



anses

Obligations des établissements producteurs de vitroplants de bananiers à destination de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique, de Mayotte et de la Réunion et conditions d'acclimatation de ces vitroplants

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Décembre 2021

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 6 décembre 2021

AVIS

de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

relatif à « une demande d'avis de l'Anses sur les cahiers des charges relatifs aux obligations incombant aux établissements producteurs de vitroplants (VP) de bananiers à destination de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique, de Mayotte et de la Réunion, et aux conditions d'acclimatation de VP de bananier sur ces mêmes territoires »

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part à l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L. 1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 1^{er} septembre 2020 par la Direction générale de l'alimentation pour la réalisation de l'expertise suivante : demande d'avis de l'Anses sur les cahiers des charges relatifs aux obligations incombant aux établissements producteurs de vitroplants (VP) de bananiers à destination de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique, de Mayotte et de la Réunion, et aux conditions d'acclimatation de VP de bananier sur ces mêmes territoires.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

L'octroi de dérogations à l'interdiction d'importation de matériels végétal susceptibles de présenter un risque d'introduction d'organismes nuisibles nécessite, selon les termes de l'article 15 de l'arrêté du 3 septembre 1990, « qu'il soit établi par un ou plusieurs des facteurs suivants qu'une propagation d'organismes nuisibles n'est pas à craindre : origine des végétaux ou produits végétaux ; traitement approprié ; mesures de précautions particulières à prendre lors de l'introduction des végétaux ou produits végétaux ». L'arrêté du 17 octobre 1995 définit ainsi les conditions d'entrée par dérogation de matériel végétal de bananiers dans les départements et régions d'outre-mer :

« En application de l'article 16 de l'arrêté du 3 septembre 1990 susvisé, l'autorisation d'entrée est délivrée exclusivement pour du matériel végétal de bananiers sous forme stricte de vitroplants non réacclimatés et de " semences artificielles " à l'exclusion de toute autre plante cultivée in vivo, sous réserve que l'opération satisfasse aux exigences [de deux cahiers des charges] » :

- un cahier des charges relatif aux obligations incombant aux établissements producteurs de VP de bananiers à destination de la Guadeloupe, la Guyane, la Martinique, de Mayotte et de la Réunion ;
- un cahier des charges relatif aux conditions d'acclimatation de vitroplants (VP) de bananiers en Guadeloupe, en Guyane, en Martinique, à Mayotte et à la Réunion.

Depuis 1995, ces cahiers des charges ont été révisés à plusieurs reprises, la dernière révision en date remontant à 2016.

Bien que les problématiques des filières bananières divergent selon l'espace phytosanitaire considéré (des Antilles, de la Réunion, de la Guyane ou de Mayotte), le recours aux VP comme matériel végétal destiné à la plantation s'est généralisé en particulier pour la filière banane destinée à l'exportation. Ces cahiers des charges, qui sont en application depuis 25 ans, ont donné lieu à des applications et des pratiques parfois différentes conduisant à une gestion différenciée des risques selon les territoires.

Parallèlement, les professionnels de la filière banane, qui sont confrontés aux charges croissantes des analyses, expriment des demandes d'importation de matériel végétal destiné à diversifier les sources d'approvisionnement en VP de manière à pouvoir disposer de variétés et cultivars performants et adaptés aux conditions agroenvironnementales des territoires. Par exemple, les professionnels sont demandeurs de variétés apportant des résistances à certaines maladies fortement impactantes comme la cercosporiose noire (*Pseudocercospora fijiensis*) qui affecte de plus en plus la qualité des fruits les rendant impropres à la commercialisation une fois arrivés dans le pays de destination ou encore la fusariose (*Fusarium oxysporum* fsp TR4) qui est une maladie émergente en progression préoccupante et induisant le dépérissement des bananiers.

Ce contexte, allié à l'actualisation en 2020 du règlement de la santé des végétaux dans les DROM, pousse à une refonte des cahiers des charges dont le respect par les opérateurs permet d'obtenir une autorisation d'importation de VP de bananiers dans les DROM. Ceci motivait donc la sollicitation d'un avis de l'Anses dont les conclusions et recommandations pourront servir de base pour actualiser et standardiser les procédures de contrôles pratiquées aux différentes étapes du cycle de production et de commercialisation des VP, avec pour objectif premier le maintien d'un niveau satisfaisant de maîtrise des risques et avec pour objectif secondaire l'identification de solutions flexibles permettant de réduire les coûts à la

charge des professionnels. Le résultat attendu doit, en aval, permettre d'apporter aux services en charge de l'application des cahiers des charges les moyens adaptés aux situations leur permettant d'assurer la maîtrise des risques.

L'Anses est saisie afin d'apporter son avis sur les points suivants :

« Comment faire évoluer les deux cahiers des charges tout en prenant en compte les évolutions réglementaires, en harmonisant les pratiques entre les différents espaces phytosanitaires d'Outre-mer (EPOM) et en maintenant un niveau de sécurité sanitaire satisfaisant ?

Plus précisément, cette saisine devra apporter les précisions suivantes :

- *la liste des organismes nuisibles (ON) à contrôler aux différentes étapes des dispositifs mis en œuvre dans les établissements producteurs et acclimateurs de VP et aboutissant à la production des plants destinés à la plantation issus de VP ;*
- *les stratégies de contrôle et de suivi à adopter en fonction des risques, en prenant en compte le contrôle de la qualité sanitaire de l'eau d'irrigation ;*
- *la liste des matériels végétaux pouvant être autorisés en fournissant les outils utiles à la prise de décision en fonction de la carte d'identité des plantes mères (origine géographique, nature génétique, et tout autre élément susceptible d'aider à la prise de décision, en particulier les conditions de culture des pieds-mères et la connaissance de leur environnement). »*

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « risques biologiques pour la santé des végétaux ». L'Anses a confié l'expertise au groupe de travail « VP bananier ». Les travaux ont été présentés au CES tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques entre la novembre 2020 et la novembre 2021. Ils ont été adoptés par le CES « Risques biologiques pour la santé des végétaux » réuni le 16 novembre 2021.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

Du fait d'un lien d'intérêt identifié entre le CIRAD et une entreprise productrice de vitroplants, les membres du CES qui sont agents de ce centre n'ont ni participé aux présentations préliminaires à la finalisation du rapport ni à la validation des conclusions formulées par le groupe de travail.

3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GT ET DU CES

Afin de répondre à la saisine du Ministère en charge de l'agriculture, le groupe de travail « Vitroplants bananier » a analysé les données de la littérature et interviewé plusieurs experts du domaine. Les travaux et le rapport ont été structurés pour répondre aux trois questions formulées dans la saisine.

Les recommandations concernant « **la liste des organismes nuisibles (ON) à contrôler aux différentes étapes des dispositifs mis en œuvre dans les établissements producteurs et acclimateurs de vitroplants (VP) et aboutissant à la production des plants issus de VP et destinés à la plantation** » résultent d'une catégorisation simplifiée des ON susceptibles d'être associés à des VP ou susceptibles de les contaminer durant la phase d'acclimatation. Cette catégorisation a été réalisée sur la base des informations disponibles sur la biologie et la distribution des différents agents et en intégrant les différents critères pris en compte dans la législation européenne pour définir les organismes de quarantaine (OQ) ou les organismes réglementés non de quarantaine (ORNQ).

Cette catégorisation conduit à proposer de considérer trois groupes d'organismes :

- Les organismes remplissant les critères d'OQ ou d'ORNQ et pour lesquels l'association à des VP pendant la phase de culture in vitro (CIV) est considérée comme représentant un risque important pour la filière, et nécessitant par conséquent la mise en place de mesures de contrôle appropriées. Cette situation concerne la plupart des virus [*Banana bract mosaic virus* (BBrMV), *Banana bunchy top virus* (BBTV), *Banana mild mosaic virus* (BanMMV), *Cucumber mosaic virus* (CMV), virus du complexe d'espèce *Banana streak virus* (BSV)], les bactéries du complexe d'espèce *Ralstonia solanacearum* (*Ralstonia solanacearum*, *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis*), *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum* et *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* « tropical race 4 » (Foc TR4, récemment nommé *Fusarium odoratissimum*).
- Deux organismes remplissant les critères d'OQ mais dont la répartition géographique très restreinte suggère que des mesures de contrôle pourraient n'être nécessaires qu'au cas par cas, en fonction de l'origine géographique du matériel végétal multiplié. Il s'agit de l'*Abaca bunchy top virus* (ABTV) et du phytoplasme *Candidatus Phytoplasma novoguineense*.
- Enfin quelques organismes qui ne semblent remplir ni les critères d'OQ ni ceux d'ORNQ, dont les bactéries des genres *Dickeya* et *Pectobacterium*, le *Banana virus X* (BVX) et plusieurs virus récemment décrits au travers d'approches de séquençage haut débit, pour lesquels la mise en place de mesure de contrôle spécifique ne semble pas actuellement pertinente.

Le groupe de travail souligne que ces listes catégorisées d'organismes ne sont pas figées et nécessitent de s'appuyer sur une veille sanitaire et bibliographique au niveau international pouvant conduire à refaire, le cas échéant, certaines analyses de risque.

Concernant la question de la **liste des matériels végétaux pouvant être autorisés dans la filière VP à destination des DROM**, il s'agit d'une question complexe qui intègre à la fois des aspects de risque lié aux formes virales intégrées (EVE) du complexe d'espèce BSV présentes dans le génome B du bananier (et éventuellement susceptibles de générer des infections épisomales) et des aspects d'opportunité agronomique ou phytotechnique pour la filière. Dans ce contexte, le groupe de travail souligne qu'entre des stratégies soit très contraignantes

(interdiction de tout matériel bananier possédant un génome B porteur d'EVE activables) ou très ouvertes (autorisation de tout matériel porteur d'un génome B) existe une solution intermédiaire cherchant simultanément à minorer un risque éventuel tout en permettant à la filière de bénéficier des nombreux avantages de la CIV et, éventuellement, de bénéficier des progrès que pourraient apporter de nouvelles variétés (résistance aux maladies, résistance aux stress abiotiques, productivité ou diversification...). Dans ce troisième scénario, l'introduction sous forme de VP d'une variété présentant un réel intérêt phytosanitaire ou phytotechnique dans le contexte de production locale pourrait donc être autorisée indépendamment de la présence d'EVE activables dans son génome B. Il est à noter que ce scénario, qui se rapproche de la stratégie actuellement en place, pourrait le cas échéant être étendu au cas par cas à des matériels d'intérêt agronomique ou phytotechnique majeur porteurs du génome B et provenant d'autres zones géographiques que le DROM de destination finale.

Face à la situation particulièrement complexe créée par le complexe d'espèce BSV dont seulement certaines espèces sont connues sous forme d'EVE activables (espèces appartenant au clade 1) une stratégie et un logigramme de gestion des bananiers durant la phase d'acclimatation sont proposés avec les implications suivantes :

- (1) le rejet de tout matériel non porteur d'EVE activables et dans lequel serait détectée une infection épisomale par un BSV de clade 1 ou 3 ;
- (2) le rejet de matériel porteur d'EVE activables dans lequel serait détectée une infection épisomale par un BSV de clade 3 (non intégré dans le génome B) ;
- (3) une évaluation au cas par cas pour tout autre matériel porteur d'EVE activables.

L'analyse des Cahiers des Charges existants conduit à la proposition de **stratégies de contrôle et de mesures de gestion**, tant durant la phase de CIV que durant la phase d'acclimatation des VP. Une première recommandation générale concerne le fait de prendre en compte le progrès des connaissances concernant le complexe d'espèces BSV. Au moins 9 espèces virales sont aujourd'hui reconnues dans ce complexe dont seules celles des clades 1 et 3 sont connues sous forme épisomale et seulement certaines espèces du clade 1 sous forme d'EVE activables. Il est donc recommandé d'être aussi précis que possible dans l'ensemble des textes réglementaires et de bien intégrer la complexité de ce système biologique original dans les stratégies de contrôle mises en œuvre.

Des propositions pour une évolution des listes des ON pris en compte dans les deux CdC sont par ailleurs faites, avec en particulier la recommandation de compléter la liste des ON pour lesquels est établie une obligation de démontrer le caractère indemne des pieds-mères en y intégrant *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* (Banana Blood Disease) ainsi que *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* « tropical race 4 » (également nommé *Fusarium odoratissimum*).

Pour l'avenir, il faut noter qu'un indexage systématique des pieds-mères utilisés pour produire des VP par une approche de séquençage haut débit permettrait le cas échéant de s'assurer de l'absence de l'ensemble des virus, à l'exception des BSV de la clade 1 pour lesquels il serait difficile de séparer entre des transcrits issus de formes virales intégrées (EVE) et ceux issus d'une réplication virale épisomale et pour lesquels un test de diagnostic basé sur l'IC-PCR resterait indispensable.

Concernant la phase d'acclimatation, outre le fait d'intégrer la notion de complexe d'espèce *Banana streak virus*, il est recommandé que la liste des ON à surveiller soit élargie aux organismes suivants :

- *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* « tropical race 4 » (= Foc TR4 = *Fusarium odoratissimum*) ;
- *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* (Banana Blood Disease) ;
- *Xanthomonas vasicola* pv. *Musacearum*.

S'agissant des conditions de culture des pieds-mères et compte tenu du fait que plusieurs des organismes de quarantaine ciblés ici sont susceptibles d'être disséminés par voie aérienne, le groupe de travail s'interroge sur la pertinence de laisser ouverte la possibilité que les pieds-mère puissent être "*maintenus en culture isolée en plein champ ou en culture dans une bananeraie isolée*". De l'avis du GT, le fait d'exiger que les pieds-mère soient cultivés sous abris insect-proof, sans dérogation possible, est de nature à réduire encore les risques de contamination de la filière de production de VP et à renforcer les garanties pour l'ONPV en charge de l'agrément des établissements autorisés à exporter des VP vers les DROM.

S'agissant de la phase d'acclimatation, compte tenu de leur impact potentiel et du fait que certains organismes pourraient ne pas exprimer de symptômes pendant cette phase, il est recommandé qu'au-delà d'une surveillance basée sur l'observation des symptômes, des analyses sur des prélèvements obligatoires et aléatoires soient réalisées pour les organismes catégorisés au niveau OQ dans le présent document, à savoir BBTV, espèces du complexe BSV, espèces du complexe *Ralstonia* (*R. solanacearum*, *R. syzygii*) et *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum*. Pour les organismes catégorisés au niveau ORNQ (BanMMV, CMV) et pour les bactéries des genres *Dyckeya* et *Pectobacterium* pour lesquelles la probabilité d'associations avec des VP paraît faible, il serait possible de se contenter d'une surveillance visuelle, en ayant recours à des tests que si des symptômes suspects sont détectés.

Concernant les OQ telluriques (Foc TR4, ceRs, ...), dans les situations où ces OQ seraient nouvellement signalés sur le territoire d'un DROM et dans l'environnement des pépinières, l'état sanitaire des eaux d'irrigation et de rejet devrait être régulièrement contrôlé afin de s'affranchir d'un risque de dissémination des OQ via des VP contaminés durant leur phase d'acclimatation.

Au-delà de cette surveillance en pépinières d'acclimatation, il pourrait dans certains cas être intéressant de mettre en place une surveillance globale des bananeraies issues des lots de VP importés, en particulier vis-à-vis des ON connus comme les plus impactants pour le bananier dont le BBTV, Foc TR4, les espèces du complexe *Ralstonia* (*R. solanacearum*, *R. syzygii*), ainsi que les virus du complexe BSV.

Par ailleurs, le groupe de travail souligne que les mesures spécifiques actuellement prévues pour les bananiers plantains dans le CdC Acclimatation (pas d'analyses de détection systématiques, pas de signalement officiel en cas d'observation de symptômes) conduit à ne pas effectuer de contrôle a posteriori en particulier s'agissant des BSV de clade 3. Il est donc recommandé que les bananiers porteurs d'un génome B qui développeraient des symptômes de BSV fassent l'objet de tests destinés à exclure l'hypothèse d'une infection épisomale ne résultant pas d'une activation de séquences endogène et, en particulier, d'une infection par un BSV appartenant au clade 3.

Un certain nombre d'autres recommandations sont également faites, s'agissant en particulier de l'agrément des lieux de production (acclimatation des VP) et de leur surveillance ainsi que

des mesures d'assainissement à mettre en œuvre en cas de contamination avérée des VP en pépinière.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail endosse l'ensemble des conclusions du GT « vitroplant du bananier » et du CES Risques biologiques pour la santé des végétaux.

À partir d'une liste révisée des organismes nuisibles (ON) à contrôler aux différentes étapes des dispositifs permettant la production de plants destinés à la plantation issus de vitroplants (intégrant la catégorisation des ON réalisée par le groupe de travail), l'Agence note qu'une approche moins restrictive que celle mise en œuvre actuellement permettrait d'autoriser, au cas par cas, des matériels pouvant présenter un intérêt agronomique ou phytotechnique majeur, comme par exemple l'introduction de bananiers résistants à Foc TR4 ou à la cercosporiose noire. La liste des ON à contrôler devra régulièrement être mise à jour pour tenir compte des résultats de la veille sanitaire et bibliographique.

Pour les vitroplants concernés, en particulier ceux porteurs du génome B et provenant d'autres zones géographiques que les DROM de destination, cette approche devra s'appuyer sur des mesures complémentaires à celles déjà prévues, en termes de surveillance durant la phase d'acclimatation et également d'agrément des lieux de production au cours de cette phase.

Dr Roger Genet

MOTS-CLÉS

Bananier, vitroplants, organismes nuisibles, risque d'entrée, départements et régions d'outre-mer

Banana, micropropagated plants, plant pests, risk of entry, french overseas department and region

Demande d'avis de l'Anses sur les cahiers des charges relatifs aux obligations incombant aux établissements producteurs de vitroplants (VP) de bananiers à destination de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique, de Mayotte et de la Réunion, et aux conditions d'acclimatation de VP de bananier sur ces mêmes territoires.

Saisine « n° 2020-SA-0119 VP Bananier »

**RAPPORT
d'expertise collective**

« CES Risques biologiques pour la santé des végétaux »

« Groupe de travail Vitroplants bananiers »

Novembre 2021

Citation suggérée

Anses. (2021). Demande d'avis de l'Anses sur les cahiers des charges relatifs aux obligations incombant aux établissements producteurs de vitroplants (VP) de bananiers à destination de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique, de Mayotte et de la Réunion, et aux conditions d'acclimatation de VP de bananier sur ces mêmes territoires. (saisine 2020-SA-0119). Maisons-Alfort : Anses, 59 p.

Mots clés

Bananier, vitroplants, organismes nuisibles, risque d'entrée, départements et régions d'outre-mer

Banana, micropropagated plants, plant pests, risk of entry, french overseas department and region

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

GROUPE DE TRAVAIL

Président

M. Thierry CANDRESSE – Directeur de recherche, INRAE Bordeaux, Virologie végétale.

Membres

Mme Marie-Hélène BALESSENT – Directrice de recherche, INRAE Grignon, Mycologie végétale.

M. Bruno HOSTACHY – Responsable d'unité, Anses Réunion puis retraité depuis le 01/07/2021, Phytopathologie.

M. Sébastien MASSART – Professeur, Gembloux Agrobiotech, Université de Liège, Virologie végétale.

.....

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux, objets du présent rapport ont été suivis et adoptés par le CES suivant :

- CES Risques Biologiques pour la Santé des Végétaux – septembre 2018 – septembre 2022

Président

M. Thomas LE BOURGEOIS – Directeur de recherche, CIRAD, Malherbologie.

Membres

Mme Marie-Hélène BALESSENT – Directrice de recherche, INRAE, Mycologie.

Mme Françoise BINET – Directrice de recherche, CNRS, Écologie fonctionnelle.

M. Antonio BIONDI – Chercheur, Université de Catane, Entomologiste.

M. Philippe CASTAGNONE – Directeur de recherche, INRAE, Nématologie.

Mme Péninna DEBERDT – Chargée de recherche, CIRAD, Phytopathologie.

M. Nicolas DESNEUX – Directeur de recherche, INRAE, Écotoxicologie.

Mme Marie-Laure DESPREZ-LOUSTAU – Directrice de recherche, INRAE, Mycologie.

M. Abraham ESCOBAR-GUTIERREZ – Directeur de recherche, INRAE, Agronomie.

M. Laurent GENTZBITTEL – Professeur, ENSAT, Génétique de l'interaction plante microorganisme.

M. Hervé JACTEL – Directeur de recherche, INRAE, Entomologie forestière.

M. David MAKOWSKI – Directeur de recherche, INRAE, Agronomie.

M. Arnaud MONTY – Professeur, Université de Liège, Écologie des plantes envahissantes.

Mme Maria NAVAJAS – Directrice de recherche, INRAE, Acarologie.

M. Xavier NESME – Ingénieur de recherche, INRAE, Bactériologie.

Mme Marie-Hélène ROBIN – Enseignant Chercheur, El Purpan, Protection des cultures.

M. Stéphane STEYER – Attaché scientifique, CRA-W, Virologie.

M. Éric VERDIN – Ingénieur de recherche, INRAE, Virologie.

M. François VERHEGGEN – Professeur, Université de Liège, Entomologie.

M. Thierry WETZEL – DLR Rheinpfalz, Institute of Plant Protection, Virologie.

.....

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

M. Xavier TASSUS – Coordinateur scientifique d'expertise – Anses.

.....

Secrétariat administratif

Mme Françoise LOURENCO – Anses.

AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES

Mme Marie-Line CARUANA – Directrice de recherche, CIRAD, Virologie.

M. Pierre-Yves TEYCHENEY – Directeur de recherche, CIRAD, Virologie.

Contribution écrite

M. Gilles CELLIER – Responsable de projet de recherche, unité ravageurs et agents pathogènes tropicaux, LSV Anses, Bactériologie.

Mme Aude CHABIRAND – Responsable de l'unité ravageurs et agents pathogènes tropicaux des plantes tropicales, LSV Anses, Phytopathologie.

Mme Kathy CREW – Chercheur, Université de Queensland, Australie, Virologie.

Mme Péninna DEBERDT – Chargée de recherche, CIRAD, Bactériologie.

M. Luc de LAPEYRE de BELLAIRE – Directeur de recherche, CIRAD, Mycologie.

John THOMAS – Chercheur, Université de Queensland, Australie, Virologie.

M. Altus VILJOEN – Professeur, Stellenbosch University, Afrique du Sud, Mycologie.

.....

