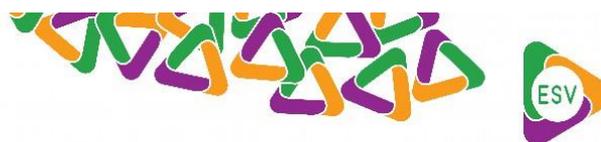


# POINT SUR



## GROUPE DE TRAVAIL « VEILLE SANITAIRE INTERNATIONALE » - VSI

Les "Point sur" résument l'état actuel des connaissances sanitaires et scientifiques des végétaux au travers de l'actualité en Europe et à l'International.

<b>Point sur</b>	<b><i>Fusarium oxysporum f. sp. cubense Tropical Race 4 (Foc TR4)</i></b>
<b>N°1 / mai 2021</b>	
<b>Sujet</b>	État des connaissances concernant la fusariose des bananiers et la race de <i>Fusarium oxysporum f. sp. cubense</i> à l'origine de l'épidémie actuelle, avec un focus sur l'émergence récente de la maladie au Mozambique
<b>Rédaction</b>	Pieretti Isabelle.
<b>Relecture</b> (ordre alphabétique)	Abadie Catherine, Chilin-Charles Yolande, Duperier Sandy, Grosdidier Marie, Hénaux Viviane, Hostachy Bruno, Quillévéré Anne, Strugarek Martin.
<b>Illustration</b>	Grosdidier Marie (carte), Risède Jean-Michel (photos).

### Les épidémies mondiales de fusariose se succèdent mais ne se ressemblent pas

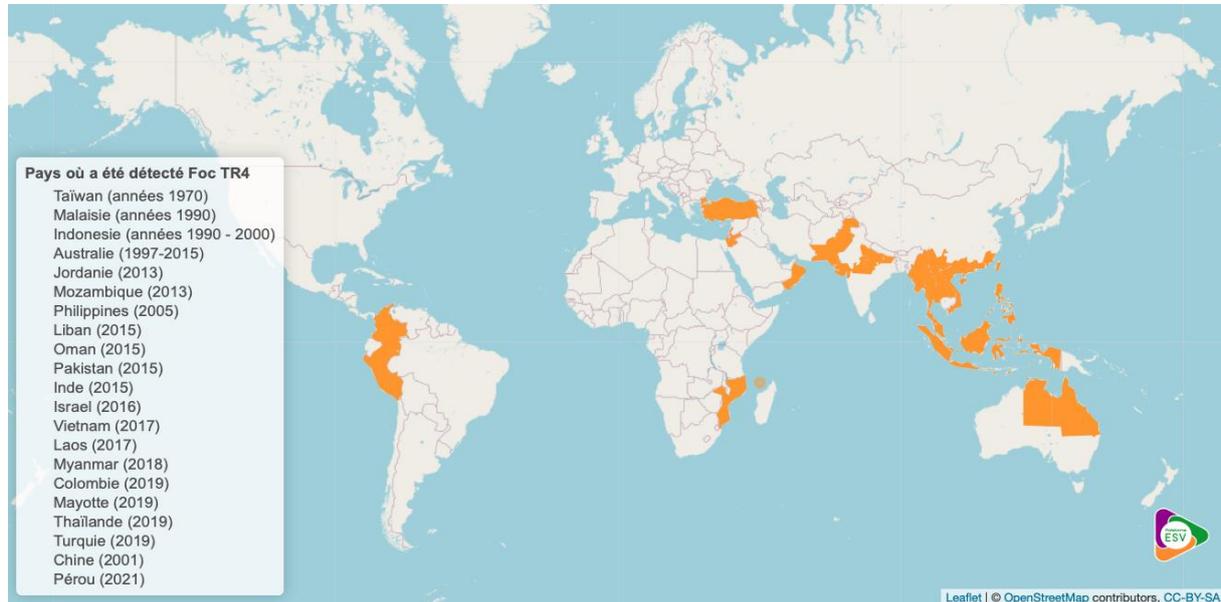
La production mondiale de bananes continue de croître pour répondre à la demande mondiale, en 2019, elle a atteint 170 millions de tonnes ([FAO](#)), mais elle est aussi un aliment de base pour les populations des pays producteurs. L'épidémie de fusariose (ou "*Fusarium wilt*" en anglais) de la banane est une des épidémies les plus importantes du monde agricole. Depuis sa découverte en 1874, elle a causé au siècle dernier des dégâts considérables dans les plantations de bananes de variété "Gros Michel" d'Amérique centrale et a décimé presque complètement l'industrie mondiale de la banane. La découverte de bananes "Cavendish" naturellement résistantes à la maladie a permis d'enrayer l'épidémie, et les cultivars Cavendish se sont répandus dès 1960 pour devenir les bananes les plus cultivées et les plus exportées dans le monde ([Kema et al., 2021](#)).

