo de Diagnóstico: Fusarium oxysporum f. sp. cubense Raza 4 Tropical (Marchitez por Foc R4T). Versión 2.0*. Tecámac (Mexique). 46 pp. https://assets.ipcc.int/static/media/uploads/resources/2022/03/18/Protocolo_Foc_R4T.pdf
- Selvaraj, M.G., Vergara, A., Ruiz, H., Safari, N., Elayabalan, S., Ocimati, W. et Blomme, G. 2019. AI-powered banana diseases and pest detection. *Plant Methods*, 15(92): 1-11. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0475-z>
- Snyder, W.C. et Hansen, H.N. 1940. The species concept in *Fusarium*. *American Journal of Botany*, 27: 64-67. <https://doi.org/10.2307/2436688>
- Summerell, B.A. 2019. Resolving *Fusarium*: Current Status of the Genus. *Annual Review of Phytopathology*, 57: 323-39. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082718-100204>
- Tassus, X., Balesdent, M. H., Chilin-Charles, Y., De Lapeyre de Bellaire, L., Makowski, D., Steinberg, C., Silvie, P. et al. 2018. *Risque phytosanitaire portant sur Fusarium oxysporum f. sp. cubense pour les départements d'outre-mer*. Maisons-Alfort (France), ANSES. <https://agritrop.cirad.fr/591087/>
- Torres, B.E., Bebber, P.D. et Studholme, J.D. 2021. Taxonomic revision of the banana *Fusarium* wilt TR4 pathogen is premature. *Phytopathology*, 111: 2141-2145. <https://doi.org/10.1094/phyto-03-21-0089-le>
- Ujat, A.H., Vadamalai, G., Hattori, Y., Nakashima, C., Wong, C.K.F. et Zulperi, D. 2021. Current classification and diversity of *Fusarium* Species Complex, the causal pathogen of *Fusarium* Wilt Disease of Banana in Malaysia. *Agronomy*, 11(10): 1955. <https://doi.org/10.3390/agronomy11101955>
- USDA-APHIS (Service de l'inspection de la santé des plantes et des animaux du Département de l'agriculture des États-Unis d'Amérique). 2010. *Emergency Response Manual*. Washington, Département de l'agriculture des États-Unis d'Amérique. <https://www.longdom.org/open-access/diversity-and-distribution-of-the-banana-wilt-pathogen-fusarium-oxysporum-f-sp-cubense-in-china-2165-8056.1000111.pdf>
- Waite, B. et Stover, R. 1960. Studies on *Fusarium* wilt of bananas: VI. variability and the cultivar concept in *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Canadian Journal of Botany*, 38(6): 985-994. <https://doi.org/10.1139/b60-087>

- Wang, M., Gao, L., Dong, S., Sun, Y., Shen, Q. et Guo, S. 2017. Role of silicon on plant-pathogen interactions. *Frontiers in Plant Science*, 8: 701. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00701>
- Westerhoven, A.C., Meijer, H.J.G., Seidl, M.F. et Kema, G.H.J. 2022a. Uncontained spread of Fusarium wilt of banana threatens African food security. *PLoS Pathogens*, 18(9): e1010769. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010769>
- Westerhoven, A.C., Meijer, H., Houdijk, J., Martínez de la Parte, E., Matabuana, E.L., Seidl, M. et Kema, G.H. 2022b. Dissemination of Fusarium wilt of banana in Mozambique caused by Fusarium odoratissimum Tropical Race 4. *Plant Disease*. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS-07-22-1576-SC>
- Wong, C.K.F., Zulperi, D., Vadamalai, G., Saidi, N.B. et Teh, C.Y. 2019. Phylogenetic Analysis of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Associated with Fusarium Wilt of Bananas from Peninsular Malaysia. *Sains Malaysiana*, 48: 1593-1600. <http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2019-4808-04>
- Xiao, R.F., Zhu, Y.J., Li, Y.D. et Liu, B. 2013. Studies on vascular infection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* race 4 in banana by field survey and green fluorescent protein reporter. *eSci Journal of Plant Pathology*, 2(01): 44-51. <https://doi.org/10.33687/phytopath.002.01.0064>
- Yadeta, K.A. et Thomma B.P.H.J. 2013. The xylem as battleground for plant hosts and vascular wilt pathogens. *Frontiers in Plant Science*, 4: 97. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00097>
- Ye, H., Huang, W., Huang, S., Cui, B., Dong, Y., Guo, A., Ren, Y. et Jin, Y. 2020. Identification of banana fusarium wilt using supervised classification algorithms with UAV-based multi-spectral imagery. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 13(3): 136-142. <https://ijabe.org/index.php/ijabe/article/view/5524>
- Zhang, K., Yuan-Ying, S. et Cai, L. 2013a. An optimized protocol of single spore isolation for fungi. *Cryptogamie, Mycologie* 34(4): 349-356. <https://doi.org/10.7872/crym.v34.iss4.2013.349>
- Zhang, X., Zhang, H., Pu, J., Qi, Y., Yu, Q., Xie, Y. et Peng, J. 2013b. Development of a Real-Time Fluorescence Loop-Mediated Isothermal Amplification Assay for Rapid and Quantitative Detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Tropical Race 4 In Soil. *PLoS ONE* 8(12): 1-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082841>