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Sigles et abréviations	7
Liste des tableaux	8
Liste des figures	9
1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise	10
1.1 Contexte	10
1.2 Objet de la saisine	10
1.2.1 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre	11
1.3 Prévention des risques de conflits d'intérêts	11
2 Catégorisation des organismes nuisibles susceptibles d'infecter les vitroplants de bananier	13
2.1 Catégorisation des Virus du bananier	14
2.1.1 Abaca bunchy top virus (ABTV).....	14
2.1.2 Banana bract mosaic virus (BBrMV).....	15
2.1.3 Banana bunchy top virus (BBTV).	15
2.1.4 Banana mild mosaic virus (BanMMV).....	16
2.1.5 Banana streak virus (BSV).	17
2.1.6 Cucumber mosaic virus (CMV).....	21
2.1.7 Banana virus X (BVX).	22
2.1.8 Nouveaux virus identifiés sur bananier par séquençage haut débit	22
2.2 Catégorisation des Phytoplasmes, bactéries et champignons vasculaires du bananier	24
2.2.1 <i>Candidatus Phytoplasma noviguineense</i>	24
2.2.2 Bactéries du complexe d'espèces <i>Ralstonia solanacearum</i> (ceRs) :	24
2.2.3 <i>Xanthomonas vasicola</i> pv. <i>musacearum</i> (Xvm).....	26
2.2.4 Les bactéries responsables de la pourriture molle du bulbe et du pseudotrunc du bananier (<i>Dickeya</i> spp. et <i>Pectobacterium</i> spp.).....	26
2.2.5 <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>ubense</i> race TR4	27
2.3 Les Nématodes pathogènes de la banane	30
2.4 Conclusion sur la catégorisation des organismes nuisibles susceptibles d'infecter les vitroplants de bananier	31
3 Catégorisation des matériels végétaux du genre <i>Musa</i> et stratégies de contrôle du risque BSV	33
4 Analyse des cahiers des charges existants et proposition de stratégies de contrôle et de mesures de gestion	36
4.1 Cahier des Charges "Établissements producteurs de Vitroplants"	36

4.1.1	Prise en compte du progrès des connaissances concernant le complexe d'espèce BSV	36
4.1.2	Évolution éventuelle de la liste des organismes nuisibles pris en compte.....	36
4.1.3	Matériels végétaux autorisés à la multiplication.....	38
4.1.4	Conditions de culture des pieds-mère	38
4.2	Cahier des charges relatif aux conditions d'acclimatation de vitro-plants de bananiers dans les DROM.....	38
4.2.1	Surveillance pendant la phase d'acclimatation	39
4.2.2	L'agrément du lieu de production	40
4.2.3	Mesures d'assainissement	41
5	Conclusions du groupe de travail	42
6	Bibliographie.....	46
6.1	Publications	46
6.2	Normes.....	51
6.3	Législation et réglementation	52
	Annexe 1 : Lettre de saisine	54
	Annexe 2 : Conclusions de l'évaluation du risque phytosanitaire FOC-TR4	57
	Annexe 3 : Rappel des conclusions de la saisine 2018 sur la gestion du risque phytosanitaire Foc TR4.....	59

Sigles et abréviations

APcoAB : Asia-Pacific consortium on Agricultural Biotechnology

ARN : Acide ribonucléique

CdC : cahier des charges

CES : Comité d'Experts Spécialisés

CIV : Culture In Vitro

Comm pers. : communication personnelle

DArTseq : Diversity Array Technology Sequencing

DROM : Départements et Régions d'Outre-Mer

EPOM : Espace Phytosanitaire d'Outre-Mer

EVE : Endogenous Viral Element

GT : groupe de travail

IC-PCR : ImmunoCapture Polymerase Chain Reaction

ICTV : International Committee on Taxonomy of Viruses

IGS : InterGenic Spacer region

LAMP : Loop Mediated Isothermal Amplification

NIMP : Normes internationales pour les mesures phytosanitaires

OEPP : Organisation Européenne et méditerranéenne de la protection des plantes

OEPP GD : OEPP Global Database / [EPPO Global Database](#)

ON : Organisme Nuisible

ONPV : Organisation nationale de la protection des végétaux

OQ : Organisme de Quarantaine

ORNQ : Organisme Réglementé Non de Quarantaine

PCR : Polymerase Chain Reaction

RAPD : Random Amplified Polymorphic DNA

SCAR : Sequence Characterized Amplified Region

SNPs : Single Nucleotide Polymorphism

VP : Vitroplant

WOS : Web of Science

Liste des tableaux

Tableau 1 Espèces virales du complexe BSV ^a	20
Tableau 2 Nouveaux virus identifiés sur bananier par séquençage haut débit.....	23

Liste des figures

Figure 1 : Phylogénie des espèces de BSV (sur base de la méthode du Maximum-likelihood avec un support des embranchements >0.6) montrant la structuration des espèces en 3 clades (figure tirée de Chabannes <i>et al.</i> , 2021).	18
Figure 2 : Proportion relative d'articles référençant les types de génotypes de bananiers identifiés comme résistants à Foc TR4, publiés au cours des 10 dernières années (Rocha <i>et al.</i> , 2021).	30
Figure 3 : Schéma BSV : mesures de contrôle a posteriori et logigramme décisionnel pour les VP porteurs d'un génome B en phase d'acclimatation en pépinière.....	34

1 Contexte, objet et modalités de réalisation de l'expertise

1.1 Contexte

L'octroi de dérogations à l'interdiction d'importation de matériels végétal susceptibles de présenter un risque d'introduction d'organismes nuisibles nécessite, selon les termes de l'article 15 de l'arrêté du 3 septembre 1990, « qu'il soit établi par un ou plusieurs des facteurs suivants qu'une propagation d'organismes nuisibles n'est pas à craindre : origine des végétaux ou produits végétaux ; traitement approprié ; mesures de précautions particulières à prendre lors de l'introduction des végétaux ou produits végétaux ». L'arrêté du 17 octobre 1995 définit ainsi les conditions d'entrée par dérogation de matériel végétal de bananiers dans les départements et régions d'outre-mer :

« En application de l'article 16 de l'arrêté du 3 septembre 1990 susvisé, l'autorisation d'entrée est délivrée exclusivement pour du matériel végétal de bananiers sous forme stricte de vitroplants non réacclimatés et de " semences artificielles " à l'exclusion de toute autre plante cultivée in vivo, sous réserve que l'opération satisfasse aux exigences [de deux cahiers des charges] » :

- un cahier des charges relatif aux obligations incombant aux établissements producteurs de VP de bananiers à destination de la Guadeloupe, la Guyane, la Martinique, de Mayotte et de la Réunion ;
- un cahier des charges relatif aux conditions d'acclimatation de vitroplants (VP) de bananiers en Guadeloupe, en Guyane, en Martinique, à Mayotte et à la Réunion.

Depuis 1995, ces cahiers des charges ont été révisés à plusieurs reprises, la dernière révision en date remontant à 2016.

Bien que les problématiques des filières bananières divergent selon l'espace phytosanitaire considéré (des Antilles, de la Réunion, de la Guyane ou de Mayotte), le recours aux VP comme matériel végétal destiné à la plantation s'est généralisé en particulier pour la filière banane destinée à l'exportation. Ces cahiers des charges, qui sont en application depuis 25 ans, ont donné lieu à des applications et des pratiques parfois différentes conduisant à une gestion différenciée des risques selon les territoires.

Parallèlement, les professionnels de la filière banane, qui sont confrontés aux charges croissantes des analyses, expriment des demandes d'importation de matériel végétal destiné à diversifier les sources d'approvisionnement en VP de manière à pouvoir disposer de variétés et cultivars performants et adaptés aux conditions agroenvironnementales des territoires. Par exemple, les professionnels sont demandeurs de variétés apportant des résistances à certaines maladies fortement impactantes comme la cercosporiose noire (*Pseudocercospora fijiensis*) qui affecte de plus en plus la qualité des fruits les rendant impropres à la commercialisation une fois arrivés dans le pays de destination ou encore la fusariose (*Fusarium oxysporum* fsp TR4) qui est une maladie émergente en progression préoccupante et induisant le dépérissement des bananiers.

Ce contexte, allié à l'actualisation en 2020 du règlement de la santé des végétaux dans les DROM, pousse à une refonte des cahiers des charges dont le respect par les opérateurs permet d'obtenir une autorisation d'importation de VP de bananiers dans les DROM. Ceci motivait donc la sollicitation d'un avis de l'Anses dont les conclusions et recommandations

pourront servir de base pour actualiser et standardiser les procédures de contrôles pratiquées aux différentes étapes du cycle de production et de commercialisation des VP, avec pour objectif premier le maintien d'un niveau satisfaisant de maîtrise des risques et avec pour objectif secondaire l'identification de solutions flexibles permettant de réduire les coûts à la charge des professionnels. Le résultat attendu doit, en aval, permettre d'apporter aux services en charge de l'application des cahiers des charges les moyens adaptés aux situations leur permettant d'assurer la maîtrise des risques.

L'Anses est saisie afin d'apporter son avis sur les points suivants :

« Comment faire évoluer les deux cahiers des charges tout en prenant en compte les évolutions réglementaires, en harmonisant les pratiques entre les différents espaces phytosanitaires d'Outre-mer (EPOM) et en maintenant un niveau de sécurité sanitaire satisfaisant ?

Plus précisément, cette saisine devra apporter les précisions suivantes :

- *la liste des organismes nuisibles (ON) à contrôler aux différentes étapes des dispositifs mis en œuvre dans les établissements producteurs et acclimateurs de VP et aboutissant à la production des plants destinés à la plantation issus de VP ;*
- *les stratégies de contrôle et de suivi à adopter en fonction des risques, en prenant en compte le contrôle de la qualité sanitaire de l'eau d'irrigation ;*
- *la liste des matériels végétaux pouvant être autorisés en fournissant les outils utiles à la prise de décision en fonction de la carte d'identité des plantes mères (origine géographique, nature génétique, et tout autre élément susceptible d'aider à la prise de décision, en particulier les conditions de culture des pieds-mères et la connaissance de leur environnement). »*

1.2 Objet de la saisine

1.2.1 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre

L'Anses a confié au groupe de travail « Vitroplants bananier », rattaché au comité d'experts spécialisé « risques biologiques pour la santé des végétaux » l'instruction de cette saisine (Annexe 1).

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement au CES (tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques). Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

Ces travaux sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (mai 2003) »

1.3 Prévention des risques de conflits d'intérêts

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Du fait d'un lien d'intérêt identifié entre le CIRAD et une entreprise productrice de vitroplants, les membres du CES qui sont agents de ce centre n'ont ni participé aux présentations préliminaires à la finalisation du rapport ni à la validation des conclusions formulées par le groupe de travail.

Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

2 Catégorisation des organismes nuisibles susceptibles d'infecter les vitroplants de bananier

Afin d'établir la liste des organismes nuisibles (ON) à contrôler aux différentes étapes des dispositifs mis en œuvre dans les établissements producteurs et acclimateurs de vitroplants (VP) de bananier, le groupe de travail a réalisé une catégorisation simplifiée des virus (et des insectes vecteurs associés), phytoplasmes, bactéries, champignons et nématodes susceptibles d'être associés à des VP ou susceptibles de les contaminer durant la phase d'acclimatation. Cette analyse a été réalisée sur la base des informations disponibles sur la biologie et la distribution des différents agents et en intégrant les différents critères pris en compte dans la législation européenne pour définir les organismes de quarantaine (OQ)¹ ou les organismes réglementés non de quarantaine (ORNQ)². Cette démarche ne vise pas à proposer une classification des agents en OQ ou ORNQ mais à vérifier s'ils présentent des caractéristiques et des risques associés suggérant qu'ils devraient être pris en compte dans une stratégie de contrôle de la filière VP.

Tous les virus connus pour infecter les bananiers sont des agents systémiques qui se généralisent dans la plante *via* ses tissus conducteurs. Comme la grande majorité des virus de plante, ils sont en conséquence efficacement transmis par l'ensemble des pratiques de multiplication végétative, dont le bouturage, la séparation de rejets ou la culture *in vitro*. En l'absence de toute mesure de contrôle, les VP de bananier constituent donc une voie d'entrée privilégiée de ces virus dans les zones concernées par la présente analyse de risque, l'incertitude attachée à cette conclusion étant quasiment nulle. En conséquence, le matériel végétal destiné à la plantation est identifié comme une voie majeure de dissémination de tous ces virus, ce qui est une des conditions définissant les ORNQ.

Une conclusion comparable peut être tirée s'agissant des phytoplasmes et, à un moindre niveau, des bactéries et champignons phytopathogènes colonisant le système vasculaire. En effet, les phytoplasmes, champignons et surtout les bactéries sont des contaminants fréquemment rencontrés en culture *in vitro* (CIV). Leur survie au niveau de la plante peut être épiphyte ou endophyte et, dans certains cas, se faire sans prolifération visible ou extériorisation de symptômes sur les VP. Il est important de considérer qu'aucune source bibliographique ne démontre la possibilité ni ne permet d'exclure totalement la présence en CIV des bactéries vasculaires transmissibles par le matériel végétal destiné à la plantation (Blomme, 2017) que sont *Ralstonia solanacearum*, *Ralstonia syzygii subsp. celebesensis* et *Xanthomonas vasicola pv. musacearum*, ou le champignon vasculaire *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. L'ensemble de ces organismes, ainsi que les bactéries des genres *Dickeya* et *Pectobacterium* responsables de pourritures molles (soft rot) sur bulbe et pseudotrunc ont donc été considérés dans cet exercice de catégorisation.

¹ Un organisme de quarantaine est un organisme nuisible qui a une importance potentielle pour l'économie de la zone menacée et qui n'est pas encore présent dans cette zone ou bien qui y est présent mais n'y est pas largement disséminé et fait l'objet d'une lutte officielle (FAO NIMP 5).

² Un organisme réglementé non de quarantaine est un organisme nuisible présent dans la zone menacée et dont la présence dans les végétaux destinés à la plantation affecte l'usage prévu de ces végétaux, avec une incidence économique inacceptable et donc dont la présence sur le matériel végétal de plantation est réglementée (FAO NIMP 5).

Par contre, il a été considéré qu'il est peu probable que des champignons pathogènes non vasculaires, des nématodes ou des arthropodes puissent être associés à des VP sans que leur développement ne soit immédiatement visuellement repérable. Par conséquent, ils ont donc été éliminés de la liste des organismes devant être pris en compte par les opérations de contrôle de la phase de production des VP. Cependant, il est important de considérer que ces agents peuvent éventuellement contaminer les plantes issues de VP durant la phase d'acclimatation avec d'éventuelles conséquences significatives en termes de dissémination des pathogènes concernés.

2.1 Catégorisation des virus du bananier

2.1.1 *Abaca bunchy top virus* (ABTV).

L'ABTV est un virus mal connu, décrit par Sharman *et al.* (2008). Tout comme le banana bunchy top virus (BBTV) dont il est proche, c'est un membre du genre *Babuvirus* dans la famille des *Nanoviridae*. C'est un virus bien caractérisé au plan moléculaire et pour lequel des approches de diagnostic sont disponibles (Sharman *et al.*, 2008 ; Galvez *et al.*, 2020). Ce virus n'est pas connu pour être présent dans les DROM et les séquences d'ABTV disponibles dans GeneBank ne proviennent que de Malaisie et des Philippines, suggérant une distribution géographique limitée. Les incertitudes associées à la distribution géographique viennent en particulier de la confusion possible avec le BBTV du fait des symptômes comparables que ces deux virus induisent.

L'ABTV est transmis par le puceron du bananier, *Pentalonia nigronervosa* (Sharman *et al.*, 2008) qui est connu pour être présent en Guadeloupe, en Martinique et à la Réunion et dont la présence est incertaine en Guyane et à Mayotte. Une capacité de dispersion naturelle de l'ABTV dans les territoires considérés est donc fortement probable avec de faibles incertitudes. L'ABTV cause des symptômes graves chez l'abaca (*Musa textilis*), une espèce voisine des bananiers (*Musa acuminata*, *Musa balbisiana* et leurs hybrides). Ces symptômes rappellent les symptômes causés par le BBTV, avec un rabougrissement prononcé, des déformations et des décolorations des feuilles. La maladie causée par l'ABTV est considérée comme la plus importante sur cette culture (Sharman *et al.*, 2008 ; Galvez *et al.*, 2020). Des infections mixtes BBTV-ABTV ont aussi été observées chez l'abaca. Des incertitudes existent quant à la capacité de l'ABTV à infecter les bananiers autres que l'abaca et à y causer des symptômes (Sharman *et al.*, 2008). Une seule détection a été rapportée sur bananier, plus précisément sur le cultivar Pisang rastali en Malaisie (Sharman *et al.*, 2008). Aucune étude complète n'a encore été réalisée sur la prévalence de l'ABTV sur bananier, même dans sa zone supposée d'origine, les Philippines. Même si l'abaca semble avoir été cultivé dans certains DROM (Guadeloupe, Martinique, Guyane) au 19^{ème} siècle (Duss, 1897), il n'y semble plus actuellement commercialement cultivé à la possible exception d'utilisation comme plante d'ornement.

Globalement l'ABTV remplit les critères d'un OQ à l'exception possible de la capacité de ce virus à avoir un impact sur bananiers. Pour ce critère des incertitudes fortes existent du fait d'un manque d'information sur les interactions ABTV-bananiers. Ces incertitudes expliquent sans doute qu'au plan international la vérification de l'absence d'ABTV ne soit pas requise pour la circulation des VP de bananier. Cependant, la présence de ce virus sur des VP de bananier en impacterait sans nul doute très négativement l'utilisation.

2.1.2 *Banana bract mosaic virus (BBrMV)*

Le BBrMV est un virus bien caractérisé, membre du genre *Potyvirus* dans la famille des *Potyviridae* pour lequel des approches de diagnostic sérologique ou moléculaire sont largement disponibles (Koh *et al.*, 2020 ; Selvarajan *et al.*, 2020). Le BBrMV n'est pas connu pour être actuellement présent dans les DROM. Sa présence est rapportée en Asie (Inde, Philippines, Sri Lanka, Thaïlande, Vietnam) et en Océanie (Samoa) (EPPO GD accédée 20/4/2021). Il a également été rapporté présent en Équateur et en Colombie (Quito-Avila *et al.*, 2013) et à Hawaï sur *Alpinia* (Zhang *et al.*, 2016). Une suspicion de contamination d'une filière de VP en Guadeloupe et Martinique a été rapportée en 2006 mais celle-ci n'a apparemment jamais été confirmée de façon absolue (comm pers ML Caruana et PY Teycheney). Aucun autre cas de détection de ce virus n'a été rapporté depuis dans ces DROM, ni sur VP, ni en parcelle de production. La probabilité de la présence de ce virus en Guadeloupe et en Martinique est faible avec cependant d'importantes incertitudes (comm pers ML Caruana et PY Teycheney).

Le BBrMV est transmis par le puceron du bananier, *Pentalonia nigronervosa* ainsi que par plusieurs autres espèces de pucerons largement répandues (*Rhopalosiphum maidis*, *Aphis gossypii*, *Aphis craccivora*...) (Kumar *et al.*, 2015). Sa capacité de dispersion naturelle dans les territoires considérés doit donc être considérée comme avérée.

Le BBrMV cause des symptômes graves chez les bananiers, avec des décolorations sur les pseudotruncs, les feuilles, les bractées et même les fruits, qui peuvent dans certains cas devenir nécrotiques. Cependant, chez les variétés de bananier les moins sensibles, les symptômes peuvent n'être visibles que sur les bractées. Des pertes de rendement allant de 30 à 70% ont été rapportées (Kumar *et al.*, 2015 et références citées). L'impact potentiel de ce virus en terme de maladie et de perte de rendement est donc clairement établi.

En conclusion, le BBrMV remplit tous les critères d'un OQ et les incertitudes associées à cette évaluation sont globalement faibles.

2.1.3 *Banana bunchy top virus (BBTV)*

Le BBTV est un virus particulièrement bien connu, membre du genre *Babuvirus* dans la famille des *Nanoviridae*. C'est un virus bien caractérisé, ayant fait l'objet de nombreux travaux et pour lequel des méthodes performantes de diagnostic, tant sérologiques que moléculaires, sont disponibles (pour revue voir Kumar *et al.*, 2015). Ce virus n'est pas connu pour être présent dans les DROM mais il a été rapporté dans de nombreux pays d'Afrique, d'Asie, d'Océanie ainsi qu'aux USA (OEPP GD, accédée 20/4/2021).

Tout comme l'ABTV, le BBTV est transmis par le puceron du bananier, *Pentalonia nigronervosa* (Kumar *et al.*, 2015) et sa capacité de dispersion naturelle dans les territoires considérés doit donc être considérée comme très probable avec de faibles incertitudes. Dans les pays d'Afrique de l'Est et centrale, la dissémination à moyenne et longue distance du BBTV a été permise par le biais de la circulation de plants de bananier issus de ressources génétiques contaminées (Kumar *et al.*, 2015 ; Blomme, 2017).

Le BBTV est considéré comme étant responsable de la maladie virale la plus grave chez les bananiers. Les symptômes sont généralement sévères avec des plants rabougris, des feuilles déformées et décolorées. Dans les variétés les plus sensibles, les plants infectés précocement ne portent pas de fruits ou seulement des fruits sévèrement déformés, les pertes pouvant être

considérables (Kumar *et al.*, 2015). L'impact potentiel de ce virus en terme de maladie et de pertes de rendement est donc clairement établi.

En conclusion, le BBTV remplit tous les critères d'un OQ et les incertitudes associées à cette évaluation sont faibles.

2.1.4 *Banana mild mosaic virus (BanMMV).*

Le BanMMV est un virus décrit relativement récemment (Gambley & Thomas, 2001), membre de la famille des *Betaflexiviridae* mais non encore assigné à un genre viral. C'est un virus bien caractérisé au plan moléculaire, présentant une variabilité de séquence importante (Teycheney *et al.*, 2005a) et pour lequel des méthodes de détection sérologiques et moléculaires ont été décrites (Teycheney *et al.*, 2007 ; Hanafi *et al.*, 2020). Toutefois, l'importante diversité moléculaire de ce virus fait qu'il reste des incertitudes quant à la capacité des méthodes de détection disponibles à détecter l'ensemble des isolats.

Le BanMMV est vraisemblablement présent dans la plupart des régions productrices de bananes dans le monde (Baker *et al.*, 2008 ; Thomas, 2015). Cependant, en l'absence d'enquêtes ou de surveillance spécifiques et comme les symptômes causés par le BanMMV sont souvent peu marqués et transitoires, l'analyse de la distribution du BanMMV est affectée par d'importantes incertitudes. Ceci concerne en particulier sa présence éventuelle dans les différents DROM.