La banane Cavendish étant surtout cultivée en monoculture à grande échelle, elle est particulièrement vulnérable aux maladies. En 1967, une nouvelle épidémie de fusariose est apparue sur les bananiers Cavendish à Taïwan et s'est étendue dès le début des années 1990 à l'Asie du Sud et du Sud-Est, puis à partir des années 2000, au sous-continent indien, au Moyen-Orient, au Pakistan, au continent africain (Mozambique en 2013) et plus récemment en Amérique latine (Colombie en 2019, Pérou en 2021 : [BBM N°26](#)) et à l'île de Mayotte en [2020](#) où la maladie a été confirmée dans plusieurs localités situées au nord (Kouggou) au centre (Poroani) et au sud (Bouéni) de l'île. A Mayotte, Foc TR4 a été détecté pour la première fois sur des variétés de bananiers autres que Cavendish (génome AAA) et contenant du génome B (bananiers des sous-groupes Silk (AAB) et Bluggoe (ABB)). L'émergence de la maladie en Afrique est survenue en 2013 dans la province de Nampula, au nord-est du Mozambique, dans une ferme commerciale de bananes Cavendish de Metocheria. Puis en 2014 et à 200 km de là, la maladie a été détectée dans la "ferme Lurio", et ensuite elle a été détectée en 2015 dans une petite exploitation familiale proche de Métocheria, mais dans une moindre mesure. Au Mozambique, les bananes sont produites à 75% par des petits exploitants agricoles (le reste par de grandes exploitations commerciales) et les plantations commerciales

du Nord du Mozambique produisent quasi-exclusivement des bananes Cavendish ([Viljoen et al., 2020](#)).

### **Carte mondiale de distribution de la fusariose race 4 tropicale**

(sur la base des données [OEPP](#) en date du 28-04-2021)



### **Diversité de l'agent pathogène**

Le champignon responsable de la fusariose des bananiers est le *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc). Plusieurs races permettent de caractériser la **diversité phénotypique** du champignon : la **race 1**, considérée comme responsable de la disparition de la production intensive de la variété Gros Michel, peut aussi attaquer des variétés très répandues des sous-groupes Silk et Pisang Awak ; la **race 2** affecte le sous-groupe des bananes Bluggoe et le sous-groupe des bananes plantains ; la **race 3** affecte les espèces d'*Heliconia* et n'est plus considérée comme appartenant au complexe Foc ; et la **race 4** divisée en 2 sous-groupes : **TR4** qui provoque la fusariose en zone subtropicale et tropicale, et **STR4** (pour SubTropical Race 4) qui ne provoque la fusariose qu'en zone subtropicale. Les souches **Foc TR4** sont celles considérées comme responsables de l'épidémie actuelle sur les variétés du sous-groupe Cavendish à travers le monde ([ProMusa](#)). La **diversité génétique** au sein de l'espèce est caractérisée par la **compatibilité végétative (VCG)**<sup>1</sup> qui traduit une proximité génétique (lorsque les hyphes de deux isolats sont capables de fusionner) ou un isolement génétique (lorsqu'il y a incompatibilité végétative). S'il existe à ce jour au moins 24 VCG différents pour décrire la diversité des isolats de Foc, celui qui regroupe les isolats Foc TR4 est VCG 01213/16.

