

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Risque Banana streak virus (BSV) en cas d'introduction de vitro-plants de bananier plantain issus respectivement de bananiers plantains originaires des DOM

Rapport d'appui scientifique et technique

Février 2015

Édition scientifique



anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Risque Banana streak virus
(BSV) en cas d'introduction
de vitro-plants de bananier
plantain issus
respectivement de
bananiers plantains
originaires des DOM

Rapport d'appui scientifique et technique

Février 2015

Édition scientifique

**Risque *Banana streak virus* (BSV) en cas d'introduction de
vitro-plants de bananier plantain issus respectivement de
bananiers plantains originaires des DOM**

Demande « n° 2014-SA-0178 BSV / Plantain »

**RAPPORT
d'appui scientifique et technique**

[ÉTUDE]

« Comité d'experts spécialisés Risques Biologiques pour la santé des végétaux »

Février 2015

Mots clés

Banana streak virus (BSV), banane plantain, bananier, vitroplants, culture *in vitro*.

Présentation des intervenants

PREAMBULE : Les experts externes, 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.

RAPPORTEURS

Mme Marie-Line CARUANA – Directrice de recherche, CIRAD, UMR BGPI

M. Bruno HOSTACHY – Responsable d'unité, Anses, Laboratoire de la santé des végétaux, Unité ravageurs et agents pathogènes tropicaux

Mme Delphine MASSÉ – Responsable technique, Laboratoire de la santé des végétaux, Unité ravageurs et agents pathogènes tropicaux

.....

COMITE D'EXPERTS SPECIALISE

- CES Risques Biologiques pour la Santé des Végétaux – 03/02/2015

Président

M. Philippe REIGNAULT – Professeur des universités, Université du Littoral Côte d'Opale, Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant

Membres

M. Claude ALABOUVETTE – Retraité (INRA)

Mme. Marie-Hélène BALESSENT – Chargé de recherche, INRA de Versailles-Grignon, UR BIOlogie et GESTion des Risques en agriculture

M. Philippe CASTAGNONE – Directeur de recherche, INRA PACA, Institut Sophia Agrobiotech

M. Bruno CHAUVEL – Chargé de recherche, INRA de Dijon, UMR Agroécologie

M. Nicolas DESNEUX – Chargé de recherche, INRA PACA, Institut Sophia Agrobiotech

Mme Marie-Laure DESPREZ-LOUSTAU – Directrice de recherche, INRA de Bordeaux, UMR Biodiversité, Gènes & Communautés

M. Abraham ESCOBAR-GUTIERREZ – Chargé de recherche, INRA de Lusignan, UR Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères

M. Laurent GENTZBITTEL – Professeur des universités, École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, Laboratoire Écologie Fonctionnelle et Environnement

M. Hervé JACTEL – Directeur de recherche, INRA de Bordeaux, UMR Biodiversité, Gènes & Communautés

M. Xavier NESME – Ingénieur de recherche, INRA, UMR 5557 Écologie microbienne

M. Stéphan STEYER – Attaché scientifique, Centre wallon de Recherches Agronomiques, Département Sciences du Vivant, Unité Biologie des nuisibles et biovigilance

M. Frédéric SUFFERT – Ingénieur de recherche, INRA de Versailles-Grignon, UR BIOlogie et GEstion des Risques en agriculture

Mme Valérie VERDIER – Directrice de recherche, IRD, UMR Résistance des Plantes aux Bioagresseurs

M. Éric VERDIN – Ingénieur de recherche, INRA, Unité de pathologie végétale d'Avignon

M. François VERHEGGEN – Enseignant-chercheur, Université de Liège - Faculté de Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Entomologie fonctionnelle et évolutive

M. Thierry WETZEL – Directeur du laboratoire de Virologie Végétale, RLP Agrosience, AIPlanta – Institute for Plant Research

.....