Aucun vecteur de ce virus n'est connu à ce jour (Kumar *et al.*, 2015) mais une analyse des populations virales a suggéré, sans le démontrer formellement, une capacité de transmission de plante à plante, selon un mécanisme qui reste inconnu (Teycheney *et al.*, 2005a). Il existe donc des incertitudes importantes quant à la capacité de dispersion naturelle du BanMMV dans les conditions agroenvironnementales qui prévalent dans les différents DROM.

Les infections des bananiers par le BanMMV sont le plus souvent asymptomatiques. Des symptômes transitoires (stries chlorotiques...) peuvent cependant être parfois observés mais tendent à disparaître rapidement (Thomas, 2015). Des symptômes plus marqués ont été rapportés dans les variétés de bananiers les plus sensibles (Gambley & Thomas, 2001). Par ailleurs, des effets synergiques ont été rapportés en cas d'infection mixte avec le cucumber mosaic virus (CMV) (Iskra & Galzi, 1988). Globalement le BanMMV ne semble pas être responsable de symptômes graves sur la majorité des variétés de bananiers mais sa contribution à des symptômes plus sévères ne peut être écartée dans des situations particulières, par exemple en cas d'infection mixte avec d'autres virus. Des incertitudes liées au manque d'informations affectent notablement cette évaluation. Le risque d'épidémie semble limité mais la capacité du BanMMV à être propagé lors de la production de VP donne un risque élevé de contamination des VP en l'absence de contrôle (d'autant plus que le BanMMV peut être asymptomatique sur la plante mère). Une filière de production de VP contaminés entrainerait donc un risque d'introduction du virus sur une large échelle dans un territoire.

En conclusion, il existe de fortes incertitudes quant au fait que le BanMMV remplisse les critères d'un OQ (absence du territoire des DROM? capacité à causer des dégâts sur bananier?) mais compte tenu du risque de synergie avec le CMV, présent dans les DROM (voir 2.1.6), il semble remplir les critères d'un ORNQ.

2.1.5 *Banana streak virus (BSV).*

Initialement considéré comme une unique espèce virale présentant une diversité génétique très importante, le BSV est aujourd'hui considéré comme un complexe de plusieurs espèces membres du genre *Badnavirus* dans la famille des *Caulimoviridae*. Ces espèces sont transmises par plusieurs espèces de cochenilles (*Pseudococcidae*). Actuellement l'International Committee for the Taxonomy of Viruses (ICTV) reconnaît 9 espèces virales dans ce complexe : banana streak virus-GF (BSGFV), banana streak virus-IM (BSIMV), banana streak virus-MY (BSMYV), banana streak virus-OL (BSOLV), banana streak virus-UA (BSUAV), banana streak virus-UI (BSUIV), banana streak virus-UL (BSULV), banana streak virus-UM (BSUMV) et banana streak virus-VN (BSVNV). Plusieurs de ces espèces sont présentes sous forme intégrée (endogenous viral elements, EVE) dans les génomes A ou B du bananier. Certaines des séquences virales intégrées dans le génome B (*Musa balbisiana* et hybrides porteurs du génome B) peuvent dans certaines circonstances être activées pour donner la forme autonome, épisomale³ du virus. Cette situation concerne les BSGFV, BSIMV et BSOLV. Les EVE du virus BSMYV et, possiblement du BSVNV semblent également pouvoir être activés. Néanmoins, le lien formel entre l'activation des EVE de ces deux virus et une épidémie transmise par des cochenilles vectrices n'a pas été formellement établi (Iskra-Caruana *et al.*, 2014). Les virus du complexe sont bien caractérisés et ont fait l'objet de nombreux travaux (pour revue voir Kumar *et al.*, 2015). Une caractérisation approfondie des espèces de BSV a été récemment publiée (Chabannes *et al.*, 2021). Les auteurs ont regroupé les différentes espèces de BSV en 3 clades⁴ (cf. figure 1) :

- **Clade 1** : contient des espèces détectées sous la forme de particules virales, dont les 3 espèces intégrées sous des formes activables dans le génome B du bananier (BSIMV, BSOLV et BSGFV) et d'autres espèces comme BSMYV et BSVNV (pour lesquelles les séquences intégrées ont été identifiées mais sans que l'on ait actuellement de preuve que ces EVE ont une capacité à produire des particules virales compétentes pour la transmission par cochenille) et BSCAV, BSUAV (pour lesquelles on ne possède pas d'évidence quant au fait que les EVE soient activables) ;
- **Clade 2** : correspond à des séquences intégrées dans des génomes *Musa* et pour lesquelles aucune évidence de répllication épisomale et de production de particules virale n'existe à ce jour ;
- **Clade 3** : contient des espèces détectées sous la forme de particules virales mais pour lesquelles aucune évidence n'existe concernant leur intégration sous forme d'EVE dans des génomes *Musa*. Ce clade comprend les espèces reconnues par l'ICTV BSUIV, BSULV et BSUMV ainsi que les espèces proposées BSUJV et BSUKV.

³ Un épisome est une molécule d'ADN circulaire, extrachromosomique, qui peut se répliquer de manière autonome.

⁴ Groupement de plusieurs embranchements d'espèces virales ayant une organisation et une origine communes. Le clade contient un ancêtre et tous ses descendants.

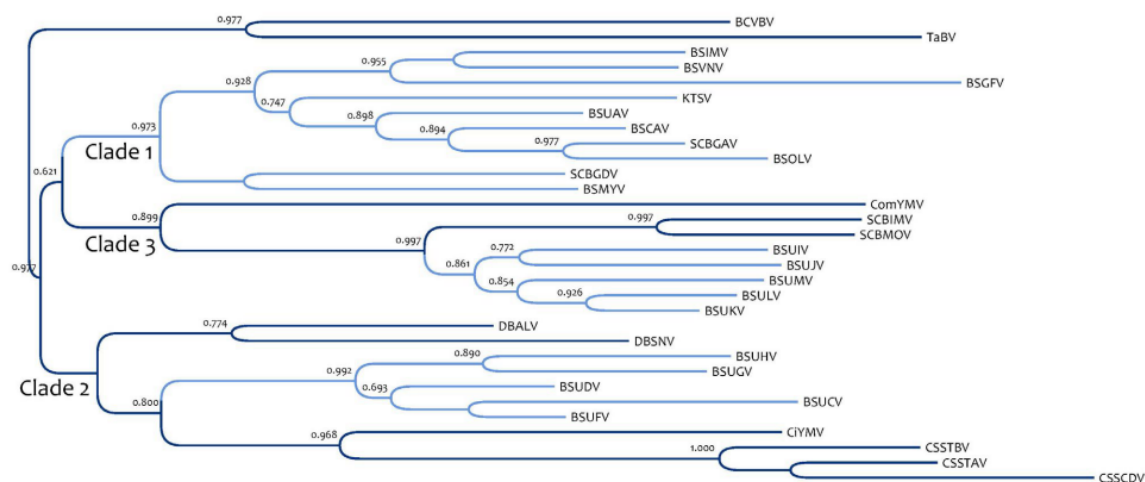


Figure 1 : Phylogénie des espèces de BSV (sur base de la méthode du Maximum-likelihood avec un support des embranchements >0.6) montrant la structuration des espèces en 3 clades (figure tirée de Chabannes *et al.*, 2021).

Des méthodes efficaces de diagnostic, tant sérologiques que moléculaires sont assez largement disponibles (Thomas, 2015) mais pour certains virus du complexe appartenant au Clade 1, l'utilisation d'approches moléculaires est rendue plus complexe par l'existence des EVE qu'il est important de différencier d'infections virales épisomales (Kumar *et al.*, 2015). Des anticorps sont disponibles pour la plupart des espèces du Clade 1, rendant réalisable le test d'immunocapture-PCR permettant de différencier les infections épisomales. Il faut cependant noter que certains anticorps ne sont pas disponibles commercialement mais mis à disposition par des équipes de recherche comme celle de John Thomas et Kathy Crew à l'Université de Brisbane (Australie). Au niveau français, les analyses de détection du BSV sur bananier sont actuellement réalisées selon la méthode officielle MA044 (détection des espèces BSIMV, BSOLV et BSGFV et BSMYV, par PCR conventionnelle multiplexe).

Pour les espèces du Clade 3 qui ne sont connues que sous forme épisomale, des protocoles de test reposant sur une extraction d'ADN suivie d'une PCR ont été proposés (Chabannes *et al.*, 2021) mais aucun anticorps spécifique n'existe à l'heure actuelle. Il semble important de souligner ici que la capacité de ces amorces PCR à amplifier tous les isolats d'une espèce donnée n'a pas été expérimentalement évaluée et que l'inclusivité (capacité à détecter l'ensemble des isolats de l'organisme cible) des tests PCR correspondants ne peut donc être considérée comme établie.

La présence de membres du complexe BSV a été rapportée dans une quarantaine de pays des cinq continents (Kumar *et al.*, 2015). La présence de certaines espèces de BSV est connue en Guadeloupe, en Martinique et à la Réunion (cf Tableau 1). On ne dispose pas d'informations quant à leur éventuelle présence en Guyane ou à Mayotte. En Guadeloupe, des enquêtes portant sur la présence de membres du complexe BSV ont été menées en 2006, 2013 et 2015. Malgré la présence de symptômes foliaires sur des variétés plantain et figue-pomme, aucun impact sur la production n'a été mis en évidence. Dans le cadre de plusieurs projets de recherche menés en Guadeloupe et en République Dominicaine (RD), des parcelles expérimentales randomisées ont été mises en place, par exemple avec des bananiers du type French (AAB) porteurs d'EVE activables. La présence de particules de BSV et de symptômes a été suivie durant au moins 2 ans (3 cycles de végétation). En fonction de l'essai, le pourcentage d'activation des EVE dans des plantes issues de VP a été au maximum de 14,4 % (BSGFV sur French en Guadeloupe), 9,2 % (BSGFV sur hybrides en RD) et 19,7% (BSGFV

sur FIAH21 en RD). Dans ces essais, la fréquence de détection du BSOLV et du BSGFV a diminué au cours du temps et un effet de la variété a été observé. Lorsque le dispositif expérimental le permettait, l'analyse de ces activations n'a pas montré d'impact sur le rendement (comm. pers. PY Teycheney). La possibilité d'activation d'EVE dans des plantes issues de VP doit donc être considérée comme avérée mais les conséquences en demeurent incertaines.

Tableau 1 Espèces virales du complexe BSV^a

Clade N°	Espèces virales	EVE ^b	Formes épisomales	Particules virales / compétentes pour être transmises par cochenille	Méthode officielle de diagnostic	Présence dans les DROM ^c
1	BSIMV	Oui	Oui	Oui / Oui	Méthode officielle MA 044	Non rapporté
	BSOLV	Oui	Oui	Oui / Oui	Méthode officielle MA 044	Réunion, Guadeloupe et Martinique
	BSGFV	Oui	Oui	Oui / Oui	Méthode officielle MA 044	Guadeloupe et Martinique
	BSMYV	Oui ^d	Oui	Oui / Pas d'informations	Méthode officielle MA 044	Réunion
	BSVNV	Oui ^d	Oui	Oui / Pas d'informations	Méthode à mettre au point	Non rapporté
	BSCAV	Oui ^e	Oui	Oui / Oui	Méthode à mettre au point	Non rapporté
	BSUAV	Oui ^e	Oui	Oui / Oui	Méthode à mettre au point	Non rapporté
2	BSUHV	Oui	Non	Pas de particules produites. Virus connus seulement sous forme de séquences intégrées.	Non mais pas nécessaire : virus non connus sous forme épisomale	Non rapportés
	BSUGV	Oui	Non			
	BSUDV	Oui	Non			
	BSUCV	Oui	Non			
	BSUFV	Oui	Non			
3	BSUIV	Non	Oui	Oui / Oui	Méthode à mettre au point	Absent
	BSULV	Non	Oui	Oui / Oui	Méthode à mettre au point	Absent
	BSUMV	Non	Oui	Oui / Oui	Méthode à mettre au point	Absent
	BSUJV	Non	Oui	Oui / Oui	Méthode à mettre au point	Absent
	BSUKV	Non	Oui	Oui / Oui	Méthode à mettre au point	Absent

a : en gras figurent les espèces virales reconnues par l'ICTV.

b : formes intégrées au génome.

c : les informations sur la présence dans les DROM des différents membres du complexe sont affectées d'incertitudes significatives en particulier du fait que, lorsqu'ils existent, les plans de surveillance ne ciblent que certaines espèces du complexe.

d : il existe des incertitudes sur la compétence à la vécution des virus épisomaux résultat de l'activation des EVE de ce virus

e : les EVE de ce virus ne sont actuellement pas connues pour être activables

Les membres du complexe BSV sont transmis par plusieurs espèces de cochenilles dont *Planococcus citri*, *Planococcus ficus*, *Planococcus musae*, *Ferrisia virgata*, *Pseudococcus* spp., *Dysmicoccus brevipes*, *Dysmicoccus neobrevipes* et *Paracoccus burnerae* (Kumar *et al.*, 2015). Plusieurs de ces espèces sont présentes dans les DROM mais leur capacité de dispersion naturelle dans ces territoires reste incertaine car malgré la présence du virus et de vecteurs il n'a pas été enregistré de progressions épidémiques importantes, suggérant l'existence de facteurs limitants encore non ou mal identifiés (comm. pers. PY Teycheney). La dispersion naturelle des BSV dans le contexte des DROM est donc vraisemblable mais son efficacité reste très incertaine et l'impact des membres du complexe semble jusqu'à présent relativement limité.

Les membres du complexe BSV peuvent être responsables de symptômes importants. Il s'agit d'une part d'une mosaïque en tirets sur les feuilles qui peut évoluer vers des stries nécrotiques et d'autre part de phénomènes d'éclatement des pseudotruncs. Dans les cas sévères, on observe également un nanisme, une nécrose des feuilles en cigare et une mort des plantes. Selon les situations, des pertes de rendement allant de 10 à 90% ont été rapportées, les impacts les plus sévères étant souvent liés à de mauvaises conditions de croissance (pour revue voir Kumar *et al.*, 2015). L'impact potentiel des virus du complexe BSV apparaît comme clairement établi, les incertitudes affectant principalement l'ampleur de cet impact dans les conditions des DROM, l'impact de la co-infection avec d'autres virus ainsi que la question de savoir s'il peut exister des différences en termes d'impact entre les différentes espèces du complexe.

En conclusion, les virus du complexe BSV remplissent tous les critères d'un OQ, à l'exception de leur présence avérée dans certains DROM pour certaines espèces, comme le BSOLV et le BSGFV, qui remplissent alors les critères d'un ORNQ. Les incertitudes associées à cette évaluation sont faibles et portent essentiellement sur la présence éventuelle des BSV en Guyane et à Mayotte, sur l'efficacité de la dispersion naturelle par cochenille et sur l'impact des différentes espèces virales dans les conditions des DROM.

2.1.6 Cucumber mosaic virus (CMV).

Le CMV est un virus particulièrement bien connu, membre du genre *Cucumovirus* dans la famille des *Bromoviridae*. C'est un virus très bien caractérisé, ayant fait l'objet de très nombreux travaux et pour lequel des méthodes efficaces de diagnostic, tant sérologiques que moléculaires sont disponibles (pour revue voir Jacquemond, 2012). Ce virus possède une gamme d'hôtes parmi les plus larges pour les virus phytopathogènes et est vraisemblablement mondialement répandu. Il est présent dans les différents DROM.

Le CMV est efficacement transmis par de nombreuses espèces de pucerons (Jacquemond, 2012) et sa capacité de dispersion naturelle dans les territoires considérés est avérée. Il n'a été rapporté que rarement sur bananier et est en conséquence considéré chez cet hôte comme un virus d'importance mineure responsable d'une maladie de type mosaïque (Kumar *et al.*, 2015). Avant la généralisation des VP, cette maladie était connue pour ne causer que des attaques sporadiques avec une occurrence et une agressivité plus importantes au cours du premier cycle végétatif en provoquant un arrêt de production des plants atteints. Il a été montré que les plants issus de VP manifestaient une plus grande sensibilité au CMV (précocité et vitesse des épidémies) par rapport au matériel de propagation constitué de rejets (Sarah *et al.*, 1990). Des souches agressives de CMV peuvent induire des symptômes de brunissement complet de la feuille au stade cigare, de brunissement interne des gaines foliaires et le

dépérissement des bananiers (Jones *et al.*, 2014). À la Réunion, ces situations sont plutôt observées peu après la plantation et dans des systèmes de cultures associant le bananier avec des plantes maraîchères (cucurbitacées, solanées, légumineuses, ...) servant probablement de réservoir viral (données non publiées, B. Hostachy).

En conclusion, le CMV ne remplit pas le critère d'absence du territoire pour être qualifié en tant qu'OQ. Il remplit par contre les critères d'ORNQ de par sa présence signalée dans les DROM et son impact potentiel sur la culture de bananier. Les incertitudes associées à cette évaluation sont faibles et portent essentiellement sur son impact potentiel sur les bananiers en fonction des conditions agroenvironnementales et des systèmes de cultures.

2.1.7 *Banana virus X (BVX)*.

Le BVX est un virus décrit relativement récemment (Teycheney *et al.*, 2005b). C'est un membre de la famille des *Betaflexiviridae* mais qui n'est actuellement pas rattaché à un genre viral particulier. Depuis sa découverte en 2005 dans deux bananiers de la variété Som dans une collection de ressources génétiques en Guadeloupe, il a été retrouvé dans quelques autres bananiers en Guadeloupe (Teycheney *et al.*, 2005b) avec une prévalence faible (moins de 1% - comm. pers. PY. Teycheney). Sa présence n'a pas été rapportée ailleurs dans le monde. Un test de détection RT-PCR est disponible (Teycheney *et al.*, 2007) mais avec des incertitudes quant à sa capacité à détecter tous les isolats du virus.

Il n'existe aucune information quant à un éventuel vecteur du BVX ou à un mécanisme de transmission naturel de ce virus. Le BVX n'a à ce jour été détecté que dans un très faible nombre de plantes, qui étaient toutes asymptomatiques (Teycheney *et al.*, 2005b). Il existe donc de fortes incertitudes quant à sa capacité à avoir un impact sur bananier.

En conclusion, le BVX ne remplit pas le critère d'avoir un impact significatif sur bananier pour être qualifié en tant qu'OQ ou ORNQ. Du fait du volume extrêmement limité d'information sur cet organisme nuisible, cette évaluation est cependant associée à de fortes incertitudes.

2.1.8 Nouveaux virus identifiés sur bananier par séquençage haut débit

L'application des technologies de séquençage haut-débit sur des plants de bananiers provenant de collections internationales ou de nouvelles missions de collecte de diversité génétique a permis d'identifier des séquences qui pourraient correspondre à de nouvelles espèces virales infectant le genre *Musa* (tableau 2). À ce stade, les séquences génomiques de ces virus sont la principale, et parfois l'unique information disponible. Les informations concernant leur éventuelle association avec des symptômes, ou leur gamme d'hôtes au sein du genre *Musa* sont parcellaires ou inexistantes. Les quelques informations actuellement disponibles sont synthétisées dans le tableau 2 :

Tableau 2 Nouveaux virus identifiés sur bananier par séquençage haut débit

Ordre / famille / genre viral	Symptômes associés	Distribution géographique	Hôte d'origine	Commentaire	Source
<i>Betaflexiviridae</i>	non	Inconnue	<i>Musa sp.</i>		Données non publiées S. Massart
<i>Closteroviridae / Crinivirus</i>	non	Inconnue	<i>Musa sp.</i>	DéTECTÉ sur une seule accession	Données non publiées S. Massart
<i>Closteroviridae / Ampelovirus</i>	non	Étendue	Divers génotypes	Complexe d'au moins 4 espèces	Données non publiées S. Massart
<i>Picornavirales</i>	Distorsion des feuilles et lésions nécrotiques de nervures	Inconnue	Dans plusieurs accessions, incluant des lignées utilisées pour des croisements variétaux	Transmissible par outils de taille	Comm pers K. Crew

Ces virus sont indiqués ici pour information. En effet, d'une part le manque de données sur ces agents rend très incertaine toute analyse de risque et d'autre part la plupart d'entre eux ne semblent à ce stade pas être associés à une symptomatologie sur bananier. De plus, la découverte très récente de ces agents et le peu de données de séquence disponibles ne permettent pas la mise en place de tests de diagnostic présentant des garanties d'inclusivité.

Il faut cependant noter qu'un testage systématique des pieds-mères utilisés pour produire des VP par une approche de séquençage haut débit permettrait de s'assurer de l'absence de ces organismes ainsi que de l'absence de l'ensemble des virus évoqués dans ce qui précède, à l'exception des BSV de la clade 1 pour lesquels il serait difficile de séparer entre des transcrits issus d'EVE et ceux issus d'une répllication virale épisomale. Dans ce dernier cas, un test de diagnostic basé sur l'IC-PCR serait indispensable.

Enfin, s'agissant spécifiquement des risques durant la période d'acclimatation, il faut noter que pour les virus présents dans les DROM et pour lesquels des vecteurs sont également présents permettant une transmission vectorielle efficace, la période d'acclimatation pourrait permettre la contamination locale des VP avec un risque de diffusion locale des virus considérés via des VP ainsi contaminés. Les incertitudes sur l'efficacité de cette voie de diffusion éventuelle portent à la fois sur l'efficacité de contamination des VP en cours d'acclimatation et sur l'efficacité des mesures de protection ou de contrôle qui pourraient être déployées. Compte tenu des éléments de catégorisation ci-dessus, ce scénario concerne essentiellement le CMV et des virus du complexe BSV. Concernant le BVX et le BanMMV, les mécanismes de transmission naturelle vraisemblablement peu efficaces et les incertitudes quant à leur présence et à leur prévalence dans les différents DROM rendent un tel scénario beaucoup plus hypothétique, même s'il ne peut être totalement exclu.

2.2 Catégorisation des phytoplasmes, bactéries et champignons vasculaires du bananier

2.2.1 *Candidatus Phytoplasma noviguineense*

Candidatus Phytoplasma noviguineense appartient au genre *Phytoplasma*. Cette bactérie est associée avec le syndrome de Bogia du cocotier et la maladie du « wilt » du bananier en Nouvelle Guinée. Un travail d'analyse des séquences de l'ARN 16S montre que *Ca. P. noviguineense* n'est relié génétiquement à aucune autre espèce de phytoplasme. Il entraîne des symptômes de jaunissement du feuillage, de rabougrissement et de dépérissement des bananiers. Sa distribution géographique semble limitée au nord des îles de la Nouvelle Guinée (Davis *et al.*, 2012 ; Miyazaki *et al.*, 2018).