En Afrique du Sud, les bananes Cavendish sont fortement infectées par un isolat VCG 0120 qui appartient à la race Foc STR4. Au **Mozambique**, les isolats prélevés dans les fermes commerciales de la province de Nampula, initialement suspectés être des isolats Foc STR4 (comme en Afrique du Sud) se sont avérés être, après analyses moléculaires, des isolats Foc

<sup>1</sup> La compatibilité végétative est utilisée pour classer - en groupes de compatibilité végétative ou VCG en anglais pour vegetative compatibility group - les isolats. Deux isolats appartiennent au même VCG s'ils partagent la même forme allélique des gènes qui permettent la formation d'un hétérocaryon (cellule avec deux noyaux distincts) et la fusion de leur filament (ou hyphe) d'après Puhalla (1985) : <https://doi.org/10.1139/b85-020>

TR4 (VCG 01213/16) tout comme les isolats trouvés à Mayotte ([Viljoen et al., 2020](#); [Aguayo et al., 2020](#)).

Récemment, [Maryani et al., \(2019\)](#) sur la base d'études phylogénétiques, de tests de pathogénie et d'observations morphologiques, ont proposé le **nouveau nom d'espèce 'F. odoratissimum'** pour décrire les isolats classés comme Foc TR4 et appartenant à une lignée phylogénétique indépendante.

### **Cycle de vie et mode d'action de Foc TR4**

Foc TR4 est un organisme de quarantaine pour les pays à risque producteurs de banane, qui est transmis par le sol uniquement (il n'est pas présent sur ou dans le fruit). Ce champignon peut survivre de nombreuses années, voire des décennies, dans le sol sous forme de chlamydospores et peut aussi être présent dans la plante sous forme d'endophyte asymptomatique avec une période d'incubation pouvant aller de quelques semaines à quelques mois selon la sensibilité de la variété. L'agent pathogène envahit les cellules épidermiques de la coiffe racinaire et de la zone d'élongation puis se déplace vers le système vasculaire et perturbe le transport de la sève brute (eau et sels minéraux), provoquant des symptômes de flétrissement, de jaunissement et de nécrose conduisant à la mort du bananier ([Kema et al., 2021](#) ; [FRuiTROP N°265](#)). Lorsque les premiers symptômes sont apparents, la colonisation des racines et du pseudo-tronc du bananier est déjà avancée. Par conséquent, la surveillance de la maladie ne devrait pas reposer sur la seule observation des symptômes, mais elle devrait permettre la détection précoce de Foc TR4 pour mettre en œuvre des mesures de gestion appropriées par les acteurs de la filière.

### **Photos illustrant la fusariose race 4 tropicale sur bananier**



**Jaunissement des feuilles**



**Coloration des tissus vasculaires**

Une étude conduite aux Philippines a permis de mieux comprendre les facteurs environnementaux (topographiques, pédologiques et bioclimatiques) susceptibles de favoriser le développement et la sévérité de la maladie ([Salvacion et al., 2019](#)). Les auteurs ont