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

M. Xavier TASSUS – Coordinateur scientifique – Anses, Unité Expertise – Risques Biologiques

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Sigles et abréviations	6
Liste des figures	7
1 Contexte, objet et modalités de traitement de la demande	8
1.1 Contexte.....	8
1.2 Objet de la demande	8
1.2.1 Questions posées par la saisine	8
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	8
2 Le <i>Banana streak virus</i> (BSV).....	10
2.1 Identité du virus	10
2.2 Particularités du BSV en lien avec la saisine	12
2.3 Distribution géographique.....	13
2.4 Gamme de plantes hôtes	14
2.5 Symptômes.....	14
2.6 Biologie et écologie	15
2.7 Moyens de dispersion.....	17
2.8 Incidence	17
2.9 Surveillance et détection	18
3 Évaluation des risques.....	19
3.1 Risques liés à l'importation sous forme de vitro-plants de matériel bananier plantain ayant un génotype avec du <i>Musa balbisiana</i>	19
3.2 Risques pour la culture de bananiers Cavendish du fait de la nouvelle situation générée par le développement de la culture du bananier plantain.....	20
4 Gestion des risques.....	21
5 Conclusion	24
6 Bibliographie.....	26
6.1 Publications.....	26
6.2 Normes.....	28
6.3 Législation et réglementation.....	28
ANNEXES	29
Annexe 1 : Saisine	30

Sigles et abréviations

ADN: Acide DésoxyriboNucléique

BanMMV : *Banana mild mosaic virus*

BBrMV : *Banana bract mosaic virus*

BBTV : *Banana bunchy top virus*

BCVBV : *Bougainvillae spectabilis chlorotic vein-banding virus*

BSGFV : *Banana streak virus* espèce Goldfinger

BSIMV : *Banana streak virus* espèce Imové

BSMYV : *Banana streak virus* espèce Mysore

BSOLV : *Banana streak virus* espèce Obino l'Ewaï

BSV : *Banana streak virus*

CiYMV : *Citrus yellow mosaic virus*

CMV : *Cucumber mosaic virus*

ComYMV : *Commelina yellow mottle virus*

CSSV : *Cacao swollen shoot virus*

DBALV : *Dioscorea bacilliform AL virus*

DBSNV : *Dioscorea bacilliform SN virus*

dCAPS : derived cleaved amplified polymorphism sequences

DOM : Départements d'outre-mer

CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

eBSGFV : endogenous *Banana streak virus* espèce Goldfinger

eBSIMV : endogenous *Banana streak virus* espèce Imové

eBSOLV : endogenous *Banana streak virus* espèce Obino l'Ewaï

eBSV : endogenous *Banana streak virus*

ELISA : enzyme-linked immunosorbent assay

IC-PCR : immunocapture PCR

ICTV : International Committee on Taxonomy of Viruses

KTSV : *Kalanchoe top-spotting virus*

M. acuminata: *Musa acuminata*

M. balbisiana: *Musa balbisiana*

ON : Organisme nuisible

ONPV : Organisation Nationale de la Protection des Végétaux

ORF : Open Reading Frame

PCR : Polymerase Chain Reaction

PIF : propagation par fragment issu de tige

RNaseH: Ribonuclease H

RT: Reverse Transcriptase

SCBV : *Sugarcane bacilliform virus*

TaBV : *Taro bacilliform virus*

Liste des figures

Figure 1: Arbre phylogénétique des séquences de badnavirus construit par maximum de vraisemblance à partir de l'alignement de 529 pb de la région RT/RNase H de l'ORF3. (d'après <i>Iskra-Caruana et al., 2014 Infection, Genetics and Evolution 21:83-89</i>)	11
Figure 2 : Les voies d'infection par le BSV	12
Figure 3 : Distribution géographique mondiale (source CABI, 2014)	13
Figure 4 : Distribution géographique zone Amérique centrale et Caraïbe (source CABI, 2014)	13
Figure 5 : Distribution géographique dans le sud-ouest de l'océan indien (source CABI, 2014)	14
Figure 6 : <i>Banana streak virus</i> responsable de la maladie de la mosaïque en tirets sur bananiers et plantains.	15
Figure 7 : Marqueurs de géotypage eBSV pour eBSIMV, eBSGFV et eBSOLV chez Pisang Klutuk Wulung (PKW)	16