Une surveillance au champ a été conduite dans cette zone pour identifier les insectes vecteurs de *Ca. P. noviguineense*. Des espèces appartenant aux familles des *Delphacidae*, *Derbidae*, *Flatidae*, *Lophopidae*, *Pentatomidae* et des *Ricaniidae* ont été identifiées comme porteurs de ce phytoplasme (Pilotti *et al.*, 2014 ; Lu *et al.*, 2016). Six taxa appartenant à quatre familles (*Derbidae*, *Lophopidae*, *Flatidae* et *Ricaniidae*) ont été suggérés comme vecteurs possibles du fait de la détection du phytoplasme dans leur salive dont *Zophiuma pupillata* qui a montré une charge bactérienne particulièrement importante (Lu *et al.*, 2016). Il est cependant important de noter qu'à ce jour, la ou les espèces vectrices n'ont pas encore été formellement identifiées. On ne dispose donc pas d'informations sur l'éventuelle présence d'espèces vectrices dans les DROM.

Des méthodes de détection basées sur l'utilisation de la nested-PCR et de la LAMP PCR sont disponibles pour détecter *Ca. P. noviguineense* (Lu *et al.*, 2016).

Compte tenu, de son unique signalement en Nouvelle Guinée, de son impact sur la culture des bananiers, *Ca. Phytoplasma noviguineense* présente les caractéristiques d'un OQ. Du fait de l'absence de symptômes rapportés en parcelle (mais en l'absence d'une surveillance appropriée), la probabilité que *Ca. P. noviguineense* soit présent dans les DROM est faible avec une incertitude faible.

2.2.2 Bactéries du complexe d'espèces *Ralstonia solanacearum* (ceRs) :

Dans le complexe d'espèces de *Ralstonia solanacearum* (ceRs), deux espèces peuvent induire un flétrissement vasculaire des plantes appartenant au genre *Musa* (Prior *et al.*, 2016 ; Safni *et al.*, 2018).

- *Ralstonia solanacearum* (phylotypes IIA et IIB) dont la maladie associée est appelée « Maladie de Moko »
- *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* (phylotype IV ou Blood disease bacterium [BDB]) dont la maladie associée est appelée « Maladie du sang du bananier » ou « Banana Blood Disease ».

La maladie de Moko provoque des symptômes de flétrissement généralisé de la plante, se manifestant par un jaunissement, puis un dessèchement des feuilles, accompagnés d'un brunissement-rougissement du système vasculaire, y compris au niveau des fruits, et d'exsudats bactériens visibles sur les coupes des organes infectés. Aux Philippines, la maladie est aussi appelée « Bugtok » et est décrite sur des bananiers produisant des bananes à cuire (ABB) (Molina, 1999).

Au même titre que la cercosporiose noire, la maladie de Moko est considérée dans la plupart des pays comme l'une des maladies les plus dommageables à la culture du bananier. Plusieurs vagues épidémiques ont été signalées entre 1950 et 2009 dans des pays d'Amérique latine et de la Caraïbe (Sequeira, 1998 ; Buddenhagen, 2007). En Colombie, certaines zones de production de bananes desserts et plantains affectées ont enregistré des pertes de 100% en terme de mortalité des plants (Belalcazar, 2004 ; Ramirez, 2012).

Il existe une donnée ancienne suggérant la présence de *R. solanacearum* sur bananier en Guyane mais sans que l'identité de la souche n'ai jamais été confirmée ni l'observation répétée (Deberdt *et al.*, 2014). Alors que d'autres pathotypes y sont connus sur diverses cultures, *R. solanacearum* n'est pas connu sur bananier des autres DROM. À ce jour, la probabilité de présence de la bactérie dans les DROM est donc considérée comme faible avec de faibles incertitudes.

La maladie du sang du bananier (Banana Blood Disease) provoque un flétrissement du bananier avec des symptômes similaires à la maladie de Moko ; le nom de la maladie est associé à une coloration rouge-sang des vaisseaux vasculaires, y compris dans les fruits. Cette bactériose est largement disséminée dans les îles d'Indonésie où les cas de dépérissement peuvent atteindre plus de 35% des plants (Supriadi, 2005). Dans l'île de Sulawesi des pertes de 70 à 80% des plants ont été signalées (Roesmiyanto & Hutagalung, 1989). La maladie a également été signalée en Malaisie où elle est souvent associée avec la maladie de Moko avec des pertes allant jusqu'à 60% des plants sur de vastes zones de cultures (Zulperi & Sijam 2014 ; Teng *et al.*, 2016). La répartition géographique du BDB permet de considérer le risque d'introduction dans les DROM comme plus faible par rapport à la maladie de Moko qui est présente dans des zones géographiques proches des cinq DROM.

Les deux bactéries peuvent avoir une origine tellurique, aquatique ou aérienne. Au champ, les bactéries sont facilement disséminées par les opérations de taille avec les outils de type machette. Les bactéries peuvent aussi se disséminer par l'eau ou le sol. Elles se conservent dans le sol et colonisent la plante à partir de blessures des racines causées par des nématodes et des charançons. Dans le contexte d'un sol infecté, le matériel de plantation constitué par des rejets de bananier peut donc être une voie importante de dissémination. Ces bactéries sont également transmises par des insectes (diptères, hyménoptères...) qui les disséminent par voie aérienne en transportant des traces d'exsudats bactériens entre plants de bananiers (Blomme, 2017).

Les bactéries associées au ceRS sont détectables et caractérisables par diverses méthodes PCR ; au niveau français, les analyses de détection des bactéries associées au ceRS sont actuellement réalisées selon la méthode officielle Anses LSV MA036 (Détection des souches responsables de la maladie de Moko et des variants IIB-4NPB dans le complexe d'espèces *Ralstonia solanacearum* sur *Musa* spp. et dans l'eau).

De par son impact sur la culture de bananier et son absence des DROM, le ceRS présente les critères d'un OQ. Il faut noter que ces bactéries peuvent être efficacement contrôlées lors des étapes de CIV et qu'il n'existe à ce jour aucune source bibliographique démontrant (ou excluant) la possibilité de la transmission de ces bactéries via des VP (Blomme, 2017).

Par ailleurs, comme les bactéries du ceRS ont la capacité à être disséminées par l'eau, en cas de signalement dans un DROM, leur présence éventuelle dans l'eau d'irrigation et les effluents des pépinières d'acclimatation pourrait être surveillée pour éviter une éventuelle diffusion via des VP contaminés par ce mécanisme durant leur phase d'acclimatation.

2.2.3 *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum* (Xvm)

Xanthomonas vasicola pv *musacearum* est responsable d'une maladie de dépérissement vasculaire du bananier, y compris au niveau du fruit, avec la particularité de produire un abondant exsudat jaune bien visible sur la section des organes infectés. La répartition géographique de cette bactérie est limitée à l'Afrique de l'Est où elle est en progression constante depuis 2001 (Ouganda, Kenya, République Démocratique du Congo, Rwanda, Tanzanie, et Burundi ; Blomme, 2017 ; Tripathi, 2009). Cette situation épidémiologique représente un risque d'introduction de la bactérie vers l'archipel des Comores dont fait partie Mayotte.

En l'état actuel, aucune référence ne fait état de la dissémination de *X. vasicola* pv *musacearum* par l'eau ou le sol (Blomme, 2017). La majorité des contaminations est due à une transmission de la bactérie par les insectes au niveau des fleurs et par les outils de coupe. La maladie attaque toutes les espèces du genre *Musa* et est responsable de dépérissements pouvant atteindre 100% des plants dans certaines régions d'Afrique de l'Est (Tushemereirwe *et al.*, 2003 et 2004 ; Kagezi, 2006). Elle y est considérée comme la principale contrainte à la culture du bananier, en particulier pour le plantain (Kalyebara *et al.*, 2007).

En conclusion, du fait de l'impact sur les cultures de bananier et de l'absence des DROM de Xvm, cette bactérie présente les critères d'un OQ avec de faibles incertitudes. Toutefois, cette bactérie devrait pouvoir être contrôlée efficacement lors des étapes de CIV et il n'existe à ce jour aucune source bibliographique démontrant sa transmission via des VP. La biologie de Xvm est assez semblable à celle des bactéries du ceRS et leurs mesures de gestion sont donc très largement transposables.

2.2.4 Les bactéries responsables de la pourriture molle du bulbe et du pseudotrunc du bananier (*Dickeya* spp. et *Pectobacterium* spp.)

Plusieurs espèces bactériennes appartenant à la famille des Entérobactéries et aux genres *Dickeya* (*Dickeya paradisiaca*, *D. zaeae*, *D. dadantii* et *D. dadantii* subsp *dadantii*) et *Pectobacterium* (*Pectobacterium carotovorum* subsp *brasiliense* et *carotovorum*) sont responsables de pourritures molles susceptibles d'affecter le rhizome ou le pseudotrunc des bananiers (Blomme, 2017 ; Gokul *et al.*, 2019). Ces espèces bactériennes peuvent ainsi causer la rupture du pseudotrunc ou un dépérissement associé à la pourriture du bulbe. L'expression des symptômes de ces bactéries est le plus souvent associée à certaines pratiques culturales (excès d'azote ou de matière organique). Par ailleurs, l'absence de mesures prophylactiques pour la gestion des foyers (non désinfection des outils de coupe) et des conditions agro-environnementales particulièrement favorables (excès d'eau sur des sols asphyxiants et mal drainants) peuvent favoriser la dissémination des bactéries. Les dégâts sont le plus souvent sporadiques, limités à une parcelle mais avec des cas de dépérissement pouvant atteindre 50 à 100% de perte des plants (Dita, 2011 ; Fernandez & Lopez, 1970). Aucune information n'est disponible concernant la présence éventuelle de ces bactéries dans les DROM mais les symptômes correspondants ont été rapportés lors de demandes de diagnostic. Les bactéries du complexe *Dickeya* et *Pectobacterium* ont montré leur capacité à être transmises durant les opérations de CIV (Thomas *et al.*, 2011). En général le dispositif de CIV, associé à des observations visuelles répétées à toutes les étapes de la production, permet cependant de bien maîtriser leur transmission grâce à l'élimination régulière du matériel végétal symptomatique ou suspect (Van den Houwe, 1997 ; Bohra, 2014 ; Thomas *et*

al., 2008 ; Hamill & Rames, 2016). L'utilisation des antibiotiques dans les milieux synthétiques nutritifs est une pratique courante dans les établissements producteurs de VP qui peut permettre de limiter encore les risques de contamination bactérienne. Diverses méthodes de biologie moléculaires permettent de détecter ces bactéries et, au niveau français, l'Anses (LSV) dispose d'une méthode interne validée s'appuyant sur une publication scientifique (Pritchard *et al.*, 2013).

En conclusion, on peut s'interroger sur le fait que ces bactéries remplissent ou non les critères d'OQ. En effet, leur impact sur la culture de bananier est en général sporadique, et malgré leur caractère polyphage et leurs larges répartitions géographiques, des problèmes associés à *Dickeya* spp. et *Pectobacterium* spp. ne semblent pas significativement rapportés sur bananiers dans les DROM. Par ailleurs, ces bactéries peuvent être éliminées lors des étapes de CIV, ce qui limite fortement leur risque de dissémination par les VP. Une interrogation comparable à celle pesant sur leur statut d'OQ affecte donc l'analyse d'un éventuel statut ORNQ. Néanmoins dans le cadre des flux internationaux de VP, certains pays peuvent formuler des exigences visant à certifier que les VP sont issus de plantes mères indemnes de *Dickeya* et *Pectobacterium*.

2.2.5 *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* race TR4

Fusarium oxysporum f. sp. cubense race TR4 (Foc TR4) est le champignon responsable de la « maladie de Panama », ou fusariose (« fusarium wilt ») du bananier, et plus particulièrement des cultivars du sous-groupe Cavendish en conditions tropicales chaudes, correspondant à l'aire optimale de la culture du bananier dessert pour l'exportation. Foc TR4 provoque un jaunissement et un flétrissement progressif des vieilles puis des jeunes feuilles jusqu'à la mort du bananier. Cet agent pathogène a clairement été identifié comme remplissant les critères d'un OQ lors de l'ARP de l'Anses publiée en 2018 (Balesdent *et al.*, 2018). En effet, c'est un agent pathogène d'impact majeur et il est absent des DROMs (à l'exception récente de quelques foyers détectés à Mayotte ; Aguayo *et al.*, 2020). Son aire de répartition progresse dans le monde depuis sa découverte en Asie en 1992 (Drenth & Kema, 2021) ; toutes les conditions environnementales sont réunies pour assurer son établissement dans les DROMs, notamment dans les plantations de bananes destinées à l'exportation, et son éradication une fois établi serait particulièrement complexe à mettre en œuvre, comme démontré dans plusieurs zones d'introduction récentes (cf Australie, Israël, Colombie et Pérou).

Brièvement, Foc TR4 est un champignon pathogène tellurique, à reproduction strictement asexuée, produisant des formes de conservation à long terme dans le sol (chlamydospores) et causant un flétrissement puis la mort des plants suite à l'infection des racines puis la colonisation des vaisseaux de la plante hôte. Il peut être propagé principalement par le sol, les plantes infectées (symptomatiques ou asymptomatiques), l'eau (pluie, irrigation) véhiculant ses spores. Le rapport d'expertise de l'Anses de 2018 conclut clairement que Foc-TR4 constitue un risque inacceptable pour les DROMS et identifie, parmi d'autres, la filière VP comme une filière d'introduction potentielle (cf Annexe 2). En effet, même si le risque d'association de Foc TR4 avec un VP est considéré très faible (avec cependant une incertitude forte), les volumes de VP introduits chaque année dans les DROMs justifient que l'on mette en place les mesures de gestion adaptées.

2.2.5.1 Évolution des connaissances depuis 2018.

Depuis 2018, un nombre conséquent d'articles scientifiques ont été publiés concernant la fusariose du bananier. De 2019 à 2021, une recherche sur le Web of Sciences avec les mots clefs « *Fusarium wilt* » + « Banana » fait ressortir 229 références (55 seulement en restreignant à Foc TR4). Les publications principales en relation avec la saisine concernent (i) la répartition géographique (ii) la nomenclature et la diversité des populations de Foc TR4 (iii) les méthodes de détection et enfin (iv) les sources de résistance. Les avancées principales sur ces points sont résumées ci-dessous.

2.2.5.1.1 *Répartition géographique*

Depuis l'analyse de 2018, la zone de répartition de Foc TR4 s'est étendue sur le continent sud-américain, en Colombie (Garcia-Bastidas *et al.*, 2020) et au Pérou (<https://www.cabi.org/isc/tr4>; <https://www.gob.pe/institucion/senasa/noticias/429832-senasa-confirma-brote-de-fusarium-raza-4-tropical-en-piura>). La présence en Inde et au Mozambique, déjà connue, a été publiée (Thangavelu *et al.*, 2019 ; Viljoen *et al.*, 2020). Foc TR4 a également été observé en 2019 en Turquie (Özarlandan & Akgü, 2020) et à Mayotte dans l'île de Grande terre où le champignon a été détecté sur des plants de variétés « Baraboufaka » (Bluggoe) et « Kissoukari » (Silk) (Aguayo *et al.*, 2020). En Israël, Foc TR4 avait été détecté en 2016 et considéré éradiqué en 2018. Néanmoins, plusieurs foyers ont été détectés en 2019, à proximité des foyers précédents, au sud et à l'est du lac de Tibériade (<https://gd.eppo.int/reporting/article-6489>). La situation Israélienne est rapportée par l'OIEPP comme « en cours d'éradication », sans plus d'information.

Foc TR4 a également été identifié dans une serre tropicale en Angleterre (<https://www.promusa.org/blogpost580-TR4-present-in-the-UK>, décembre 2018) : isolé une première fois en 2009 sur une plante symptomatique dans une exposition de bananiers sous serre, le champignon y a été ré-isolé en 2015. Une séquence complète de cette souche a été obtenue par séquençage PacBio et publiée (Warmington *et al.*, 2019).

L'aire de répartition de Foc-TR4 continue donc son expansion.

2.2.5.1.2 *Nomenclature et diversité des populations.*

Foc TR4 est connu pour constituer un groupe de souches génétiquement très homogènes, voire clonales (Ordóñez *et al.*, 2015). Toutes les souches de Foc TR4 appartiennent au groupe de compatibilité végétative 01213/16. Toutes les descriptions récentes de souches et/ou populations dans les nouvelles zones infectées confirment cette observation (Aguayo *et al.*, 2020 ; Maymon *et al.*, 2020 ; Viljoen *et al.*, 2020). Cette situation est donc favorable au développement de méthodes moléculaires de diagnostic et de détection spécifiques.

Néanmoins les précédentes études de diversité portaient sur l'analyse des souches isolées au cours de l'invasion récente de Foc TR4. Une étude publiée en 2019 (Maryani *et al.*, 2019) s'est penchée sur la diversité génétique et la phylogénie de 203 souches de *F. oxysporum* isolées de bananier dans la zone d'origine de Foc TR4, l'Indonésie. Si ce travail confirme de nouveau la très grande proximité phylogénétique des souches capables d'attaquer des bananiers Cavendish, toutes regroupées dans une seule lignée, une certaine variabilité reste observable dans le gène RPB1 classiquement utilisé en taxonomie fongique, ce qui suggère une possible diversité génétique des souches Foc TR4 dans leur centre d'origine. Au cours de ce travail les auteurs ont proposé un nom d'espèce pour les souches de cette lignée et correspondant aux souches Foc TR4, *Fusarium odoratissimum*. Ce nom reste peu utilisé à ce jour par la communauté scientifique : depuis 2020, WOS indique 24 publications avec le mot-

clé Foc TR4, contre seulement 3 (avec un seul article en commun) avec *F. odoratissimum*. L'analyse par séquençage complet et recherche de SNPs (Single Nucleotide Polymorphism) révèle également une certaine diversité, quoique très faible (environ 250 SNP sur le génome) au sein des souches Foc TR4. Cette approche identifie 3 « groupes » de souches de Foc-TR4 apparentées entre elles : les souches du Liban et de Jordanie d'une part, les souches des Philippines et du Pakistan d'autres part, et enfin un groupe incluant des souches du Laos, du Vietnam, de la Chine et du Myanmar (Zheng *et al.*, 2018). Par une même approche, les souches Israéliennes ont été regroupées avec celles du Liban et de Jordanie, et les souches colombiennes avec une souche indonésienne, formant ainsi un 4ème groupe (Maymon *et al.*, 2020). Ces différences portent toutefois sur un très petit nombre de SNPs.

2.2.5.1.3 Méthodes de diagnostic.

Plusieurs méthodes moléculaires ont été publiées pour la détection et le diagnostic de Foc-TR4, basées sur l'amplification de gènes cibles différents (pour une revue, Aguayo *et al.*, 2017). En 2019, Magdama *et al.* (2019) ont publié une étude comparative de ces différentes méthodes. La méthode de Dita *et al.* (2010), basée sur l'IGS (amorces FocTR4F et R) détecte 5 *Fusarium* endophytes non pathogènes dont la séquence IGS est proche de celle de Foc TR4. Les méthodes de Li B. *et al.* (2013) ou Lin *et al.* (2013) basées respectivement sur un SCAR ou sur un marqueur RAPD donnent des résultats positifs (donc des faux-positifs) pour tous les isolats, indépendamment de la « race ». La méthode proposée par Li M. *et al.* (2013) basée une séquence non détaillée (amorces W2987F et R) détecte uniquement Foc TR4. Il faut noter que la méthode officielle française (MA 055), proposée par Aguayo *et al.* (2017), repose sur l'amplification de la même cible, tout comme la méthode de Magdama *et al.* (2019). Les auteurs suggèrent la nécessité d'évaluer la diversité des souches présentes localement en amont du choix d'une approche de diagnostic. Il est à noter que des kits commerciaux de diagnostic PCR sont proposés (<https://www.clear-detections.com/service/panama-disease-real-time-pcr-kits/>) mais sont basés sur les amorces de Dita *et al.* (2010) considérées comme générant de faux positifs par Madgama *et al.* (2019).

En parallèle, une méthode de diagnostic utilisant la LAMP (loop-mediated isothermal amplification) a été mise au point (Ordonez *et al.*, 2019). Celle-ci est basée sur de nouvelles amorces spécifiques après séquençage de souches par la méthodologie DArTseq. La séquence identifiée et choisie pour cible semble spécifique et non polymorphe chez les souches Foc TR4. La méthode permet de détecter 1 pg d'ADN fongique par µL et fonctionne sur extraits de plantes infectées. Moyennant une validation plus large cette méthode pourrait devenir à terme un outil supplémentaire de détection.

2.2.5.1.4 Recherche de sources de résistance à Foc TR4

Une analyse bibliographique systématique a été récemment publiée sur les travaux portant sur l'amélioration de la résistance des bananiers à Foc (Rocha *et al.*, 2021). Après sélection multicritère, 95 articles ont été retenus et analysés dont un peu plus de la moitié concernent la résistance à Foc TR4. Les travaux les plus récents (Chen *et al.*, 2019 ; Zuo *et al.*, 2018) démontrent l'existence de génotypes de bananier tolérants ou résistants à Foc TR4 dans différents types de matériels, comme la sous-espèce de bananier diploïde AA *Musa acuminata* spp. *malaccensis* et *M. acuminata* spp. *Birmanie*. Certains hybrides polyploïdes, tels que FHIA-18 (AAB) et FHIA-25 (AAAB) sont signalés comme hautement résistants à Foc TR4. Ces travaux révèlent également qu'il existe différents mécanismes de résistance parmi les variétés testées et que la réponse de résistance dépend de la charge d'inoculum. La réponse de résistance a lieu principalement dans le rhizome, qui joue un rôle important en empêchant le champignon de coloniser le reste du bananier. L'utilisation de génotypes comportant du

génomme B en tant que source de résistance à Foc-TR4 est décrite dans de nombreux articles (Figure 2). Rocha *et al.* (2021), identifient qu'environ 30% des génotypes de *Musa* utilisés dans les programmes d'amélioration de la résistance à Foc TR4 sont porteurs de génome B.