développé un modèle de prédiction utilisant l'algorithme MaxEnt (Maximum Entropy) qui indique que la probabilité d'apparition du flétrissement fusarien est plus élevée dans les zones à faible pente (moins de 8°) et dans les zones à faible altitude (moins de 1,5 m). Au niveau climatique, les probabilités d'apparition les plus élevées seraient attendues, d'une part, lorsque les précipitations sont importantes (plus de 800 mm) durant les trimestres les plus chauds (cas 1) et, d'autre part, lorsque la pluviométrie est la plus faible (moins de 120 mm) durant le mois le plus humide et le mois le plus sec de l'année (cas 2). Plusieurs hypothèses sont avancées pour expliquer ces prédictions, par exemple dans le cas 1, une des hypothèses serait qu'un sol saturé en eau peut conduire à des conditions anoxiques favorables à l'infection des racines, et dans le cas 2, une des hypothèses serait qu'un bananier exposé à un déficit hydrique est susceptible d'être plus sensible au champignon. Les auteurs citent des observations faites ailleurs dans le monde qui corroborent leurs prédictions. En effet, l'incidence de la maladie observée en Australie est plus importante les mois où la pluviométrie est inférieure à 100 mm et supérieures à 500 mm ([Pattison et al., 2014](#)). Et en Afrique centrale et orientale, l'incidence de la fusariose est plus élevée dans les exploitations bananières situées à des altitudes inférieures à 1600 m ([Karangwa et al., 2016](#)). Comme l'incidence de la fusariose évaluée dans ces dernières études concernaient Foc TR1, il est supposé que la race 1 et la race 4 se comportent de la même manière dans de telles conditions topographiques et bioclimatiques.

### **Principaux modes de propagation de Foc TR4**

La contamination des plants de bananier peut intervenir dans un sol contaminé par l'agent pathogène mais aussi *via* : la plantation de plants asymptomatiques ; le transfert de sol contaminé par déplacement de plants entiers ou par les machines et les équipements agricoles, les véhicules, les outils, les vêtements et les chaussures ; l'irrigation, les eaux de drainage, les eaux de ruissellement et les inondations qui peuvent véhiculer l'agent pathogène de parcelles infectées aux zones exemptes voisines qui deviendront contaminées à leur tour.

D'après [Viljoen et al. \(2020\)](#), au **Mozambique**, il est probable que Foc TR4 ait été introduit dans la ferme commerciale de Metocheria depuis l'Asie, puis de Metocheria à la "ferme Lurio" par des visiteurs ou des camions intervenant sur les deux fermes avant que le champignon ne soit identifié dans la ferme de Metocheria.

### **Gestion de la maladie et appui de la recherche**

A ce jour, il n'existe pas de traitement efficace pour lutter contre Foc TR4. Au **Mozambique**, après la détection du Foc TR4 dans la "ferme Lurio" (second foyer), les mesures de surveillance, de dépistage et de quarantaine ont permis de ralentir la propagation de Foc TR4 par rapport à celle observée dans la ferme de Metocheria (premier foyer émergent), mais sans l'arrêter pour autant. Cela a entraîné l'arrachage systématique de tous les bananiers sensibles (parcelles détruites).

[Kema et al. \(2021\)](#) mentionnent que pour arriver à contenir la maladie, il est nécessaire de mettre en place une gestion de l'agent pathogène Foc TR4 basée sur une approche multidisciplinaire et qui devrait passer par :

- (1) une plus grande sensibilisation du public et des acteurs vis-à-vis de la maladie et une implication de toutes les parties prenantes (producteurs, chercheurs, agents de vulgarisation, exportateurs et négociants) ;
- (2) des recherches sur les systèmes de culture visant à promouvoir la diversification des cultures et à utiliser des clones de *Musa* de nature génétique différente et visant à accroître la durabilité des nouveaux clones résistants ;

(3) des pratiques agricoles intégrées, capables de réduire considérablement la charge d'inoculum dans le sol afin de permettre la production de bananes Cavendish dans les sols infestés ;  
et (4) des recherches sur la survie de Foc TR4 dans le sol et sur le processus d'infection.

Par ailleurs, des méthodologies intégrant les facteurs environnementaux, comme celle développée par [Salvacion et al. \(2019\)](#) (mentionnée plus haut), pourraient être utilisées pour évaluer le risque potentiel d'apparition de la maladie dans différentes zones géographiques et/ou pour déterminer l'impact potentiel du changement climatique sur l'occurrence de la maladie.