1 Contexte, objet et modalités de traitement de la demande

1.1 Contexte

La culture du bananier plantain hybride interspécifique *Musa accuminata* (A) et *Musa balbisiana* (B), AAB a toujours fait partie des productions traditionnelles de l'agriculture antillaise en étant plantée seule ou en culture associée dans les jardins créoles. Dans ce système de petite agriculture familiale, les agriculteurs ont toujours replanté en utilisant des rejets de bananiers de la propriété. Cette banane légume très appréciée des consommateurs pour ses qualités gustatives, connaît depuis quelques années, une forte augmentation de la demande. Celle-ci a été induite notamment par les politiques régionales de lutte contre l'obésité et des restrictions dans la culture des tubercules tropicaux dans des sols contaminés par le chlordécone. C'est dans ce contexte que la culture du bananier plantain s'est progressivement spécialisée en passant du jardin à des parcelles en monoculture de surface significative. La mise en place de ces parcelles est faite à partir de rejets prélevés sur des bananiers n'offrant aucune garantie sanitaire. Mis à part les problèmes liés à l'hétérogénéité des rejets, les producteurs de bananes plantains sont confrontés dès le deuxième ou le troisième cycle de culture à un impact marqué de parasites telluriques (nématodes et charançons). Faute de méthode de lutte performante, les bananiers dépérissent progressivement et la replantation devient alors nécessaire. A l'instar de la filière bananière Cavendish destinée à l'export, les producteurs de bananiers plantains demandent à pouvoir bénéficier d'un matériel végétal de base tel que le vitro-plant qui apporte des garanties sur la qualité et l'état sanitaire.

1.2 Objet de la demande

1.2.1 Questions posées par la saisine

Deux questions sont posées par la saisine :

Une première question porte sur l'efficacité du schéma de production de vitro-plants de bananier plantain vis-à-vis du risque d'infection par le *Banana streak virus* (BSV). Ici, il s'agira de savoir si l'application du schéma proposé va changer les conditions sanitaires de culture du bananier plantain.

La deuxième question porte elle sur le risque de contamination par le BSV des bananiers de type Cavendish à partir de vitro-plants de bananier plantain, infectés suite à l'activation des séquences virales endogènes (eBSV) au génome *Musa balbisiana*.

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'Anses a confié à un groupe de rapporteurs l'instruction de cette saisine.

Les travaux d'expertise des rapporteurs ont été soumis régulièrement au CES (tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques). Le rapport produit par les rapporteurs 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) »

2 Le *Banana streak virus* (BSV)

2.1 Identité du virus

- Nom scientifique : *Banana streak virus*
- Nom commun : la maladie est communément appelée « mosaïque en tirets du bananier »
- Taxonomie et description du virus:

Le BSV appartient à la famille *Caulimoviridae* et au genre *Badnavirus*. Le virion bacilliforme possède un génome à ADN double brin circulaire (environ 7,4 kpb) codant pour une reverse transcriptase (RT) nécessaire à sa réplication. Il présente entre ses différents isolats une forte hétérogénéité tant sérologique que génétique qui est comprise entre 21,8% et 33,6% pour la zone conservée RT et RNase H. Une telle divergence se traduit par une classification en espèces virales selon les critères de l'ICTV (King et al., 2012) bien que les isolats de BSV décrits jusqu'à ce jour induisent la même maladie de la mosaïque en tirets des bananiers. On parle alors de complexe d'espèces pour cette maladie. Ces différentes espèces de BSV se répartissent dans deux des trois clades phylogénétiques qui rassemblent les séquences badnavirales sur bananier (fig. 1). Le clade I regroupe les BSV présents au niveau mondial, le clade III est dédié aux BSV endémiques en Afrique de l'Est, principalement l'Ouganda sans que ne soit rapporté d'épidémie vraie dans cette zone (Iskra-Caruana et al., 2014).