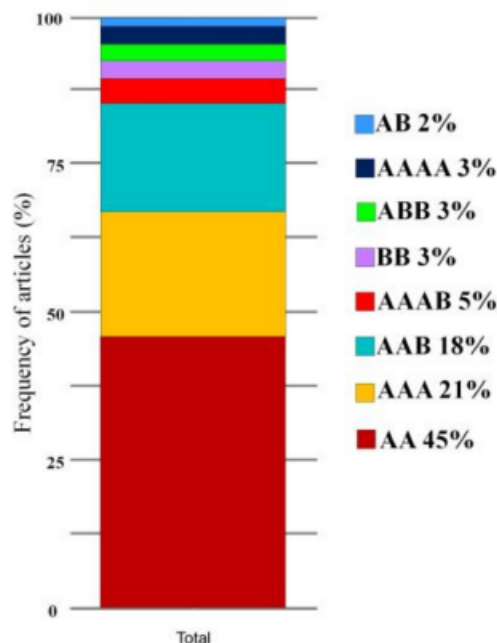


Figure 2 : Proportion relative d'articles référençant les types de génotypes de bananiers identifiés comme résistants à Foc TR4, publiés au cours des 10 dernières années (Rocha *et al.*, 2021).

En conclusion, Foc TR4, de par son absence dans les DROM à l'exception de Mayotte et son impact sur la culture de bananier, présente les critères d'un OQ. Par ailleurs, même si Foc TR4 est un champignon vasculaire, sa capacité à être transmis par les VP semblerait faible, et n'a en tout cas jamais été démontrée ni d'ailleurs totalement infirmée (Blomme, 2017). En conséquence, une incertitude forte persiste à ce sujet.

Aucune des références consultées ne fait état de l'incidence précise de la transmission de Foc TR4 par l'eau d'irrigation en pépinière de bananiers. Cependant, *Fusarium oxysporum* est considéré comme le plus important champignon phytopathogène transmissible par l'eau d'irrigation (Wick, 2014 ; Leslie & Summererell, 2008) et notamment dans les systèmes de recyclage en culture de tomate, cyclamen, œillet, basilic... Une attention particulière devra donc être apportée aux eaux d'irrigation et aux effluents pour éviter la contamination des VP pendant la phase d'acclimatation et une diffusion plus large dans le territoire via les plants acclimatés en cas de présence de Foc TR4 dans un DROM, ou pour éviter la dissémination dans l'environnement de Foc TR4 via l'importation de VP contaminés, dans les DROM pour le moment indemnes de Foc TR4.

2.3 Les nématodes pathogènes de la banane

Il est important de rappeler que le développement des VP de bananiers s'est généralisé à partir des années 1990 dans le but d'assurer le contrôle de bioagresseurs telluriques (nématodes et charançons). Ceci a permis de mettre à disposition des planteurs un matériel végétal sain destiné à des parcelles assainies par la jachère et une rotation culturale adaptée, avec pour conséquence directe la suspension pendant au moins un cycle cultural des

traitements phytosanitaires dirigés contre les nématodes et le charançon noir du bananier (*Cosmopolites sordidus*) dans un contexte de retrait de la plupart des pesticides à usage tellurique (Kwa & Ganry, 1990).

La prolifération des nématodes peut interrompre la capacité de la plante à absorber nutriments et eau, conduisant à un retard de croissance et à un renversement des bananiers affaiblis. Leur contrôle occasionne des coûts importants (Hugo & Malan, 2010).

Un des principaux nématodes infectant les bananiers est *Radopholus similis*. Il est présent dans toutes les aires de culture de la banane et notamment dans les DROM où il provoque des nécroses sur le système racinaire. Il est disséminé par le matériel destiné à la plantation, le sol, les milieux de culture et l'eau d'irrigation (Chabrier, 2008). Les VP étant dépourvus de racines, ils ne disséminent pas les nématodes.

En conclusion, du fait de l'impact sur la culture de bananier et de leur présence dans les DROM, les nématodes qui infectent les bananiers présentent les critères d'un ORNQ avec une faible incertitude. Ces nématodes ne pouvant pas être transmis par les VP, ceux-ci ne constituent pas une filière d'entrée pour ces organismes nuisibles. Les VP peuvent cependant être contaminés par des nématodes durant la phase d'acclimatation. Pour limiter cette possibilité, il est nécessaire de contrôler la qualité des substrats de culture et de l'eau d'irrigation pour prévenir toute infection.

2.4 Conclusion sur la catégorisation des organismes nuisibles susceptibles d'infecter les vitroplants de bananier

À l'exception des nématodes, qui n'ont été considérés que sous l'angle de la contamination possible des VP pendant leur acclimatation, l'ensemble des organismes analysés sont considérés comme pouvant être présents durant la phase de CIV, même si les incertitudes sur ce point sont fortes pour les bactéries et champignons vasculaires.

La catégorisation conduite permet de proposer de considérer trois groupes d'organismes :

- Les organismes remplissant les critères d'OQ ou d'ORNQ et pour lesquels l'association à des VP pendant la phase de CIV est considérée comme représentant un risque important pour la filière, et nécessitant par conséquent la mise en place de mesures de contrôle appropriées. Cette situation concerne la plupart des virus [*Banana bract mosaic virus* (BBrMV), *Banana bunchy top virus* (BBTV), *Banana mild mosaic virus*, (BanMMV), *Cucumber mosaic virus* (CMV), virus du complexe d'espèce *Banana streak virus* (BSV)], les bactéries du complexe d'espèce *Ralstonia solanacearum* (*Ralstonia solanacearum*, *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis*), *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum* et *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* « tropical race 4 » (Foc TR4, récemment nommé *Fusarium odoratissimum*).
- Deux organismes remplissant les critères d'OQ mais dont la répartition géographique très restreinte suggère que des mesures de contrôle pourraient n'être nécessaires qu'au cas par cas, en fonction de l'origine géographique du matériel végétal multiplié. Il s'agit de l'*Abaca bunchy top virus* (ABTV) et du phytoplasme *Ca. P. novoguineense*.
- Quelques organismes ne semblant remplir ni les critères d'OQ ni ceux d'ORNQ, dont les bactéries des genres *Dickeya* et *Pectobacterium*, le *Banana virus X* (BVX) et plusieurs virus récemment décrits au travers d'approches de séquençage haut débit, pour lesquels la mise en place de mesure de contrôle spécifique ne semble pas actuellement pertinente. Il est par contre recommandé de maintenir une veille scientifique sur ces organismes afin

de s'assurer que de nouvelles données ne viennent pas à l'avenir remettre en cause l'analyse de risque ayant conduit à cette conclusion.

S'agissant de l'ensemble des bactéries considérées, il est possible d'incorporer des antibiotiques dans les milieux utilisés en CIV (Bhatia & Sharma, 2015 ; Bohra *et al.*, 2014) pour se prémunir de contaminations mais cette pratique a pour principal inconvénient de masquer l'expression d'éventuels contaminants bactériens. Face à ce risque, certains laboratoires de CIV ont fait le choix de proscrire l'utilisation d'antibiotiques ou de limiter leur emploi aux étapes les plus critiques comme la mise en culture des explants issus de plantes mères candidates.

Bioversity International a publié des recommandations destinées à minimiser le risque d'introduction d'organismes pathogènes du bananier lors de la circulation de VP. Il est ainsi recommandé de ne pas mettre d'antibiotiques dans les milieux de culture de plants destinés aux échanges internationaux, afin de ne pas masquer d'éventuelles contaminations par des bactéries ou des champignons (Thomas, 2015).

Ces dispositions, bien que destinées à des activités de recherche, sont transposables à des stratégies commerciales de multiplication à grande échelle. Pour ce type de production, des recommandations ont été publiées par diverses organisations régionales. Par exemple, pour la zone Asie-Pacifique, l'APCoAB préconise qu'après une étape d'entrée *in vitro* sur milieux contenant des antibiotiques et qu'avant de passer à une étape d'amplification les explants soient contrôlés visuellement vis-à-vis d'éventuelles contaminations microbiennes en recherchant des changements de coloration du milieu et la présence de colonies bactériennes (Singh *et al.*, 2011).

S'agissant de la phase d'acclimatation, outre le contrôle a posteriori de l'absence d'ON dans les VP, une préoccupation additionnelle concerne la mise en place de mesures de gestion destinées à éviter une éventuelle contamination en pépinière des VP qui seraient alors à même de contribuer à la dissémination locale des ON impliqués. Ce risque concerne donc essentiellement des ON déjà présents dans les DROM et tout particulièrement les nématodes (dont *Rhizopholus similis*) et, au moins pour Mayotte, Foc TR4. Pourraient également être considérés comme relevant de telles mesures de surveillance ou de gestion les espèces du complexe du BSV et le CMV qui sont connus pour être présents dans au moins certains DROM et pour avoir une capacité de dissémination par des insectes vecteurs. S'agissant des autres organismes catégorisés comme OQ et donc non ou peu présents dans les DROM, les mesures de contrôle a posteriori de l'absence d'ON dans les VP devraient également permettre de déceler une éventuelle contamination en provenance de l'environnement.

Pour les ON pour lesquels des mesures de contrôle a posteriori sont recommandées, une stratégie possible pour les organismes catégorisés au niveau ORNQ dans le présent rapport serait de réaliser une surveillance visuelle accompagnée de tests de laboratoire en cas d'observation de symptômes suspects. Compte tenu des risques associés il est recommandé de ne pas se limiter à cette seule stratégie pour les organismes catégorisés au niveau OQ, mais d'accompagner la surveillance visuelle de tests systématiques par sondage.

3 Catégorisation des matériels végétaux du genre *Musa* et stratégies de contrôle du risque BSV

Compte tenu des spécificités du matériel végétal bananier, trois types de matériels et de situations peuvent être distingués :

- Le matériel végétal ne comportant que le génome A. Le génome A peut contenir des séquences BSV intégrées (EVE) mais à ce jour aucune de celles-ci n'a montré une capacité d'activation pour donner lieu à une infection virale épisomale (Chabannes *et al.*, 2021 ; Gayral & Iskra-Caruana, 2009). Ce matériel végétal ne pose pas de risque spécifique concernant les virus du complexe BSV, au-delà du risque d'une infection épisomale par un virus de clade 1 ou de clade 3 qui est géré dans les Cahiers des Charges CIV et Acclimatation⁵ par les mesures visant à garantir l'état sanitaire des pieds-mères (CdC CIV) et par des contrôles a posteriori (CdC Acclimatation).
- Le matériel végétal porteur d'un génome B dans lequel les formes virales intégrées (EVE) activables ont été éliminées ou inactivées. L'absence de risque d'activation, une fois démontré, permettrait de considérer que les risques liés à ces matériels sont comparables à ceux associés aux matériels porteurs du génome A et, en conséquence, de les gérer de façon comparable.
- Le matériel végétal porteur d'un génome B dont les formes virales intégrées (EVE) activables n'ont pas été éliminées. Ce matériel comporte un risque avéré d'activation au cours des étapes de CIV ou d'acclimatation des VP avec la possibilité d'apparition d'infection épisomales et donc potentiellement épidémiques par des BSV du clade 1 (BSGFV, BSIMV et BSOLV, et possiblement BSMYV et BSVNV).

Plusieurs approches sont de ce fait envisageables pour gérer le risque BSV associé aux matériels bananier porteurs d'un génome B comportant des EVE activables :

- L'une, très limitante, serait d'appliquer une version maximaliste du principe de précaution en posant comme base que toute plante possédant un génome B porteur d'EVE activables implique un risque d'activation et, par conséquent, de développement épidémique de membres du complexe BSV. Dans un tel raisonnement, seuls les bananiers possédant un génome A, ou possédant un génome B dont les EVE activables ont été éliminés seraient autorisés à l'introduction dans les DROM.
- La seconde, à l'opposé, supposerait que les BSV de clade 1 existant sous forme d'EVE activables dans le génome B sont déjà présents de longue date dans les DROM sans impact majeur et qu'en conséquence l'introduction de bananiers porteurs d'EVE activables ne devrait pas significativement modifier la situation actuelle.

⁵ Cahier des charges relatif aux obligations incombant aux établissements producteurs de vitro-plants de bananiers à destination de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique, de Mayotte et de la Réunion. Bulletin officiel – Agri, aout 2016.

Cahier des charges relatif aux conditions d'acclimatation de vitro-plants de bananiers en Guadeloupe, en Guyane, en Martinique, à Mayotte et à la Réunion. Bulletin officiel – Agri, aout 2016.

- Enfin des positions intermédiaires, cherchant simultanément à minorer un risque éventuel tout en permettant à la filière de bénéficier des nombreux avantages de la CIV et, éventuellement, de bénéficier des progrès que pourraient apporter de nouvelles variétés (résistance aux maladies, résistance aux stress abiotiques, productivité ou diversification...). La situation actuelle correspond déjà partiellement à une telle approche puisque la ré-introduction après multiplication en CIV d'une variété déjà cultivée localement est actuellement autorisée car perçue comme posant un risque a priori faible car chez ces variétés, l'activation des EVE qu'elles portent peut déjà s'être produite ou se produire à l'avenir.

De fait, les conclusions d'un rapport précédent de l'Anses (Caruana *et al.*, 2015) indiquaient que "La présence du génome B [...] ne doit pas constituer un blocage à l'utilisation de matériel végétal source d'innovation et de solution à des impasses phytosanitaires mais doit conduire à une adaptation des législations en s'appuyant sur des mesures gérant des risques globaux mais aussi spécifiques à certains génotypes bananier". Ce rapport préconisait donc une solution différenciée, qui est également recommandée ici, avec la possibilité d'étendre l'autorisation au cas par cas à des matériels d'intérêt agronomique ou phytotechnique majeur porteurs du génome B et provenant d'autres zones géographiques que les DROM de destination des VP.

La gestion des risques associés à de tels matériels doit être envisagée à deux niveaux. D'une part, tout comme pour tous les autres matériels bananiers, la présence sur les pieds-mères d'une infection épisomale par l'un des membres du complexe d'espèces BSV doit être considérée comme rédhibitoire et des mesures de gestion (indexage des pieds-mères...) déployées en conséquence. D'autre part des mesures de contrôle a posteriori spécifiques doivent être envisagées pour les VP en phase d'acclimatation. Ces mesures et une stratégie décisionnelle sont détaillées dans ce qui suit et dans le logigramme ci-dessous

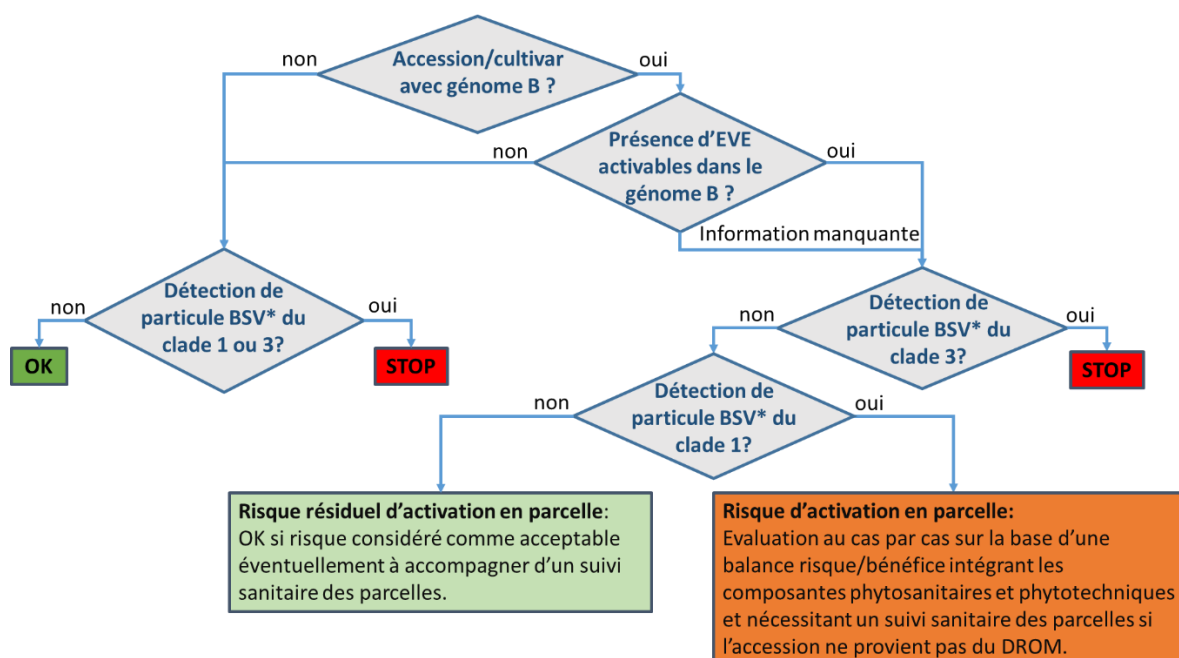


Figure 3 : Schéma BSV : mesures de contrôle a posteriori et logigramme décisionnel pour les VP porteurs d'un génome B en phase d'acclimatation en pépinière

* Détection de particules de BSV: selon une méthode basée sur l'immunocapture suivie d'une PCR ou méthode équivalente validée.

Le schéma tient compte des spécificités des EVE de certaines espèces de BSV et des risques d'activation pour donner lieu à une infection épisomale. Tout d'abord les BSV appartenant au clade 2 ne sont pas considérés car ces EVE ne sont pas connus pour donner des formes épisomales ou des particules virales. De plus, une distinction est envisagée sur la base du génome de la plante testée. Si la plante ne possède pas de génome B, ou ne contient pas d'EVE activable dans son génome B, toute détection de BSV de clade 1 ou 3 devrait entraîner la destruction du lot puisqu'elle marquerait une infection virale épisomale et donc transmissible et épidémique en présence du vecteur. Pour une plante contenant au moins une copie du génome B, la détection de particules d'un BSV de clade 3 marque également une infection virale (les BSV de clade 3 n'étant pas connus pour avoir des EVE activables) et entraîne les mêmes conséquences en termes de destruction du lot. Pour ces mêmes plantes, l'interprétation des résultats d'un test détectant les particules d'un BSV du clade 1 pourrait par contre être contextualisée. En effet, un résultat négatif indique que les conditions de CIV et/ou d'acclimatation n'étaient pas propices à l'activation des EVE présents dans le génome B. Néanmoins, il est impossible de prédire si ces EVE présentent un risque d'activation ultérieur pour ce cultivar dans les conditions de culture des DROM et donc un risque de développement d'épidémie. De même, un résultat positif indique que les conditions de CIV ont été propices à l'activation d'au moins un EVE. Les conséquences de cette activation sont néanmoins difficiles à prédire au vu des données expérimentales (voir 2.1.5.) déjà acquises et de l'impact limité que les espèces de BSV déjà présentes dans les DROM ont actuellement sur la production bananière locale. En première approche ce risque pourrait être considéré comme négligeable s'agissant d'un matériel végétal provenant du DROM considéré. L'incertitude pesant sur ce risque est plus élevée s'agissant d'un matériel végétal ayant une autre origine et pourrait être appréciée au cas par cas, en mettant ce risque en balance avec l'intérêt agronomique et phytotechnique du matériel végétal impliqué.

L'introduction d'une espèce de BSV du clade 1 non déjà présente dans un DROM implique un risque encore plus difficile à apprécier mais possiblement supérieur de par son caractère de nouveauté. Par conséquent, l'introduction de VP infectés par une espèce de BSV de clade 1 non déjà présente sur un territoire devrait aussi être appréciée au cas par cas, en mettant ce risque en balance avec l'intérêt agronomique et phytotechnique du matériel végétal impliqué.

4 Analyse des cahiers des charges existants et proposition de stratégies de contrôle et de mesures de gestion

4.1 Cahier des Charges "Établissements producteurs de Vitroplants"

Compte tenu des éléments d'analyse de risque qui précèdent, le Cahier des Charges existant pourrait évoluer sur quatre points principaux qui concernent (i) la prise en compte du progrès des connaissances concernant le complexe d'espèce BSV, (ii) l'évolution éventuelle de la liste des organismes nuisibles pris en compte, (iii) les matériels végétaux autorisés à la multiplication et enfin (iv) les conditions de culture des pieds-mères.

4.1.1 Prise en compte du progrès des connaissances concernant le complexe d'espèce BSV

Le Cahier des Charges actuel ne prend qu'imparfaitement en compte le progrès des connaissances sur le complexe d'espèces BSV et sur le fait que le *Banana streak virus* est aujourd'hui considéré comme un complexe regroupant 9 espèces reconnues par l'International Committee for the Taxonomy of viruses (ICTV) qui apparaissent (avec des incertitudes, cf 2.1.5) comme représentant un risque significatif en cas d'introduction. Il semble donc nécessaire de faire évoluer les mesures de gestion en prenant en compte l'ensemble de ces agents, en particulier en remplaçant toute mention au « *Banana streak virus* (BSV) » dans le Cahier des Charges par une terminologie appropriée qui pourrait par exemple être "membres du complexe d'espèces *Banana streak virus*", afin de lever les ambiguïtés et de s'assurer que l'ensemble des agents est bien pris en compte.

4.1.2 Évolution éventuelle de la liste des organismes nuisibles pris en compte

Les organismes nuisibles sont actuellement pris en compte à deux niveaux dans le Cahier des Charges existant.

D'une part, il est demandé que les plantes candidates soient certifiées comme provenant de zones indemnes des organismes suivants :

- *Banana bract mosaic virus (BBrMV)*
- *Banana bunchy top virus (BBTV)*
- *Virus proches du Banana streak virus (BSV) tels que Banana streak GF virus (BSGFV) ou Banana streak Mysore virus (BSMYV).*
- *Xanthomonas vasicola pv. musacearum*
- *Bactéries du complexe Moko⁶ (Ralstonia solanacearum, Banana Blood Disease).*
- *Fusarium oxysporum f. sp. cubense « tropical race 4 ».*

Les plantes-candidates doivent aussi être certifiées provenir de zones à faible prévalence pour les organismes nuisibles suivants :

⁶ Le GT fait remarquer que la formulation utilisée dans le CdC est inappropriée (cf partie 2.)

- Banana streak virus (*BSV*)
- Cucumber mosaic virus (*CMV*)

En fonction de l'origine géographique des plants, la catégorisation des organismes nuisibles du bananier réalisée dans le cadre de ce travail suggère que l'*Abaca bunchy top virus* et le phytoplasme *Ca. P. novoguineense* pourraient être rajoutés, au cas par cas, à cette liste. Comme indiqué ci-dessus la liste devrait également intégrer plus efficacement la notion de complexe d'espèces concernant le BSV. Cette notion de complexe viral permettrait de lever certaines incohérences figurant dans le CdC actuellement en vigueur, comme par exemple le fait de n'autoriser les plants que s'ils proviennent de zones indemnes du *Banana streak GF virus* (*BSGFV*) ou du *Banana streak Mysore virus* (*BSMYV*) ou de zones à faible prévalence du BSV, alors même que le BSGFV est l'un des membres du complexe clairement présent dans les DOM. Dans la pratique, la recommandation pourrait être une formulation conduisant à veiller à l'absence de toute espèce du complexe BSV (cf. tableau 1) en réplique épisomale dans les pieds-mères candidats.