La seule option envisagée à long terme pour continuer à cultiver des bananes, notamment dans les sols infestés, semble être de remplacer les variétés sensibles par des variétés de bananiers résistantes vis-à-vis de Foc TR4. Cette résistance pourra passer par de nouvelles ressources génétiques de *Musa* (e.g. *Musa acuminata* spp. *malaccensis* et *M. acuminata* spp. *burmannica*) ou par certains hybrides de différents programmes d'amélioration génétique du bananier comme la FHIA (Fondation hondurienne pour la recherche agricole avec les hybrides FHIA-18 et FHIA-25) ou encore le CIRAD, avec trois nouveaux hybrides prometteurs évalués "très résistants" en zone infectée en Australie depuis deux ans : CIRAD 03, CIRAD 04 et CIRAD 05 ([Australian Banana Growers' Council](#)). En attendant de trouver des variétés de bananiers avec un niveau élevé de résistance à Foc TR4 tout en étant acceptables sur le marché, des efforts sont aussi déployés pour trouver un agent de biocontrôle efficace contre cet agent pathogène. A ce jour, aucune des pistes prometteuses en matière de lutte biologique en conditions contrôlées, n'a encore permis un contrôle efficace de Foc TR4 sur le terrain. [Kema et al. \(2021\)](#) considèrent que les efforts pour la lutte biologique doivent se poursuivre et devraient être considérée comme un module d'un plan de gestion (et non une finalité en soi).

Dans leur étude, [Viljoen et al. \(2020\)](#) ont évalué dans le Nord du **Mozambique** et sur deux années, des somaclones<sup>2</sup> de Cavendish pour les caractères de rendement et de résistance à la fusariose TR4. Les somaclones Cavendish fournis par l'Institut de recherche sur la banane de Taïwan (TBRI) et évalués en champs, étaient significativement plus résistants que le contrôle Cavendish sensible, même si leurs croissances étaient plus lentes. Le clone GCTCV-218 également enregistré sous le nom commercial de "Formosana", bien que modérément résistant, était celui qui produisait les meilleurs régimes de bananes. Aux Philippines, cette nouvelle variété Formosana est celle qui est utilisée pour remplacer les anciennes variétés Cavendish (sensibles). Le climat au Mozambique étant différent de celui de Taïwan, il est prévu de poursuivre la sélection à partir du somaclone GCTCV-218 afin d'obtenir des clones à haut rendement adaptés aux conditions climatiques locales du Mozambique.

## Conclusion

L'épidémie actuelle de Foc TR4 affecte les plantations de bananes Cavendish orientées vers l'exportation mais elle affecte aussi la sécurité alimentaire et le commerce local en impactant

---

<sup>2</sup> Variants clonaux issus de tissus somatiques (produits par culture in vitro, civ) dont certains peuvent présenter une plus grande résistance à certaines maladies. Par exemple, GCTCV-218 a été développé et sélectionné à partir de variants civ du cultivar Pei Chiao (source : <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/113113>).

de nombreuses autres variétés de bananes communes cultivées pour les marchés intérieurs. Si les mesures de quarantaine ont pu empêcher la propagation de la maladie à l'échelle locale, elles n'ont pas empêché la propagation de la maladie d'un pays à l'autre ou d'un continent à l'autre, par exemple par le déplacement non contrôlé de matériel végétal ou par les flux de personnel entre des exploitations pouvant être situées sur des continents différents. Si les mesures de surveillance peuvent contribuer à ralentir le développement des épidémies, en "gagnant du temps" *via* la détection précoce de l'agent pathogène permettant la mise en place de mesures de gestion adaptées, elles ne suffisent pas à elles seules à lutter contre l'épidémie. Et si la solution à long terme serait le déploiement de nouvelles variétés résistantes à Foc TR4, il reste à trouver des variétés à la fois productives et acceptées par les consommateurs des marchés extérieurs (exportations internationales) et des marchés intérieurs (consommation locale). Compte tenu de la menace mondiale que représente Foc TR4 pour l'industrie bananière mais aussi et surtout, pour la sécurité alimentaire et les moyens de subsistance de millions de ménages ruraux dans les pays en développement, un Forum Mondial de la Banane ouvert à toutes les parties prenantes de la filière banane (producteurs, expéditeurs et négociants, représentants de gouvernements, scientifiques, organisations de la société civile et syndicats de producteurs) a mis en place en 2013 un groupe de travail sur Foc TR4 ([TR4 Task Force/FAO](#)) et la création du réseau mondial [TR4GN](#). Il s'agit d'une plateforme mondiale visant à coordonner les actions des différentes parties prenantes et à faciliter le partage d'informations et la communication pour soutenir les efforts mondiaux de lutte contre Foc TR4. De ce réseau a pu émerger [17 documents](#) de sensibilisation et d'orientation tous téléchargeables en version anglaise, française ou espagnole.