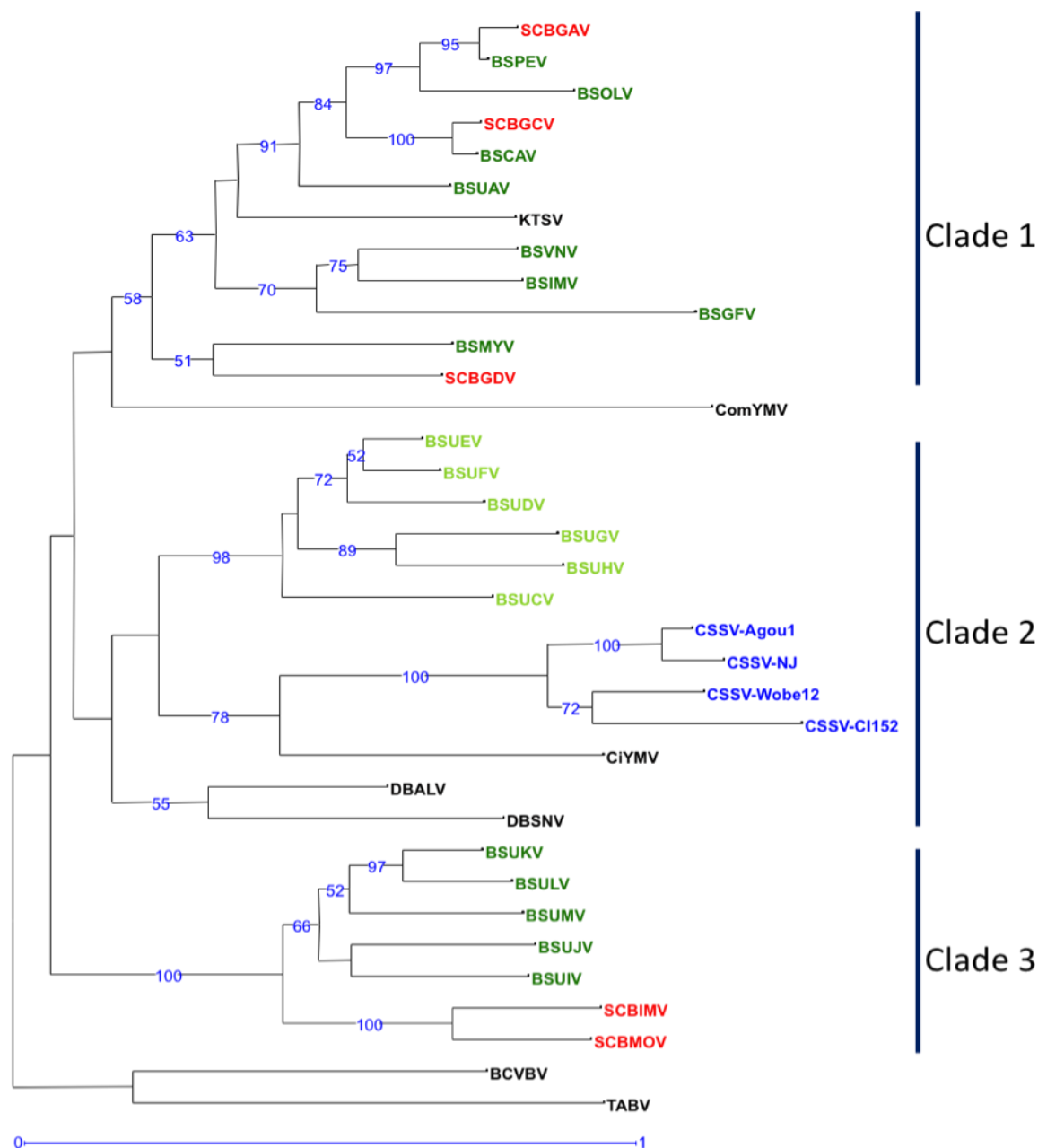


Figure 1: Arbre phylogénétique des séquences de badnavirus construit par maximum de vraisemblance à partir de l'alignement de 529 pb de la région RT/RNase H de l'ORF3. (d'après *Iskra-Caruana et al., 2014 Infection, Genetics and Evolution 21:83-89*)