Par ailleurs, s'agissant du CMV, virus extrêmement polyphage, la notion de zone à faible prévalence semble très peu opérationnelle pour ce virus et pourrait être supprimée. Enfin, il importerait également de prendre en compte l'évolution de la taxonomie de *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* (Banana Blood Disease).

Le second niveau où les organismes nuisibles sont pris en compte dans le Cahier des Charges existant concerne une obligation de tester et de démontrer que les pieds-mères utilisés sont indemnes des organismes nuisibles suivants :

- Banana bract mosaic virus (*BBrMV*)
- Banana bunchy top virus (*BbTV*)
- Banana mild mosaic virus (*BanMMV*)
- Cucumber mosaic virus (*CMV*)
- Banana streak virus (*BSV*)
- *Ralstonia solanacearum*
- *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum*

Outre l'aspect déjà mentionné ci-dessus concernant le complexe d'espèces BSV l'analyse de risque réalisée suggère que cette liste devrait être complétée par *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* (Banana Blood Disease) ainsi que par *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* « tropical race 4 » (également nommé *Fusarium odoratissimum*). Par ailleurs, pour les plants originaires de pays où la présence de l'ABTV et du phytoplasme *Ca. P. novoguineense* sont avérées, ces organismes pourraient également être rajoutés à cette liste.

Sans recommander l'application de mesures de gestion visant *Dickeya* et *Pectobacterium* sp., le GT note que dans le cadre des flux internationaux de VP, certains pays peuvent formuler des exigences permettant de certifier que les VP sont issus de plantes mères indemnes de *Dickeya* et de *Pectobacterium*. Diverses méthodes permettent de détecter ces bactéries et au niveau français le LSV dispose d'une méthode interne validée s'appuyant sur une publication scientifique (Pritchard *et al.*, 2013).

S'agissant des viroses, une alternative à des tests spécifiques réalisés contre chacun des virus listés à l'aide de méthodes officielles validées par l'Anses pourrait être la réalisation d'un indexage par séquençage haut débit qui permettrait simultanément de détecter la présence de nouveaux virus éventuels. Il importe cependant de souligner qu'une telle approche ne permet pas de distinguer entre une forme endogène de BSV et une forme épisomale et que

des tests moléculaires spécifiques ciblant les formes libres épisomales devraient toujours être mis en œuvre pour les espèces de BSV de clade 1.

4.1.3 Matériels végétaux autorisés à la multiplication

Le Cahier des Charges actuel limite les végétaux de bananier autorisés à la production de VP. En effet, parmi les végétaux de bananier comprenant le génome B (*Musa balbisiana*), seuls les plants de bananier plantain (définis comme des bananiers d'une variété répondant à la dénomination traditionnelle de plantain ou banane à cuire du sous-groupe des plantains, de constitution génomique AAB) peuvent constituer des plantes-candidates. Par ailleurs, les plantes-candidates de bananier plantain ne sont autorisées que pour la production de VP destinés à leur zone géographique d'origine.

Ainsi donc, alors qu'il n'existe pas de contrainte sur l'origine géographique des végétaux de bananier porteurs du génome A (dont les bananes dessert de type Cavendish), parmi les bananiers porteurs du génome B seul les plantains de constitution génétique AAB et provenant d'un DROM dans la même "zone géographique" que le DROM d'utilisation finale sont actuellement autorisés. L'objectif de cette démarche est de limiter les risques associés aux formes de BSV intégrées dans le génome B et susceptibles d'être réactivées pour donner des infections épisomales potentiellement épidémiques.

Cette approche restrictive ne permet pas de prendre en compte d'éventuels besoins de diversification de la filière bananière ou d'introduction de nouveaux génotypes de bananiers qui pourraient s'avérer critiques pour la gestion de futures crises phytosanitaires comme par exemple l'introduction de bananiers résistants à Foc TR4 ou à la cercosporiose noire. Par ailleurs elle n'intègre pas le développement de bananiers dans le génome B desquels les EVE activables auront été éliminées⁷, supprimant ainsi le risque d'activation conduisant une infection épisomale transmissible par vecteurs.

Comme indiqué dans la partie 3, un schéma plus souple prenant en compte l'ensemble des bananiers porteurs d'un génome B et raisonnant les risques spécifiques associés à chaque situation tout en considérant les bénéfices éventuels pour la filière pourrait être développé.

4.1.4 Conditions de culture des pieds-mère

Compte tenu du fait que plusieurs des organismes de quarantaine ciblés ici sont susceptibles d'être disséminés par voie aérienne, le groupe de travail s'interroge sur la pertinence de laisser ouverte la possibilité que les pieds-mère puissent être "*maintenus en culture isolée en plein champ ou en culture dans une bananeraie isolée*". Le fait d'exiger que les pieds-mères soient cultivés sous abris insect-proof, sans dérogation possible, nous semble de nature à réduire encore les risques de contamination de la filière de production de VP.

4.2 Cahier des charges relatif aux conditions d'acclimatation de vitro-plants de bananiers dans les DROM

Une fois importés dans un DROM, les VP sont acclimatés dans des pépinières agréées assurant les phases de sevrage et de grossissement de manière à produire des plants de

⁷ Par des approches génétiques (croisements et ségrégation des allèles d'EVE) ou biotechnologiques (CRISPR-Cas...)

bananiers prêts à être plantés au champ. Ces étapes d'importation et de pépinière sont soumises aux règlements de l'ONPV et de chacun des DROM qui justifient des mesures réglementaires générales qui ne seront pas abordées dans ce document.

Le « Cahier des Charges Acclimatation » a deux objectifs prioritaires : (i) s'assurer que la phase d'introduction du matériel végétal dans les pépinières respecte bien les règles du « Cahier des charges de production des vitroplants » et (ii) éviter la propagation éventuelle d'ON hors de la pépinière ainsi que la contamination des plants par des ON issus de la pépinière ou de son environnement.

Compte tenu des éléments d'analyse de risque qui précèdent, le « Cahier des Charges Acclimatation » existant devrait évoluer en prenant en compte les deux points principaux développés au paragraphe 3.1 et qui concernent :

- (i) l'évolution de la liste des organismes nuisibles pris en compte : en particulier la prise en compte du progrès des connaissances concernant le complexe d'espèce BSV
- (ii) les matériels végétaux autorisés à la multiplication : en particulier l'autorisation d'importer des bananiers porteurs du génome B. De ce fait, la notion de « bananier plantain » dans la partie définition n'est plus utile, par contre, la distinction entre bananier porteurs ou nom d'un génome B devra être maintenue ou introduite dans certains paragraphes.

En ce qui concerne les mesures plus spécifiques à la pépinière, le « Cahier des charges Acclimatation » devrait maintenir et envisager des évolutions portant sur les points suivants :

4.2.1 Surveillance pendant la phase d'acclimatation

Outre le fait d'intégrer la notion de complexe d'espèce BSV et les évolutions de la taxonomie du complexe *Ralstonia ceRs*, il est recommandé que la liste des ON à surveiller pendant la phase d'acclimations soit élargie aux organismes suivants :

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* « tropical race 4 » (= Foc TR4 = *Fusarium odoratissimum*).

Ralstonia syzygii subsp. *celebesensis* (Banana Blood Disease)

Xanthomonas vasicola pv. *musacearum*

Par ailleurs, dans le cas de pépinières qui accueilleraient des VP issus de pieds-mères originaires de pays où la présence de l'ABTV ou du phytoplasme *Ca. P. novoguineense* sont avérées, ces organismes devraient également être rajoutés à cette liste.

Cette surveillance, basée sur des observations visuelles et des analyses par prélèvements aléatoires, doit garantir la qualité sanitaire du matériel végétal destiné à la plantation en permettant de vérifier a posteriori que les établissements producteurs de VP exportent vers les DROM des plants indemnes des ON figurant dans le cahier des charges.

Compte tenu de leur impact potentiel et du fait que certains organismes pourraient ne pas exprimer de symptômes pendant la phase d'acclimatation, il est recommandé qu'au-delà d'une surveillance basée sur l'observation des symptômes des analyses sur des prélèvements obligatoires soient réalisées pour les organismes catégorisés au niveau OQ dans le présent document, à savoir BBTv, espèces du complexe BSV, espèces du complexe *Ralstonia ceRs* et *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum*. Le moment où sont réalisés ces prélèvements devra être raisonné en intégrant les critères d'applicabilité des méthodes de détection

disponibles. Les taux de sondage seront définis par le gestionnaire du risque en fonction des risques et en s'appuyant sur les NIMP 23 (Directives pour l'inspection, 2005) et 31 (Méthodes d'échantillonnage des envois, 2008). Bien évidemment, tous les plants extériorisant des symptômes de nature à faire suspecter la présence d'un ON figurant dans la liste actualisée devront être soumis à une analyse auprès d'un laboratoire agréé par le ministère en charge de l'agriculture ou d'un laboratoire de référence.

Pour les organismes catégorisés au niveau ORNQ (BanMMV, CMV) et pour les bactéries des genres *Dyckeya* et *Pectobacterium* pour lesquelles la probabilité d'association avec des VP paraît faible, il serait possible de se contenter d'une surveillance visuelle, en n'ayant recours à des tests que si des symptômes suspects sont détectés.

Au-delà de cette surveillance en pépinières d'acclimatation, il pourrait éventuellement être intéressant de mettre en place une surveillance globale des bananeraies issues des lots de VP importés, en particulier vis-à-vis des ON connus comme les plus impactants pour le bananier dont le BBTV, Foc TR4, ceRs, ainsi que les virus du complexe du BSV.

Un point important concerne par ailleurs les mesures spécifiques actuellement prévues pour les bananiers plantains dans le CdC Acclimatation puisqu'il est prévu que ces bananiers puissent "*ne pas faire l'objet d'analyses de détection*" et que le signalement officiel en cas de symptômes liés au BSV ne soit pas obligatoire. La logique semble être ici d'éviter de tester et de signaler des plants dans lesquels les séquences virales intégrées existant dans le génome B auraient été activées. Il importe de souligner que la présence de tels symptômes pourrait également traduire la présence d'une infection épisomale impliquant une autre espèce du complexe BSV. Le fait de ne pas tester des bananiers plantains symptomatiques conduit donc à ne pas effectuer de contrôle a posteriori sur une filière d'introduction potentielle. Cette problématique serait encore plus prégnante si des bananiers plantains ne provenant pas des DROM étaient autorisés à la multiplication et à l'importation. Dans ce contexte, il est recommandé que les bananiers porteurs d'un génome B qui développeraient des symptômes de BSV fassent l'objet de tests destinés à exclure l'hypothèse d'une infection épisomale ne résultant pas d'une activation de séquences endogène et, en particulier, par des BSV appartenant au clade 3.

4.2.2 L'agrément du lieu de production

Il pourrait être utile de définir une procédure standard relative à l'agrément des établissements d'acclimatation en prévoyant, le cas échéant, des dispositions permettant de tenir compte de situations sanitaires locales spécifiques ou évolutives comme par exemple l'apparition d'OQ dans la région d'implantation de l'établissement d'acclimatation.

Pour ce qui est des conditions de cultures en pépinière, il est important de tenir compte des évolutions régulières du contexte sanitaire au niveau international en particulier pour les OQ suivants :

- Foc TR4 : compte tenu de l'impact potentiel majeur de cette maladie, et de l'extension actuelle de son aire de répartition, il est important de prendre des mesures destinées à empêcher son introduction via les intrants destinés à la pépinière, comme par exemple les substrats de cultures originaires de pays contaminés par Foc TR4. Comme préconisé dans

l'ARP Foc TR4, la désinfection systématique des substrats de culture serait la solution à privilégier.

- OQ telluriques (Foc TR4, ceRs, ...) : dans les situations où ces OQ seraient nouvellement signalés sur le territoire d'un DROM et dans l'environnement des pépinières, l'état sanitaire des eaux d'irrigation et de rejet devraient être régulièrement contrôlés afin de s'affranchir d'un risque de dissémination des OQ via des VP contaminés durant leur phase d'acclimatation.
- il apparaît aussi important de maintenir les mesures permettant de produire des plants indemnes de nématodes susceptibles de contaminer les plants par l'eau d'irrigation ou le substrat (sites de production disposant d'un sas, d'un sol empêchant toute contamination d'origine tellurique...).
- dans le cas d'importation de bananiers porteurs du génome B caractérisé par des séquences BSV activables, il est important que les lots soient isolés des autres afin d'éviter toute dissémination de particules virales de BSV par des cochenilles sur le lieu de production.

4.2.3 Mesures d'assainissement

En plus des mesures d'assainissement déjà proposées dans le cahier des charges, il faut rappeler qu'en cas de contamination avérée par Foc TR4 de plants en pépinière d'acclimatation, non seulement les plants du même lot doivent être détruits mais également les plants d'autres lots acclimatés dans les mêmes conditions techniques et temporelles et qui auraient pu être contaminés par une dispersion du pathogène dans la pépinière. De même, tous les matériaux susceptibles de transporter l'inoculum (chaussures, outils, contenants, ...) doivent être désinfectés (Balesdent *et al.*, 2018). En l'adaptant en tenant compte de leur biologie, le même raisonnement s'applique aux autres OQ analysés dans le présent rapport.

5 Conclusions du groupe de travail

Afin de répondre à la saisine du Ministère en charge de l'agriculture (Annexe 1), le groupe de travail « Vitroplants bananier » a analysé les données de la littérature et interviewé plusieurs experts du domaine. Les travaux et le rapport ont été structurés pour répondre aux trois questions formulées dans la saisine.

Les recommandations concernant « **la liste des organismes nuisibles (ON) à contrôler aux différentes étapes des dispositifs mis en œuvre dans les établissements producteurs et acclimateurs de VP et aboutissant à la production des plants issus de VP et destinés à la plantation** » résultent d'une catégorisation simplifiée des ON susceptibles d'être associés à des VP ou susceptibles de les contaminer durant la phase d'acclimatation. Cette catégorisation a été réalisée sur la base des informations disponibles sur la biologie et la distribution des différents agents et en intégrant les différents critères pris en compte dans la législation européenne pour définir les organismes de quarantaine (OQ) ou les organismes réglementés non de quarantaine (ORNQ).

Cette catégorisation a permis de proposer de considérer trois groupes d'organismes :

- Les organismes remplissant les critères d'OQ ou d'ORNQ et pour lesquels l'association à des VP pendant la phase de CIV est considérée comme représentant un risque important pour la filière, et nécessitant par conséquent la mise en place de mesures de contrôle appropriées. Cette situation concerne la plupart des virus [*Banana bract mosaic virus* (BBrMV), *Banana bunchy top virus* (BBTV), *Banana mild mosaic virus* (BanMMV), *Cucumber mosaic virus* (CMV), virus du complexe d'espèce *Banana streak virus* (BSV)], les bactéries du complexe d'espèce *Ralstonia solanacearum* (*Ralstonia solanacearum*, *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis*), *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum* et *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* « tropical race 4 » (Foc TR4, récemment nommé *Fusarium odoratissimum*).
- Deux organismes remplissant les critères d'OQ mais dont la répartition géographique très restreinte suggère que des mesures de contrôle pourraient n'être nécessaires qu'au cas par cas, en fonction de l'origine géographique du matériel végétal multiplié. Il s'agit de l'*Abaca bunchy top virus* (ABTV) et du phytoplasme *Candidatus Phytoplasma noviguineense*.
- Enfin quelques organismes qui ne semblent remplir ni les critères d'OQ ni ceux d'ORNQ, dont les bactéries des genres *Dickeya* et *Pectobacterium*, le *Banana virus X* (BVX) et plusieurs virus récemment décrits au travers d'approches de séquençage haut débit, pour lesquels la mise en place de mesure de contrôle spécifique ne semble pas actuellement pertinente.

Le groupe de travail souligne que ces listes catégorisées d'organismes ne sont pas figées et nécessitent de s'appuyer sur une veille sanitaire et bibliographique au niveau international pouvant conduire à refaire, le cas échéant, certaines analyses de risque.

Concernant la question de la **liste des matériels végétaux pouvant être autorisés dans la filière VP à destination des DROM**, il s'agit d'une question complexe qui intègre à la fois des aspects de risque lié aux formes virales intégrées (EVE) du complexe d'espèce BSV présentes dans le génome B du bananier (et éventuellement susceptibles de générer des infections épisomales) et des aspects d'opportunité agronomique ou phytotechnique pour la filière. Dans ce contexte, le groupe de travail souligne qu'entre des stratégies soit très contraignantes

(interdiction de tout matériel bananier possédant un génome B porteur d'EVE activables) ou très ouvertes (autorisation de tout matériel porteur d'un génome B) existe une solution intermédiaire cherchant simultanément à minorer un risque éventuel tout en permettant à la filière de bénéficier des nombreux avantages de la CIV et, éventuellement, de bénéficier des progrès que pourraient apporter de nouvelles variétés (résistance aux maladies, résistance aux stress abiotiques, productivité ou diversification...). Dans ce troisième scénario, l'introduction sous forme de VP d'une variété présentant un réel intérêt phytosanitaire ou phytotechnique dans le contexte de production locale pourrait donc être autorisée indépendamment de la présence d'EVE activables dans son génome B. Il est à noter que ce scénario, qui se rapproche de la stratégie actuellement en place, pourrait le cas échéant être étendu au cas par cas à des matériels d'intérêt agronomique ou phytotechnique majeur porteurs du génome B et provenant d'autres zones géographiques que le DROM de destination finale.

Face à la situation particulièrement complexe créée par le complexe d'espèce BSV dont seulement certaines espèces sont connues sous forme d'EVE activables (espèces appartenant au clade 1) une stratégie et un logigramme de gestion des bananiers durant la phase d'acclimatation sont proposés avec les implications suivantes :

- (1) le rejet de tout matériel non porteur d'EVE activables et dans lequel serait détectée une infection épisomale par un BSV de clade 1 ou 3 ;
- (2) le rejet de matériel porteur d'EVE activables dans lequel serait détectée une infection épisomale par un BSV de clade 3 (non intégré dans le génome B) ;
- (3) une évaluation au cas par cas pour tout autre matériel porteur d'EVE activables.

L'analyse des Cahiers des Charges existants conduit à la proposition de **stratégies de contrôle et de mesures de gestion**, tant durant la phase de CIV que durant la phase d'acclimatation des VP. Une première recommandation générale concerne le fait de prendre en compte le progrès des connaissances concernant le complexe d'espèces BSV. Au moins 9 espèces virales sont aujourd'hui reconnues dans ce complexe dont seules celles des clades 1 et 3 sont connues sous forme épisomale et seulement certaines espèces du clade 1 sous forme d'EVE activables. Il est donc recommandé d'être aussi précis que possible dans l'ensemble des textes réglementaires et de bien intégrer la complexité de ce système biologique original dans les stratégies de contrôle mises en œuvre.

Des propositions pour une évolution des listes des ON pris en compte dans les deux CdC sont par ailleurs faites, avec en particulier la recommandation de compléter la liste des ON pour lesquels est établie une obligation de démontrer le caractère indemne des pieds-mères en y intégrant *Ralstonia syzygii* subsp. *celebesensis* (Banana Blood Disease) ainsi que *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* « tropical race 4 » (également nommé *Fusarium odoratissimum*).

Pour l'avenir, il faut noter qu'un indexage systématique des pieds-mères utilisés pour produire des VP par une approche de séquençage haut débit permettrait le cas échéant de s'assurer de l'absence de l'ensemble des virus, à l'exception des BSV de la clade 1 pour lesquels il serait difficile de séparer entre des transcrits issus de formes virales intégrées (EVE) et ceux issus d'une répllication virale épisomale et pour lesquels un test de diagnostic basé sur l'IC-PCR resterait indispensable.

Concernant la phase d'acclimatation, outre le fait d'intégrer la notion de complexe d'espèce *Banana streak virus*, il est recommandé que la liste des ON à surveiller soit élargie aux organismes suivants :

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* « tropical race 4 » (= Foc TR4 = *Fusarium odoratissimum*).

Ralstonia syzygii subsp. *celebesensis* (Banana Blood Disease)

Xanthomonas vasicola pv. *musacearum*

S'agissant des conditions de culture des pieds-mères et compte tenu du fait que plusieurs des organismes de quarantaine ciblés ici sont susceptibles d'être disséminés par voie aérienne, le groupe de travail s'interroge sur la pertinence de laisser ouverte la possibilité que les pieds-mère puissent être "*maintenus en culture isolée en plein champ ou en culture dans une bananeraie isolée*". De l'avis du GT, le fait d'exiger que les pieds-mère soient cultivés sous abris insect-proof, sans dérogation possible, est de nature à réduire encore les risques de contamination de la filière de production de VP et à renforcer les garanties pour l'ONPV en charge de l'agrément des établissements autorisés à exporter des VP vers les DROM.

S'agissant de la phase d'acclimatation, compte tenu de leur impact potentiel et du fait que certains organismes pourraient ne pas exprimer de symptômes pendant cette phase, il est recommandé qu'au-delà d'une surveillance basée sur l'observation des symptômes, des analyses sur des prélèvements obligatoires et aléatoires soient réalisées pour les organismes catégorisés au niveau OQ dans le présent document, à savoir BBTV, espèces du complexe BSV, espèces du complexe *Ralstonia* (*R. solanacearum*, *R. syzygii*) et *Xanthomonas vasicola* pv. *musacearum*. Pour les organismes catégorisés au niveau ORNQ (BanMMV, CMV) et pour les bactéries des genres *Dyckeya* et *Pectobacterium* pour lesquelles la probabilité d'associations avec des VP paraît faible, il serait possible de se contenter d'une surveillance visuelle, en ayant recours à des tests que si des symptômes suspects sont détectés.

Concernant les OQ telluriques (Foc TR4, ceRs, ...), dans les situations où ces OQ seraient nouvellement signalés sur le territoire d'un DROM et dans l'environnement des pépinières, l'état sanitaire des eaux d'irrigation et de rejet devrait être régulièrement contrôlé afin de s'affranchir d'un risque de dissémination des OQ via des VP contaminés durant leur phase d'acclimatation.

Au-delà de cette surveillance en pépinières d'acclimatation, il pourrait dans certains cas être intéressant de mettre en place une surveillance globale des bananeraies issues des lots de VP importés, en particulier vis-à-vis des ON connus comme les plus impactants pour le bananier dont le BBTV, Foc TR4, les espèces du complexe *Ralstonia* (*R. solanacearum*, *R. syzygii*), ainsi que les virus du complexe BSV.