### **Références Bibliographiques**

- Aguayo, J., et al. (2021).** "First Report of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Tropical Race 4 (TR4) Causing Banana Wilt in the Island of Mayotte." *Plant Disease* 105(1): 219. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1196-PDN>
- Karangwa, P., et al. (2016).** "The distribution and incidence of banana *Fusarium* wilt in subsistence farming systems in east and central Africa." *Crop Protection* 84: 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.03.003>
- Kema, G. H. J., et al. (2021).** "Editorial: *Fusarium* Wilt of Banana, a Recurring Threat to Global Banana Production." *Frontiers in Plant Science* 11(2177). <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.628888>
- Maryani, N., et al. (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>
- Pattison, A. B., et al. (2014).** "Ground cover management alters development of *Fusarium* wilt symptoms in Ducasse bananas." *Australasian Plant Pathology* 43(4): 465-476. <https://doi.org/10.1007/s13313-014-0296-5>
- Puhalla, J. E. (1985).** "Classification of strains of *Fusarium oxysporum* on the basis of vegetative compatibility." *Canadian Journal of Botany* 63(2): 179-183. <https://doi.org/10.1139/b85-020>
- Salvacion, A. R., et al. (2019).** "Exploring environmental determinants of *Fusarium* wilt occurrence on banana in South Central Mindanao, Philippines." *Hellenic Plant Protection Journal* 12(2): 78-90. <https://doi.org/10.2478/hppi-2019-0008>
- Viljoen, A., et al. (2020).** "Occurrence and spread of the banana fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense TR4 in Mozambique." *South African Journal of Science* 116(11/12). <https://doi.org/10.17159/sajs.2020/8608>

### **Autres Sources**

- FAO :** <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- OEPP(FUSAC4) :** <https://gd.eppo.int/taxon/FUSAC4>
- BBM N°26 :** [https://plateforme-esv.fr/sites/default/files/2021-04/BBMsemaines13-14.html#Fusarium\\_oxysporum\\_f\\_sp\\_cubense\\_Tropical\\_race\\_4](https://plateforme-esv.fr/sites/default/files/2021-04/BBMsemaines13-14.html#Fusarium_oxysporum_f_sp_cubense_Tropical_race_4)
- ProMusa :** <https://www.promusa.org/Tropical+race+4+-+TR4>
- FruitROP :** <https://www.fruitrop.com/Articles-par-theme/Agronomie/2019/La-fusariose-race-4-tropicale-TR4>

**Essais des variétés en Australie / [Australian Banana Growers' Council](https://www.youtube.com/watch?v=xh3ErPlej4) :**  
<https://www.youtube.com/watch?v=xh3ErPlej4>

**TR4 Task Force/FAO :** <http://www.fao.org/tr4gn/taskforce/en/>

**TR4 Global Network :** <http://www.fao.org/tr4gn/about-the-tr4gn/en/>

**Les17 documents produits par le TR4GN :** <http://www.fao.org/tr4gn/news/news-detail/en/c/1278597/>

Conformément aux productions réalisées par la Plateforme d'Épidémiosurveillance en Santé Végétale (ESV), celle-ci donne son droit d'accès à une utilisation partielle ou entière par les médias, à condition de ne pas apporter de modification, de respecter un cadre d'usage bienveillant et de mentionner la source © <https://www.plateforme-esv.fr/>

Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de modification  
CC BY-NC-ND