Les valeurs des pourcentages de bootstraps (500 répétitions) sont données au niveau des noeuds quand elles sont supérieures à 50. Les séquences correspondant au *Cacao swollen shoot virus* (CSSV) sont présentées en bleues, celles correspondant au *Sugarcane bacilliform virus* (SCBV) en rouge, et les séquences virales mises en évidence dans les bananiers en vert. En vert foncé, les séquences correspondant au *Banana streak virus*, en vert clair les séquences badnavirales endogènes dans les génomes bananiers sans à ce jour de contrepartie virus épisomal décrit. Le *Taro bacilliform virus* (TaBV) et le *Bougainvillae spectabilis chlorotic vein-banding virus* (BCVBV) sont positionnés en outgroups. KTSV *Kalanchoe top-spotting virus*, ComYMV *Commelina yellow mottle virus*, CiYMV *Citrus yellow mosaic virus*, DBALV *Dioscorea bacilliform AL virus*, DBSNV *Dioscorea bacilliform SN virus*.

2.2 Particularités du BSV en lien avec la saisine

L'originalité du BSV réside principalement dans l'existence de deux formes virales conduisant à une infection. La forme épisomale, issue de la multiplication virale de cellules infectées suite à l'infection d'un bananier par transmission par la cochenille vectrice, circule dans le bananier et est végétativement transmise aux rejets émis par le bananier. La transmission du virus de ce bananier infecté à de nouveaux bananiers continue de se faire par des cochenilles. La forme eBSV qui est endogène au génome de l'espèce *Musa balbisiana* (génome B) depuis de nombreuses années sous forme de séquence virales linéaires et le plus souvent « dormante » dans les bananiers. Ces formes intégrées suite à des stress biotiques ou abiotiques vont pouvoir libérer des génomes viraux fonctionnels dans les cellules du bananier. Ces eBSV sont alors nommées eBSV infectieux. L'infection virale résultera dans ce cas de la multiplication de ces génomes en absence à ce stade de transmission médiée par un vecteur, et reste la seule explication à l'observation sporadique de foyers de la maladie. Les virions obtenus sont également transmissibles à des bananiers par des cochenilles et peuvent contribuer au développement d'épidémies (fig. 2).