Par ailleurs, le groupe de travail souligne que les mesures spécifiques actuellement prévues pour les bananiers plantains dans le CdC Acclimatation (pas d'analyses de détection systématiques, pas de signalement officiel en cas d'observation de symptômes) conduit à ne pas effectuer de contrôle a posteriori en particulier s'agissant des BSV de clade 3. Il est donc recommandé que les bananiers porteurs d'un génome B qui développeraient des symptômes de BSV fassent l'objet de tests destinés à exclure l'hypothèse d'une infection épisomale ne résultant pas d'une activation de séquences endogène et, en particulier, d'une infection par un BSV appartenant au clade 3.

Un certain nombre d'autres recommandations sont également faites, s'agissant en particulier de l'agrément des lieux de production (acclimatation des VP) et de leur surveillance ainsi que des mesures d'assainissement à mettre en œuvre en cas de contamination avérée des VP en pépinière.

Date de validation du rapport d'expertise collective par le groupe de travail et par le comité d'experts spécialisé : 16 novembre 2021.

6 Bibliographie

6.1 Publications

- Aguayo J., Cerf-Wendling I., Folscher A.B., Fourrier-Jeandel C., Ios R., Mathews M.C., Mostert D., Renault C., Wilson V. and Viljoen A. (2020). First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* tropical race 4 (TR4) causing banana wilt in the Island of Mayotte. Plant disease <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1196-PDN>.
- Aguayo J., Mostert D., Fourrier-Jeandel C., Cerf-Wendling I., Hostachy B., Viljoen A. and Ios, R. (2017). Development of a hydrolysis probe-based real-time assay for the detection of tropical strains of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* race 4. PLoS One, 12(2), e0171767.
- Baker R., Caffier D., Choiseul J.W., et al. (2008). Pest risk assessment made by France on Banana bract mosaic virus 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 J. 6, 1–21. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.651>.
- Balesdent, M-H., Chilin Charles Y., Makowski D., Steinberg C., Silvie P., Castagnone P., Chauvel B., Desneux N., Desprez Loustau M-L., Escobar Gutiérrez A., Gentzbittel L., Jactel H., Le Bourgeois T., Nesme X., Steyer S., Suffert F., Verdin E., Verheggen F. and Wetzell T. (2018). Risque phytosanitaire (ARP) portant sur *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* (agent pathogène responsable de la maladie de Panama) pour les départements d'Outre-mer. Maisons-Alfort, FRA : Anses Editions. 100 p.
- Belalcázar Carvajal S., Rosales FE., Pocasangre Enamorado LE., Orozco-Santos M., Orozco Romero J., Robles-González M., Velázquez-Monreal J., Medina-Urrutia V. and Hernández-Bautista JA. (2004) Signatura : IN050667.
- Bhatia S. and Sharma K. (2015) Technical glitches in micropropagation. Modern Applications of Plant Biotechnology in Pharmaceutical Sciences, 393-404.
- Blomme G., Dita M., Jacobsen K.S., Pérez Vicente L., Molina A., Ocimati W., Poussier S. and Prior P. (2017). Bacterial diseases of bananas and enset : current state of knowledge and integrated approaches toward sustainable management. Frontiers in Plant Science, 8 (1290). <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01290>.
- Bohra P., Waman AA., Sathyanarayana BN., Umesha K., Anu SR., Swetha HG and Gourish RK. (2014). Aseptic culture establishment using antibiotics with reference to their efficiency and phytotoxicity in difficult-to-establish native Ney Poovan banana (*Musa*, AB). Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences 84 (2) : 257-263.
- Buddenhagen I. (2007). Blood bacterial wilt of banana: history, field biology and solution. III International Symposium on Banana : ISHS-ProMusa Symposium on Recent Advances in Banana Crop Protection for Sustainable 828.
- Caruana ML., Hostachy B., Massé D., Reignault P., Alabouvette C., Balesdent ML., Castagnone P., Chauvel B., Desneux N., Desprez-Loustau ML., Escobar-Gutierrez A., Gentzbittel L., Jactel H., Nesmes X. Steyer S., Suffert F., Verdier V., Verdin E., Verheggen F. and Wetzell T. (2015). Rapport d'appui scientifique et technique portant sur le risque Banana streak virus (BSV) en cas d'introduction de vitroplants de bananier plantain issus respectivement de bananiers plantains originaires des DOM. Anses Éditions, 32p.
- Chabannes M., Gabriel M., Aksa A., Galzi S., Dufayard JF., Iskra-Caruana ML. and Muller E. (2021). Badnaviruses and banana genomes: a long association sheds light on *Musa* phylogeny and origin. Molecular Plant Pathology, 22(2), 216-230.

- Chabrier C. and Quénéhervé P. (2008). Preventing nematodes from spreading : a case study with *Radopholus similis* (Cobb) Thorne in a banana field. *Crop protection* 27 (9) : 1237-1243.
- Chen A., Sun J., Matthews A.; Armas-Egas L., Chen N., Hamill S., Mintoff S., Tran-Nguyen LTT., Batley J., Aitken EAB. (2019) Assessing variations in host resistance to *Fusarium oxysporum* f sp. *cubense* race 4 in *Musa* species, with a focus on the subtropical race 4. *Frontiers in Microbiology*, 10:1062.
- Davis RI., Kokoa P., Jones LM., Mackie J., Constable FE., Rodoni BC., Gunua TG. and Rossel JB. (2012). A new wilt disease of banana plants associated with *phytoplasmas* in Papua New Guinea (PNG). *Australasian Plant Disease Notes*, 7:91–97.
- Deberdt P., Guyot J., Coranson Beaudu R., Launay J., Noreskal M., Rivière P., Vigné F., Laplace D., Lebreton L. and Wicker E. (2014). Diversity of *Ralstonia solanacearum* in French Guiana Expands Knowledge of the "Emerging Ecotype". *Phytopathology*, 104 (6) : 586-596.
- Dita MA., Waalwijk C., Buddenhagen IW., Souza MT. and Kema GHJ. (2010). A molecular diagnostic for tropical race 4 of the banana *fusarium* wilt pathogen. *Plant Pathology* 59(2): 348-357.
- Dita MA., Garming H., Van den Bergh I., Staver C. and Lescot T. (2011). Banana in Latin America and the Caribbean: current state, challenges and perspectives. VII International Symposium on Banana: ISHS-ProMusa Symposium on Bananas and Plantains : Towards Sustainable Global Production 986.
- Drenth A. and Kema GHJ. (2021). The vulnerability of bananas to globally emerging disease threats. *Phytopathology*.
- Duss R.P. (1897). Flore phanérogame des Antilles françaises (Martinique et Guadeloupe) avec annotations sur l'emploi des plantes. *Annales de l'Institut Colonial de Marseille*. 656 pages.
- Fernández Borrero O. and López S. (1970). Pudrición acuosa del seudotallo del plátano (*Musa paradisiaca*) causada por *Erwinia paradisiaca*." *Cenicafé (Colombia)* v. 21 (1) p. 3-44 ISSN 0120-0275.
- Galvez LC., Barbosa CFC., Koh RBL. and Aquino VM. (2020). Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assays for the detection of abaca bunchy top virus and banana bunchy top virus in abaca. *Crop Protection* 131, 105101. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105101>.
- Gambley CF. and Thomas JE. (2001). Molecular characterisation of Banana mild mosaic virus, a new filamentous virus in *Musa* spp. *Arch. Virol.* 146, 1369-1379. <https://doi.org/10.1007/s007050170097>.
- García-Bastidas FA., Quintero-Vargas JC., Ayala-Vasquez M., Schermer T., Seidl MF., Santos-Paiva M., Noguera AM., Aguilera-Galvez C., Wittenberg A., Hofstede R., Sorensen A. and Kema GHJ. (2020). First report of *Fusarium* Wilt Tropical Race 4 in Cavendish bananas caused by *Fusarium odoratissimum* in Colombia. *Plant disease*, 104 : 94.
- Gayral P. and Iskra-Caruana ML. (2009). Phylogeny of Banana streak virus reveals recent and repetitive endogenization in the genome of its banana host (*Musa* sp.). *Journal of Molecular Evolution*, 69(1), 65-80.
- Gokul GG., Vimi L., Namitha PM., Mathew D., Girija D., Shylaja MR. et Abida PS. (2019) Variability of *Pestobacterium carotovorum* causing rhizome rot in banana. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*. 17, 60-81.
- Hamill SD. and Rames E. (2016). An effective indexing method for banana tissue culture provides long-term freedom from bacterial contamination. *International Symposia on Tropical and Temperate Horticulture-ISTTH2016* 1205.

- Hanafi M., Tahzima R., Ben Kaab S., Tamisier L., Roux N. and Massart S. (2020). Identification of divergent isolates of banana mild mosaic virus and development of a new diagnostic primer to improve detection. *Pathogens* 9, 1045. <https://doi.org/10.3390/pathogens9121045>.
- Hugo HJ. and Malan AP. (2010). Occurrence and control of plant-parasitic nematodes in irrigation water: a review. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 31, No. 2, 2010.
- Iskra ML. and Galzi S. (1998). Identification of uncharacterised filamentous viral particles on banana plants. *Acta Horticulturae*, 490, 323-335.
- Iskra-Caruana ML. Chabannes M. Duroy PO. and Muller E. (2014) A possible scenario for the evolution of Banana streak virus in banana. *Virus Research* 186, 155-162.
- Jacquemond M. (2012). Cucumber mosaic virus, *Advance in Virus Research*. 84, 439-504. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394314-9.00013-0>.
- Jones JB., Zitter TA., Momol TM and Miller SA. (2014). *Compendium of tomato diseases and pests*.
- Kagezi GH., Kangire A., Tushemereirwe W., Bagamba F., Kikulwe E., Gold CS., Ragama P. and Kubiriba J. (2006). Banana bacterial wilt incidence in Uganda. *African Crop Science Journal*, 14 (2) : 83-91.
- Kalyebara R., Wood S. and Abodi PM. (2007). Assessing the potential impact of selected technologies on the banana industry in Uganda. *An Economic Assessment of Banana Genetic Improvement and Innovation in the Lake Victoria Region of Uganda and Tanzania*. IFPRI Research Report 155 : 141-156.
- Koh RBL., Barbosa CFC., Aquino VM. and Galvez LC. (2020). Rapid, simple detection of banana bract mosaic virus in abaca using a one-step reverse transcription loop-mediated isothermal amplification (RT-LAMP) assay. *Journal general plant pathology*. 86, 433-441. <https://doi.org/10.1007/s10327-020-00949-9>.
- Kumar LP., Selvarajan R., Iskra-Caruana ML., Chabannes M. and Hanna R. (2015). Biology, Etiology, and Control of Virus Diseases of Banana and Plantain. *Advance in virus research*, 91, 229-269. <http://dx.doi.org/10.1016/bs.aivir.2014.10.006>.
- Kwa M., Ganry J. (1990) Utilisation agronomique des vitroplants de bananier. *Fruits*, 45(spec), p. 107-111. Disponible sur: <https://revues.cirad.fr/index.php/fruits/article/view/35220> (Consulté le: 25octobre2021).
- Leslie JF. and Summerell BA. (2008). *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons.
- Li B., Du J., Lan C., Liu P., Weng Q. and Chen Q. (2013). Development of a loop-mediated isothermal amplification assay for rapid and sensitive detection of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* race 4. *European Journal of Plant Pathology*, 135 :903–11.
- Li M., Shi J., Xie X., Leng Y., Wang H., Xi P, Zhou J., Zhong S. and Jiang Z. (2013). Identification and application of a unique genetic locus in diagnosis of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* tropical race 4. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 35:482–93.
- Lin Y-H., Su C-C., Chao C-P., Chen C-Y., Chang C-J., Huang J-W. and Linda P-F. (2013) A molecular diagnosis method using real-time PCR for quantification and detection of *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* race 4. *European Journal of Plant Pathology*. 135 :395–05.
- Lu H., Wilson BA., Ash GJ., Woruba SB., Fletcher MJ., Minsheng Y, Yang G. and Gurr GM. (2016). Determining putative vectors of the Bogia coconut syndrome phytoplasma using loop-mediated isothermal amplification of single-insect feeding media. *Scientific Report*, 6 :35801. 21.
- Magdama F, Monserrate-Maggi, Serrano L. Sosa D., Geiser DM. and del Mar Jimenez-Gasco. (2019) Comparative analysis uncovers the limitations of current molecular detection

- methods for *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* race 4 strains. Plos one, 14(9) : e0222727. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222727>.
- Maryani N., Lombard L., Poerba YS., Subandiyah S., Crous PW. and Kema GHJ. (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.
- Maymon M., Sela N., Shpatz U., Galpaz N. and Freeman S. (2020). The origin and current situation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in Israel and the Middle East. *Scientific reports*, 10:1. 10.1038/s41598-020-58378-9.
- Miyazaki A., Shigaki T., Koinuma H., Iwabuchi N., Rauka GB., Kembu A., Saul J., Watanabe K., Nijo T., Maejima K., Yamaji Y and Namba S. (2018). « *Candidatus Phytoplasma noviguineense* », a novel taxon associated with Bogia coconut syndrome and banana wilt disease on the island of New Guinea. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 68(1), 170-175.
- Molina A. (1999). Fruit rot diseases of cooking banana in Southeast Asia. *Infomusa* 8 (1) : 29-30.
- Olsson K. (1979). Potato brown rot bacteria (*Pseudomonas solanacearum*) in the water of two streams [irrigation, Sweden]. *Vaextskyddsrapporter. Jordbruk (Sweden)*.
- Ordonez N., Salacinas M., Mendes O., Seidl MF., Meijer HJG., Schoen CD. and Kema GHJ. (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 : 1682-1693.
- Özarıslandan M. and Akgü DS. (2020) First Report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Race 4 Causing Fusarium Wilt Disease of Banana in Turkey. *Plant Disease* <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-19-1881-PDN>.
- Pilotti CA., Dewhurst CF., Liefing LW., Kuniata L., Kakul T. (2014) Putative vectors of a phytoplasma associated with coconut (*Cocos nucifera*) in Madang Province, Papua New Guinea. *International Journal of Agriculture Forestry*, 4 : 365-372.
- Prior P., Ailloud F., Dalsing BL., Remenant B, Sanchez B. and Allen C. (2016). Genomic and proteomic evidence supporting the division of the plant pathogen *Ralstonia solanacearum* into three species. *BMC genomics*, 17 (1) : 1-11.
- Pritchard L., Humphris S., Saddler GS., Parkinson NM., Bertrand V., Elphinstone JG., and Toth IK. (2013). Detection of phytopathogens of the genus *Dickeya* using a PCR primer prediction pipeline for draft bacterial genome sequences. *Plant Pathology*. 62 : 587-596.
- Quito-Avila DF., Ibarra MA., Alvarez R.A., Ratti MF., Espinoza L., Cevallos-Cevallos JM. and Peralta EL. (2013). First Report of Banana bract mosaic virus in “Cavendish” Banana in Ecuador. *Plant Disease*, 97, 1003. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-12-1154-PDN>.
- Ramírez M. (2012). Bacterias asociadas a raíces de Musa spp. Densidad poblacional y potencial promotor de crecimiento vegetal : 137.
- Rocha AdJ., Soares JMdS., Nascimento FdS., Santos AS., Amorim VBdO., Ferreira CF., Haddad F., Santos-Serejo JAd., and Amorim EP. (2021) Improvements in the resistance of the banana species to Fusarium wilt: a systematic review of methods and perspectives. *Journal of Fungi*, 7: 249. <https://doi.org/10.3390/jof7040249>.
- Roesmiyanto LH. and Hutagalung L.. (1989). Blood disease (*P. celebesis*) on banana in Jeneponto–Sulawesi Selatan. *Hortikultura*, 27: 39-41.
- Safni I., Subandiyah S. and Fegan M. (2018). Ecology, Epidemiology and Disease Management of *Ralstonia syzygii* in Indonesia. *Frontiers in Microbiology*, 9 (419). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00419>.

- Sarah JL., Hugon R. and Simon S. (1990). Les viroses des bananiers. La mosaïque en plages des bananiers. *Fruits*, 45 (spec), 51-56.
- Selvarajan R., Kanichelvam PS., Balasubramanian V. and Subramanian SS. (2020). A rapid and sensitive lateral flow immunoassay (LFIA) test for the on-site detection of banana bract mosaic virus in banana plants. *Journal of Virological Method*, 284, 113929.
- Sequeira L. (1998). Bacterial wilt: the missing element in international banana improvement programs. In *Bacterial Wilt Disease*, 6-14. : Springer.
- Sharman M., Thomas JE., Skabo S. and Holton T. (2008). Abaca bunchy top virus, a new member of the genus *Babuvirus* (family *Nanoviridae*). *Archive of virology*, 153, 135-147. <https://doi.org/10.1007/s00705-007-1077-z>.
- Singh HP., Uma S., Selvarajan R. and Karihaloo JL. (2011). Micropropagation for production of quality banana planting material in Asia-Pacific. Asia-Pacific Consortium on Agricultural Biotechnology (APCoAB), New Delhi, India.
- Supriadi. (2005). Present status of blood disease in Indonesia. *Bacterial Wilt Disease and the Ralstonia Species Complex*: 395-404.
- Teng SK., Aziz NAA., Mustafa M., Laboh R., Ismail IS., Sulaiman, SR., Ain Azizan A. and Devi, S. (2016). The occurrence of blood disease of banana in Selangor, Malaysia. *International journal of agriculture and biology*, 18, 92-97.
- Teycheney PY., Acina I., Lockhart BEL. and Candresse T. (2007). Detection of Banana mild mosaic virus and Banana virus X by polyvalent degenerate oligonucleotide RT-PCR (PDO-RT-PCR). *Journal of virological Method* 142, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2007.01.004>.
- Teycheney PY., Laboureau N., Iskra-Caruana ML. and Candresse T., (2005)a. High genetic variability and evidence for plant-to-plant transfer of Banana mild mosaic virus. *Journal of general virology*, 86, 3179-3187. <https://doi.org/10.1099/vir.0.81197-0>.
- Teycheney PY., Marais A., Svanella-Dumas L. and Candresse T., (2005)b. Molecular characterization of banana virus X (BVX), a novel member of the Flexiviridae family. *Archives of Virology*, 150, 1715-1727. <https://doi.org/10.1007/s00705-005-0567-0>.
- Thangavelu MR., Gopi D., Devi M., Padmanaban PG., Molina B., Viljoen AB. (2019) A. First detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* tropical race 4 (TR4) on Cavendish banana in India. *European Journal of Plant Pathology*, 154:777-786.
- Thomas JE. (2015). *MusaNet Technical Guidelines for The Safe Movement of Musa Germplasm*, 3rd edition. Bioversity International, Rome, Italy. ISBN 9789292550349.
- Thomas P., Goplakrishnan C. and Krishnareddy M. (2011). Soft rot inciting *Pectobacterium carotovorum* (syn. *Erwinia carotovora*) is unlikely to be transmitted as a latent pathogen in micropropagated banana. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 105 (3): 423-429.
- Thomas P., Swarna GK., Roy PK. and Patil P. (2008). Identification of culturable and originally non-culturable endophytic bacteria isolated from shoot tip cultures of banana cv. Grand Naine. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 93 (1): 55-63.
- Tripathi L., Mwangi M., Abele S., Aritua V., Tushemereirwe WK. and Bandyopadhyay R. (2009). *Xanthomonas* Wilt: A Threat to Banana Production in East and Central Africa. *Plant Disease* 93 (5): 440-451. <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-5-0440>.
- Tushemereirwe W., Kangire A., Ssekiwoko F., Offord LC., Crozier J., Boa E., Rutherford M. and Smith JJ. (2004). First report of *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* on banana in Uganda. *Plant Pathology*, 53 (6) : 802-802.

- Tushemereirwe W., Kangire A., Smith J., Ssekiwoko F., Nakyanzi M., Kataama D., Musiitwa C. and Karyaija R. (2003). An outbreak of bacterial wilt on banana in Uganda. *InfoMusa* 12 (2): 6-8.
- Van den Houwe I., Guns J. and Swennen R. (1997). Bacterial contamination in *Musa* shoot tip cultures. II International Symposium on Banana: I International Symposium on Banana in the Subtropics 490.
- Viljoen A., Mostert D., Chiconela T., Beukes I., Fraser C., Dwyer J., Murray H., Amisse J., Matabuana EL., Tazan G., Amugoli OM., Mondjana A., Vaz A., Pretorius A., Bothma S., Rose LJ., Beed F., Dusunceli F., Chao CP. and Molina AB. (2020) Occurrence and spread of the banana fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* TR4 in Mozambique. *South African Journal of Science*, 116(11-12), 1-11.
- Warmington RJ., Kay W., Jeffries A., O'Neill P., Farbos A., Moore K., Bebbler DP., Studholme DJ. (2019). High-quality draft genome sequence of the causal agent of the current Panama disease epidemic. *Microbiology Resource Announcements*, 8: e00904-19.
- Wick RL. (2014). Fungal plant pathogens in irrigation water. Biology, detection and management of plant pathogens in irrigation water. St. Paul: The American Phytopathological Society.
- Zhang J., Borth WB., Lin B., Dey KK., Melzer MJ., Shen H., Pu X., Sun D. and Hu JS. (2016). Deep sequencing of banana bract mosaic virus from flowering ginger (*Alpinia purpurata*) and development of an immunocapture RT-LAMP detection assay. *Archives of virology*, 161, 1783-1795. <https://doi.org/10.1007/s00705-016-2830-y>.
- Zheng SJ., Garcia-Bastidas FA., Li X., Zeng L., Bai T., Xu S., Yin K., Li H., Fu G., Yu Y., Yang L., Huy CN., Douangboupha B., Khaing AA, Drenth A., Seidl MF, Meijer HJG. and Kema GHJ. (2018). New geographical insights of the latest expansion of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* Tropical Race 4 into the greater Mekong subregion. *Frontiers in Plant Sciences*, 9 : 457. doi: 10.3389/fpls.2018.00457.
- Zulperi D and Sijam K. (2014). First report of *Ralstonia solanacearum* race 2 biovar 1 causing Moko disease of banana in Malaysia. *Plant disease*, 98 (2): 275-275.
- Zuo C., Deng G., Li B., Huo H., Li C., Hu C., Kuang R., Yang Q., Dong T., Sheng O. and Yi G. (2018) Germplasm screening of *Musa* spp. for resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* tropical race 4 (Foc TR4). *European Journal of Plant Pathology*, 151: 723-734.