Appendice

MATÉRIELS DE COMMUNICATION SUR FUSARIUM TR4

	Fusariose : une lutte permanente (QAAFI) (en anglais). https://youtu.be/dc2hEknAinI
	Masterclass sur la fusariose du bananier (ProMusa) (en anglais). www.youtube.com/channel/UCsxm3SYT-7ZGOJYx5N9Ahww
	Maladie de Panama (Université de Wageningue) (en anglais). www.youtube.com/playlist?list=PLXv9pwN00bKUwfKGATz6MGQT6ivNCbhK3
	Race tropicale 4 / maladie de Panama (Biosecurity Queensland, Ministère de l'agriculture et de la pêche de l'État du Queensland) (en anglais). www.youtube.com/playlist?list=PLpiCDHV-ljhHhQEteJfg5xpOJDkvOZEpu
	La science au service de la lutte contre la maladie de Panama (Centre australien de recherche agricole internationale) (en anglais). www.youtube.com/watch?v=GAZGa1v7u8A
	Le Centre international pour l'agriculture et les biosciences (CABI) propose sur son site web une page où sont régulièrement publiées des nouvelles sur Fusarium TR4 (en anglais). www.cabi.org/isc/tr4
	Le Gouvernement de Trinité-et-Tobago a publié une fiche d'information sur Fusarium TR4 afin de présenter aux agriculteurs les principales informations sur le pathogène (en anglais). https://agriculture.gov.tt/target/farmers/
	L'Autorité sanitaire agricole du Belize a publié en 2019 un communiqué de presse sur la fusariose du bananier à l'intention des acteurs de l'industrie bananière, des organismes gouvernementaux, des organisations agricoles partenaires et du grand public (en anglais). https://baha.org.bz/2019/08/02/press-release-3-19-fusarium-wilt-of-bananas/

	<p>La BBC a publié sur son site web un article intitulé «The 'pandemic' destroying the world's favourite fruit» (La «pandémie» qui détruit le fruit le plus apprécié au monde). L'article traite des effets dévastateurs de Fusarium TR4 sur la production mondiale de bananes en établissant une analogie avec l'actuelle pandémie de covid-19 (en anglais).</p> <p>www.bbc.com/future/ bespoke/ follow-the-food/ the-pandemic-threatening-bananas.html</p>
	<p>Webinaire sur le diagnostic de Fusarium TR4 (partie 1) (en espagnol).</p> <p>www.youtube.com/watch?v=kGk8u1MMbY&t=10s&ab_channel=ferchuckygarcia</p>
	<p>Comment isoler la race tropicale 4 de Fusarium des tissus végétaux (en anglais).</p> <p>www.youtube.com/watch?v=XnK03qXvJfs&t=149s&ab_channel=ferchuckygarcia</p>
	<p>La production de spores de Fusarium TR4 (en anglais).</p> <p>www.youtube.com/watch?v=6EWf_d6902Y&t=7s&ab_channel=ferchuckygarcia</p>
	<p>Reportage vidéo complet sur la TR4 réalisé par le site d'information <i>Business Insider</i> qui a fait le tour du monde (en anglais).</p> <p>www.youtube.com/watch?v=nhPEErJnErU</p>
	<p>Site web de l'Association des producteurs de bananes du Costa Rica (en espagnol).</p> <p>www.corbana.co.cr/fusarium</p>

CIPV

La Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV) est un accord international sur la santé des végétaux établi en 1952. Il vise à protéger les plantes cultivées et sauvages en prévenant l'introduction et la dissémination des organismes nuisibles. Les voyages et les échanges internationaux sont plus intenses que jamais. Les déplacements de personnes et de marchandises à travers le monde permettent à des organismes dangereux pour certains végétaux de se déplacer également.

Organisation

- ◆ La CIPV compte plus de 180 parties contractantes.
- ◆ Chaque partie contractante dispose d'une organisation nationale pour la protection des végétaux (ONPV) et d'un point de contact officiel avec la CIPV.
- ◆ Dix organisations régionales pour la protection des végétaux (ORPV) ont été créées afin de coordonner les ONPV des diverses régions du monde.
- ◆ La CIPV dialogue avec les organisations internationales pertinentes afin de développer les capacités aux niveaux régional et national.
- ◆ Le Secrétariat de la CIPV est assuré par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

Avez-vous lu ce guide?

Nous vous remercions d'envoyer un courriel à l'adresse ippc@fao.org afin de faire part de vos observations.

Vos réponses aideront le Secrétariat et le Comité chargé de la mise en œuvre et du renforcement des capacités de la Commission des mesures phytosanitaires de la CIPV à améliorer le document ainsi que d'autres guides et ressources de formation.

Secrétariat de la Convention internationale pour la protection des végétaux

ippc@fao.org | www.ippc.int

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Rome, Italie

Avec le soutien financier de