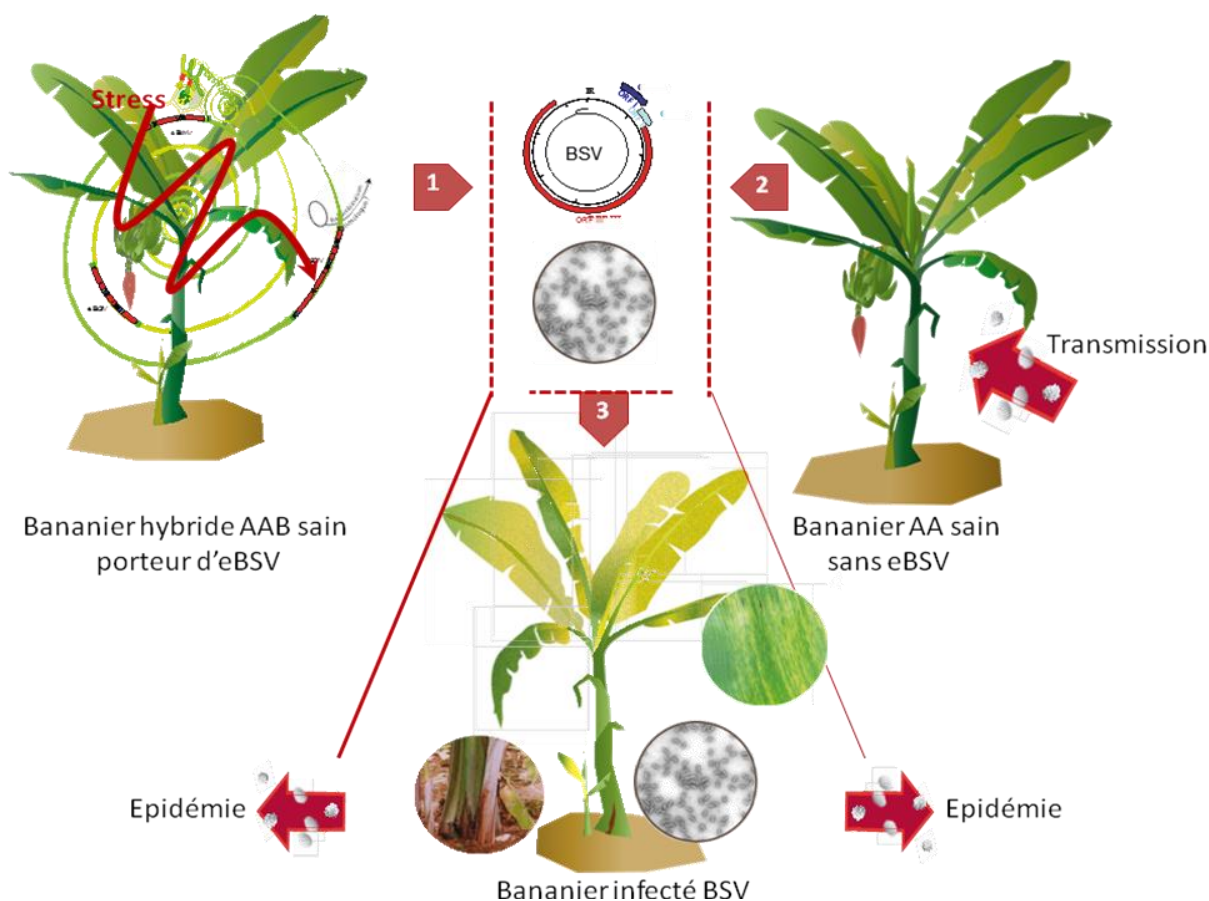


Figure 2 : Les voies d'infection par le BSV

1- Libération de génomes viraux fonctionnels via des recombinaisons homologues des eBSV infectieux d'hybrides bananiers sains et haploïdes pour le génome B, suite à des stress biotiques ou abiotiques

2- Libération de génomes viraux dans les cellules d'un plant sain n'ayant pas d'eBSV suite à une transmission par les cochenilles vectrices porteuses de BSV

3- Infection et développement similaires de symptômes typiques de la mosaïque en tirets pour les deux origines possibles (1 et 2). Dissémination et propagation identique de la maladie par les cochenilles vectrices à d'autres plants de bananiers.

2.3 Distribution géographique

Le BSV est le virus le plus largement distribué sur bananier et bananier plantain dans le monde (fig. 3). Le BSV est rapporté à ce jour dans plus de 43 pays cultivant la banane et endémique en Afrique de l'Est (Iskra-Caruana et al., 2014).