6.2 Normes

- AFNOR. 2003. NF X 50-110 *Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise*. AFNOR (indice de classement X 50-110).
- Anses. 2018. Détection des souches tropicales de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* race 4 (Foc TR4) par PCR en temps réel. Méthode d'analyse en santé des végétaux, ANSES/LSV MA 055 – version 1
- Anses. 2017. Détection du Banana streak virus (BSV) sur bananier, espèces Obino l'Ewaï, Goldfinger, Imové et Mysore par IC-PCR multiplex. Méthode d'analyse en santé des végétaux, ANSES/LSV MA 044 - Version 2.
- ISO (International Organization for Standardization). 1997. *Information and Documentation - Rules for the Abbreviation of Title Words and Titles of Publications*. ISO 4:1997. Paris: ISO.
- CIPV. 2005. NIMP 23 Directives pour l'inspection. FAO.
- CIPV. 2008. NIMP 31 Méthodes d'échantillonnage et d'envoi. FAO.

6.3 Législation et réglementation

Cahier des charges relatif aux obligations incombant aux établissements producteurs de vitro-plants de bananiers à destination de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique, de Mayotte et de la Réunion. Bulletin officiel – Agri, aout 2016.

Cahier des charges relatif aux conditions d'acclimatation de vitro-plants de bananiers en Guadeloupe, en Guyane, en Martinique, à Mayotte et à la Réunion. Bulletin officiel – Agri, aout 2016.

Arrêté du 17 octobre 1995 relatif aux conditions d'entrée par dérogation de matériel végétal de bananiers dans les départements d'outre-mer. Journal officiel, 9 novembre 1995.

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine

 MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION <i>Liberté Égalité Fraternité</i>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">ANSES Reçu le <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">03 SEP. 2020</div></div>	Direction générale de l'alimentation
2020-SA-0119		
Service des actions sanitaires en production primaire		
Sous-direction de la qualité de la santé et de la protection des végétaux		
Bureau Santé des Végétaux		
251 rue de Vaugirard 75732 Paris cedex 15		
Dossier suivi par : Bénédicte DELARUE Tél. : 01 49 55 81 39 Mél : benedicte.delarue@agriculture.gouv.fr N° Réf. :	Le Directeur Général de l'Alimentation à Monsieur le Directeur Général de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail	
	27-31, avenue du Général Leclerc – B.P. 19	
	94701 MAISONS ALFORT CEDEX	
	Paris, le 1 ^{er} septembre 2020	
<p>Objet : Demande d'avis de l'Anses sur les cahiers des charges relatifs aux obligations incombant aux établissements producteurs de vitro-plants (VP) de bananiers à destination de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique, de Mayotte et de la Réunion, et aux conditions d'acclimatation de VP de bananier sur ces mêmes territoires.</p>		
<p><u>Éléments de contexte et données utiles :</u></p>		
<p>L'arrêté du 17 octobre 1995 relatif aux conditions d'entrée par dérogation de matériel végétal de bananiers dans les départements d'outre-mer définit les conditions d'entrée par dérogation de matériel végétal de bananier. Cet arrêté fait référence à 2 cahiers des charges :</p>		
<ul style="list-style-type: none">• Un cahier des charges relatif aux conditions d'acclimatation de VP de bananier en Guadeloupe, en Guyane, en Martinique, à Mayotte et à la Réunion• Un cahier des charges relatif aux obligations incombant aux établissements producteurs de VP de bananiers à destination de la Guadeloupe, la Guyane, la Martinique, de Mayotte et de la Réunion.		
<p>Depuis 1995, ces cahiers des charges ont été révisés à plusieurs reprises, la dernière en date remontant à 2016.</p>		
<p>Bien que les problématiques des filières bananières divergent selon l'espace phytosanitaire considéré (des Antilles, de la Réunion, de la Guyane ou de Mayotte), le recours aux VP comme matériel végétal destiné à la plantation s'est généralisé en particulier pour l'exportation de bananes. Ces cahiers des charges, qui sont en application depuis 25 ans, ont donné lieu à des applications et des pratiques différentes conduisant à une gestion différenciée des risques selon les territoires.</p>		
<p>Parallèlement, les professionnels de la filière banane, qui sont confrontés aux charges croissantes des analyses, expriment des demandes d'importation de matériel végétal</p>		

destinées à diversifier les sources d'approvisionnement en VP de manière à pouvoir disposer de variétés et cultivars performants et adaptés aux conditions agroenvironnementales des territoires. Par exemple, une demande émerge pour la résistance à la cercosporiose noire (*Pseudocercospora fijiensis*) qui impacte de plus en plus la qualité des fruits les rendant impropres à la commercialisation une fois arrivés dans le pays de destination.

Ce contexte, allié à l'actualisation en 2020 du règlement santé des végétaux en DROM, pousse à une refonte des cahiers des charges autorisant l'importation de VP de bananiers dans les DROM. Ceci nécessite donc un avis afin de réactualiser et de standardiser les procédures de contrôles pratiquées à différentes étapes du cycle de production et de commercialisation des VP avec pour objectif secondaire de proposer des solutions flexibles permettant de réduire les coûts à la charge des professionnels, tout en maintenant une bonne gestion des risques. Le résultat attendu doit permettre d'apporter aux services en charge de l'application des cahiers des charges les moyens adaptés aux situations tout en assurant la maîtrise des risques.

Questions posées :

L'Anses est saisie afin d'apporter son avis sur les points suivants :

Comment faire évoluer les deux cahiers des charges tout en prenant en compte les évolutions réglementaires, en harmonisant les pratiques entre les différents espaces phytosanitaires d'Outre-Mer (EPOM) et en maintenant un niveau de sécurité sanitaire satisfaisant ?

Plus précisément, cette saisine devra apporter les précisions suivantes :

- la liste des organismes nuisibles (ON) à contrôler aux différentes étapes des dispositifs mis en œuvre dans les établissements producteurs et acclimateurs de VP et aboutissant à la production de plants destinés à la plantation issus de VP ;
- les stratégies de contrôles et de suivi à adopter en fonction des risques, en prenant en compte le contrôle de la qualité sanitaire de l'eau d'irrigation ;
- la liste des matériels végétaux pouvant être autorisés en fournissant les outils utiles à la prise de décision en fonction de la carte d'identité des plantes mères (origine géographique, nature génétique, et tout autre élément susceptible d'aider à la prise de décision, en particulier les conditions de culture des pieds-mères et la connaissance de leur environnement).

Documents joints : 2 cahiers des charges, 1 protocole d'inspection et 1 méthode d'inspection SORE

Délai de réponse :

Une réponse est attendue d'ici la fin du mois de juin 2021.

En cas de difficulté rencontrée dans l'accomplissement de cette mission, je vous prie de bien vouloir m'en informer dans les meilleurs délais.

Destinataires pour la réponse mail

Bureau de la santé des végétaux (bsv.sdqspv.dgal@agriculture.gouv.fr),

Bénédicte Delarue (benedicte.delarue@agriculture.gouv.fr),

Bureau de l'évaluation scientifique, de la recherche et des laboratoires (saisines-anses.dgal@agriculture.gouv.fr).

Mes services se tiennent à votre disposition pour vous apporter toute information complémentaire.

Je vous remercie de bien vouloir accuser réception de la présente demande.

Le Directeur général de l'alimentation



Bruno Ferreira

Annexe 2 : Conclusions de l'évaluation du risque phytosanitaire FOC-TR4

Cette filière constitue le **risque majeur** d'introduction de Foc TR4, ceci compte tenu de l'absence d'obligation de contrôle sanitaire (indexation) des pieds-mères vis-à-vis de l'agent pathogène, mais également du risque d'introduction de vitroplants de bananiers asymptomatiques et enfin de l'évolution rapide de la distribution géographique mondiale de l'agent pathogène. L'introduction de Foc TR4 dans la zone ARP peut également se produire par des importations d'autres plantes hôtes susceptibles de l'héberger ou de **matériel végétal** et de substrats en provenance de zones géographiques infestées. Il demeure encore actuellement une forte incertitude sur la gamme d'hôtes de Foc TR4, mais des hôtes asymptomatiques appartenant à de nombreuses espèces et genres ont été décrits. De plus, les importations de matériel végétal de zones géographiques où l'agent pathogène est déjà présent sont fréquentes, notamment dans le cas de La Réunion et de Mayotte. Ces deux éléments considérés, le **risque d'entrée** par ces filières est **probable** avec une incertitude **modérée**.

L'absence de procédure d'inspection du matériel végétal entrant dans la zone ARP vis-à-vis de Foc TR4, les volumes d'importation de matériel végétal de zones géographiques infestées et la proximité de certains DROM de ces dernières, définissent **un risque global d'entrée de Foc TR4 très probable avec une incertitude modérée. Établissement**

L'entrée de matériel végétal (vitroplants, autres plantes destinées à la plantation) et/ou de sol ou substrat de culture infectés par Foc TR4 conduira à une contamination du sol et donc de manière **très probable** à l'établissement de l'agent pathogène dans des zones de production de bananiers. Foc TR4 peut en effet réaliser son cycle sur ses plantes hôtes, présentes dans tous les DROM, mais également en présence de plantes non hôtes ou asymptomatiques.

Il est **très probable** également, avec un niveau d'incertitude faible, que la stratégie de reproduction végétative de Foc TR4 facilite son établissement grâce aux chlamydospores qui assurent sa survie à long terme dans le sol et aux conidies qui assurent sa propagation. En outre, le climat de la zone ARP **est favorable** au développement de Foc TR4. Il a préalablement permis l'établissement d'autres races de *F. oxysporum* f. sp. *cubense*. Par ailleurs, Foc TR4 s'est déjà **largement établi** dans de nouvelles zones (3 continents) depuis ces dix dernières années et le niveau d'incertitude est faible quant à son potentiel d'établissement.

Les plants de bananiers sont largement distribués au sein de la zone ARP. La monoculture et la densité de plantation de bananiers d'une part, le continuum de plantes dans toute la zone ARP hors plantation industrielle d'autre part, sont des facteurs **très favorables** à l'établissement de Foc TR4, avec un niveau d'incertitude faible.

Aucune pratique de gestion phytosanitaire existante ne peut empêcher l'établissement de Foc TR4. Certaines mesures prophylactiques (confinement du foyer et destruction des plantes, lavage du matériel, gestion des résidus végétaux) et des pratiques telles que les cultures associées, les couverts végétaux peuvent limiter le développement de l'agent pathogène. Elles ne peuvent cependant pas l'éradiquer une fois que celui-ci est installé dans la parcelle. Il est donc **très probable** que Foc TR4 s'établisse malgré les pratiques de gestion phytosanitaire existantes, et le niveau d'incertitude est faible.

La probabilité globale d'établissement de Foc TR4 dans la zone ARP est jugée **très élevée** avec un niveau d'incertitude faible compte-tenu de son adaptation écologique aux conditions environnementales dans le sol, de la large distribution des plantes hôtes dans la zone ARP, de conditions climatiques favorables à son établissement et de l'absence de moyen de lutte efficace.

Dissémination

Une fois que Foc TR4 a été introduit et s'est établi dans une zone, sa dissémination est **très probable** et s'opèrerait à des vitesses variables selon les modes de dissémination et la géographie du territoire. La **dissémination par l'homme**, via le transport de végétaux contaminés et/ou du sol adhérent aux outils, véhicules ou chaussures, sera **rapide et difficilement contrôlable** par les mesures de gestion. C'est ce mode de dissémination qui

est considéré comme responsable de la dissémination rapide de Foc TR4 dans les zones actuellement contaminées. La dissémination par l'eau de ruissellement, les inondations ou l'eau d'irrigation peut également être très efficace par le transport des spores du champignon, produites en abondance dans les sols et résidus de végétaux contaminés, mais restera géographiquement restreinte respectivement aux zones avales du bassin versant, aux zones inondables, ou au périmètre d'irrigation. La durée nécessaire pour que l'organisme atteigne son étendue maximale dans la zone ARP est estimée **entre 5 et 10 ans, une fois Foc TR4 établi.**

La vitesse de dissémination globale est considérée élevée avec un niveau **d'incertitude faible.**

Importance économique

Dans son aire de répartition actuelle, Foc TR4 entraîne d'importantes pertes directes de rendement. En effet, Foc TR4 provoque en l'espace de 5 ans des niveaux élevés de mortalité sur les plants de bananier Cavendish (variétés utilisées pour la culture d'exportation) infectés, mais également sur d'autres variétés de bananiers destinées au marché local. De plus, les méthodes de gestion impliquent la destruction des bananiers dans un large périmètre autour des bananiers infectés. Enfin, dans les zones contaminées par Foc TR4, **la culture du bananier n'est plus possible** pendant de nombreuses années.

Les méthodes de gestion actuelles (destruction des plants malades et des plantes adjacentes, mise en place de mesures de confinement des foyers et des exploitations, désinfection des chaussures du personnel et des véhicules) sont onéreuses, et **ne permettent pas d'éradiquer** la maladie ni de contenir durablement son expansion surtout lorsque des voies naturelles de dissémination sont en jeu (ruissellement important, inondations).

Compte tenu du fait que Foc TR4 trouvera dans la zone ARP **les conditions favorables** à son développement, les conséquences économiques (pertes de rendement et augmentation des coûts de production) causées par Foc TR4 y **seraient très importantes.** Ces conséquences seraient particulièrement fortes en Guadeloupe et Martinique du fait du rôle majeur de la culture de la banane Cavendish destinée à l'exportation dans l'économie de ces deux îles. L'arrivée de Foc TR4 serait certainement **rédhibitoire** pour la filière banane export qui périlcliterait. Ce déclin aurait des conséquences sociales importantes dans des îles déjà fortement touchées par le chômage et où la filière est le premier employeur privé. Les conséquences seraient probablement également très importantes sur l'île de Mayotte où les bananiers représentent une culture vivrière de tout premier ordre. Enfin, Foc TR4 pourrait aussi entraîner la disparition des variétés locales en Guyane et à La Réunion où la culture du bananier pour des usages locaux a une place importante.

Conclusion générale de l'évaluation du risque phytosanitaire

En conclusion, étant donné :

- Les probabilités d'entrée et d'établissement très élevées de Foc TR4 dans la zone ARP ;
- Une vitesse de dissémination globale de Foc TR4 jugée élevée ;
- La difficulté et les limites de la mise en œuvre des mesures de gestion ainsi que le caractère irréversible de la contamination des sols par Foc TR4 ;
- Les conséquences économiques potentielles très importantes.

Le groupe de travail considère que **Foc TR4 constitue un risque majeur et est donc un bon candidat** pour l'étape de gestion de risque phytosanitaire.

Annexe 3 : Rappel des conclusions de la saisine 2018 sur la gestion du risque phytosanitaire Foc TR4

L'introduction de Foc TR4 dans la zone ARP constitue un risque inacceptable, mettant en péril non seulement la filière banane export en Martinique et Guadeloupe, mais aussi l'existence et la production de bananes de variétés locales, pour la consommation locale en Guyane, à Mayotte et à La Réunion. Il est donc nécessaire de mettre en place **des mesures de gestion** pour empêcher ou retarder l'introduction de Foc TR4 dans la zone ARP. La mise en œuvre de ces mesures est rendue difficile pour deux raisons principales : (1) l'extension actuelle des zones géographiques où Foc TR4 est présent, avec un délai important entre l'entrée effective de l'agent pathogène dans une zone, sa découverte, puis la déclaration officielle de sa présence dans cette zone ; (2) la diversité des sources possibles d'introduction de Foc TR4.

En premier lieu, il nous semble important de mettre en place une veille stricte sur l'évolution de l'épidémie de Foc TR4 dans les lieux de production de bananier y compris dans les zones de production des vitroplants de bananier.

Pour chacune des filières d'introduction principales, nous proposons des mesures de gestion qui devront être associées pour en accroître l'efficacité :

- Filière vitroplants de bananiers.

La probabilité d'association de Foc TR4 avec cette filière est considérée comme très faible, mais les volumes de vitroplants importés en Martinique et Guadeloupe sont importants, ce qui nous incite à proposer un renforcement des mesures phytosanitaires existantes.

Tout d'abord, il est rappelé que seuls des vitroplants (sur milieu artificiel) peuvent être importés dans la zone ARP, à l'exclusion de tout matériel cultivé *in vivo* (par exemple vitroplants pré-sevrés). Cette obligation devra être strictement observée. En outre, ces vitroplants doivent être originaires de zones déclarées indemnes de Foc TR4.

La production de vitroplants pour l'importation dans les DROM est régie par un cahier des charges (« cahier des charges relatif aux obligations incombant aux établissements producteurs de vitro-plants de bananiers à destination de la Guadeloupe, de la Guyane, de la Martinique, de Mayotte et de La Réunion »). Ce cahier des charges devrait être modifié de la façon suivante :

- sélection des pieds-mères : contrôle sanitaire obligatoire des pieds-mères vis-à-vis de Foc TR4 avec une méthode officielle (au même titre que ce qui est déjà réalisé pour les virus et bactéries) ; mise en place d'un plan de surveillance des pieds-mères vis-à-vis de symptômes de Foc TR4 (au même titre que ce qui est déjà prévu pour les autres agents pathogènes dans le cahier des charges).

- culture des pieds-mères : utilisation de substrats de culture et d'eau d'arrosage désinfectés, culture hors-sol obligatoire, et mise en place de mesures prophylactiques à l'entrée de la structure de culture.

Une fois importés, les vitro-plants de bananier subissent une phase d'acclimatation avant leur plantation en plein champ. Cette phase est également régie par un cahier des charges (« cahier des charges relatif aux conditions d'acclimatation de vitro-plants de bananiers en Guadeloupe, Guyane, Martinique, à Mayotte et à La Réunion »). Pour cette étape, nous proposons une modification de ce cahier des charges de la façon suivante :

- désinfection systématique des substrats de culture,
- mise en place d'un plan de surveillance de symptômes de Foc TR4 pendant la phase d'acclimatation (au même titre que pour les autres agents pathogènes listés dans le cahier des charges, point II-1 du cahier des charges),

- diagnostic moléculaire en cas d'apparition de symptômes de *Fusarium oxysporum* pendant l'acclimatation.

Dans l'hypothèse où des symptômes de Foc TR4 apparaîtraient en cours d'acclimatation et seraient confirmés par analyse moléculaire, toutes les mesures visant à l'éradication devront être prises (destruction des plantes et lots correspondants, des plantes adjacentes ; désinfection des outils, chaussures et matériels sortant de la structure d'acclimatation).

L'ensemble des mesures proposées pour cette filière pourront avoir un impact sur le coût de production des vitroplants, qui reste à évaluer, et qui pourrait interférer avec leur commerce.

Filière parties de végétal (bananes, bulbes, rejets, plants racinés de toutes plantes et fleurs coupées).

Pour cette filière, la seule mesure possible efficace serait l'interdiction de l'introduction de matériel végétal, de quelque nature que ce soit, en provenance de régions infestées par Foc TR4. Toutefois cette mesure semble peu réaliste au regard de la diversité des végétaux importés et de l'extension actuelle de l'aire de répartition géographique de Foc TR4. Les mesures suivantes sont toutefois préconisées ou rappelées :

- Interdiction absolue d'introduction de bananes dans la zone ARP,
- Interdiction d'importer des bulbes et tubercules en provenance de régions infestées par Foc TR4,
 - S'assurer du respect de l'élimination de toute trace de sol adhérent aux bulbes et tubercules importés, de quelque origine que ce soit (arrêté de 1990 stipulant l'interdiction d'introduction de produits végétaux avec terre adhérente dans les DROM),
 - Interdiction d'importer des plantes pour la plantation, en provenance de régions infestées par Foc TR4.

Filière sol

L'introduction de sols en tant que tels dans la zone ARP est d'ores et déjà interdite. Il est nécessaire de s'assurer du respect de cette interdiction et de l'appliquer de la même manière aux substrats de culture en provenance de zones infestées par Foc TR4.

La désinfection des matériels pouvant avoir été en contact avec le sol (outils, chaussures, roues...) ainsi que les conteneurs de marchandises, en provenance de zones infestées par Foc TR4 est préconisée. Le niveau d'incertitude quant à la réussite de cette mesure est élevé du fait de l'extension rapide de l'aire de répartition de l'agent pathogène et de la difficulté à tracer le cheminement des sols adhérents. Une désinfection systématique des chaussures de passagers, ou des roues de véhicules entrant dans la zone ARP est envisageable, mais pourrait avoir un coût économique et environnemental à évaluer. Cette mesure devrait s'accompagner de campagnes systématiques d'information des voyageurs entrant dans la zone ARP. De ce point de vue Mayotte et La Réunion semblent des situations particulièrement vulnérables et devant faire l'objet d'une attention spécifique. Une difficulté supplémentaire est à prendre en compte, il s'agit de l'impossibilité de pouvoir tracer réellement les flux de passagers entre les zones infestées (majoritairement le sud-est asiatique) et la plupart des DROM (Martinique, Guadeloupe et Guyane) compte tenu du fait qu'il n'existe pas de lignes aériennes directes entre ces DROM et l'Asie du Sud Est.

Une fois Foc TR4 introduit dans la zone ARP, sa dissémination naturelle (dissémination par l'eau et multiplication saprophyte) sera difficilement contrôlable. En outre, les méthodes de gestion à mettre en œuvre (infrastructure de confinement, c'est-à-dire la mise en place de barrières physiques empêchant la circulation des personnes et des animaux, zone tampon et désinfection de tout matériel sortant de la zone d'enrayement) (State of Queensland, Department of Agriculture and Fisheries, 2017) sont contraignantes et difficilement applicables

au paysage agricole des DROM concernés. Ces mesures n'ont pas toutes fait leurs preuves quand elles ont été appliquées en Australie. En outre la distribution hétérogène de l'agent pathogène dans une plantation de bananier peut conduire à ce que des foyers infectieux échappent aux méthodes de détection du fait d'un échantillonnage insuffisamment représentatif. Il est également suggéré d'étudier la pertinence de mettre en place des méthodes culturales différentes des pratiques culturales conventionnelles actuelles (grandes plantations en monoculture et connectées par un système d'irrigation unique) pour enrayer, à défaut d'empêcher, la dissémination de l'agent pathogène.

En conséquence de quoi l'éradication ou le confinement de l'organisme nuisible ne pourront être garantis dans une culture, un lieu de production ou une zone.

Notes



anses

CONNAÎTRE, ÉVALUER, PROTÉGER

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE
de l'alimentation, de l'environnement et du travail

14 rue Pierre et Marie Curie 94701 Maisons-Alfort Cedex
Tél : 01 42 76 40 40
www.anses.fr — @Anses_fr