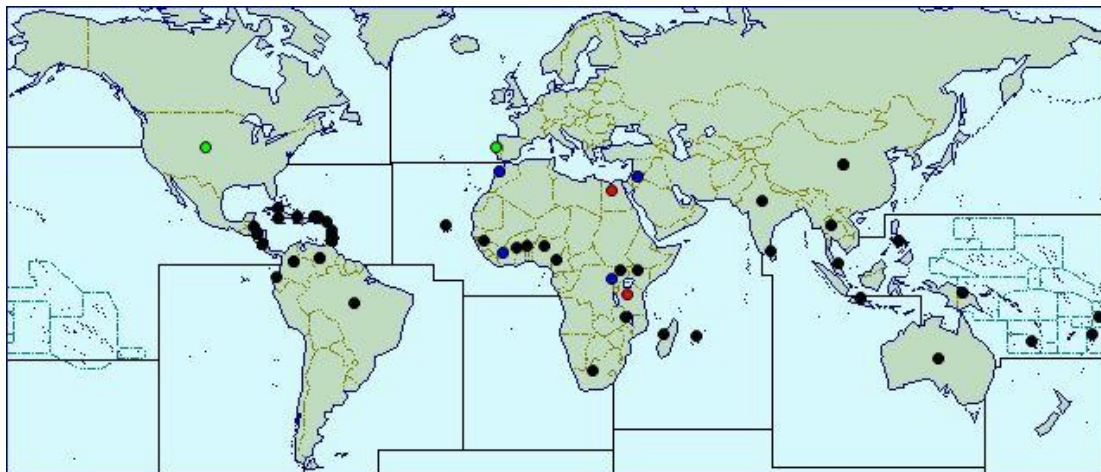


Figure 3 : Distribution géographique mondiale du BSV (source CABI, 2014)

Le BSV est présent en Guadeloupe (Diekmann et Putter, 1996) où des prospections récentes ont montré que l'espèce Goldfinger (BSGFV) est l'espèce la plus fréquente par rapport aux espèces Mysore (BSMYV) et Obino l'Ewaï (BSOLV), l'espèce Imové (BSIMV) n'ayant pas été détectée (Péréfarres et al, 2009). En Martinique, des prospections réalisées en 2001 ont permis de mettre en évidence la présence du BSV (2001, Teycheney, com pers). Aucune donnée n'est disponible pour la Guyane, mais le signalement du BSV dans les pays frontaliers ou voisins (Brésil et Venezuela) permet d'y suspecter aussi sa présence (fig. 4).

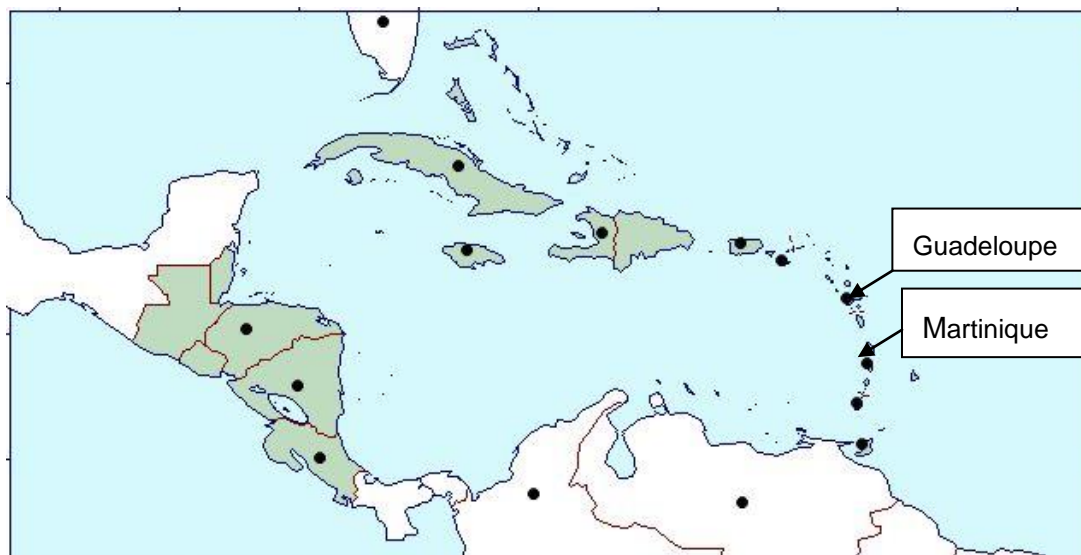


Figure 4 : Distribution géographique du BSV en zones Amérique centrale et Caraïbe (source CABI, 2014)

Dans la zone du sud ouest de l'océan indien, le BSV est présent à Madagascar et à l'île Maurice (Cabi, 2014 ; fig. 5). Les prospections réalisées à l'île de la Réunion en 2008 ont permis d'y détecter le BSOLV (Hostachy, com pers). Aucune donnée n'est disponible pour Mayotte, avec

néanmoins une forte suspicion sur la présence du BSV du fait des flux de matériel végétal entre les pays d'Afrique de l'Est et l'archipel des Comores.

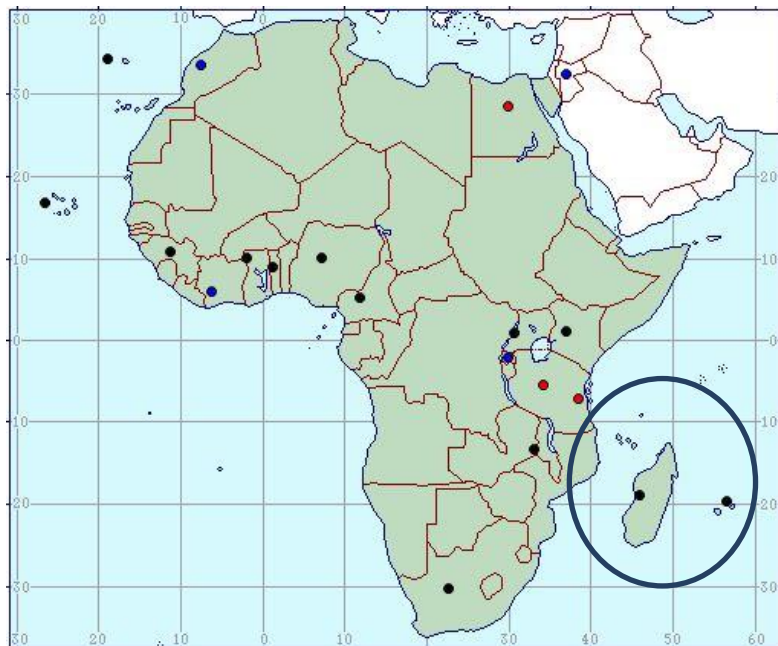


Figure 5 : Distribution géographique du BSV dans le sud-ouest de l'océan indien (source CABI, 2014)

2.4 Gamme de plantes hôtes

Comme la plupart des badnavirus, le BSV infecte un nombre limité de plantes hôtes qui en l'occurrence sont inféodées à la famille des musacées (*Musa* sp, *Heliconia* sp). Cette spécificité tiendrait au fait qu'en conditions naturelles la transmission du virus ne peut se faire que de bananier à bananier.

En conditions expérimentales, le *Sugarcane bacilliform virus* (SCBV) qui est un badnavirus de la canne à sucre, a pu être transmis de la canne au bananier par des cochenilles farineuses (Lockhart, 1995) et trouvé comme infectant le bananier dans les plantations (Bouhida et al., 1993). Inversement le BSV a été expérimentalement transmis à la canne à sucre qui présente les mêmes symptômes que le bananier (Lockhart et Autrey, 1988). Le SCBV et le BSV, qui ont des propriétés sérologiques très proches, ont parfois été confondus mais en fait il s'agit de deux virus distincts qui partageraient un ancêtre commun (Lockhart and Autrey, 1988 ; Lockhart and Olszewski, 1993).

Dans l'épidémiologie du BSV, aucun rôle n'a été attribué à la flore herbacée, en particulier aux plantes adventices des bananeraies en tant que plante réservoir ou hôte alternatif du virus (Lockhart, 1995).

2.5 Symptômes

Le BSV est responsable de mosaïques en tirets chlorotiques qui évoluent en nécroses, ainsi que de l'éclatement du pseudo-tronc (fig. 6). Dans des cas sévères, l'infection peut aboutir à la mort des plants par nécrose du méristème apical empêchant la formation de l'inflorescence. L'expression et la gravité des symptômes dépendent des conditions agroenvironnementales en

particulier au moment des changements de saison ainsi que des génotypes de bananiers infectés. Les nouvelles feuilles émises à partir d'un bananier présentant des symptômes et infecté, peuvent n'extérioriser aucun symptôme pendant plusieurs mois alors que le bananier reste infecté.

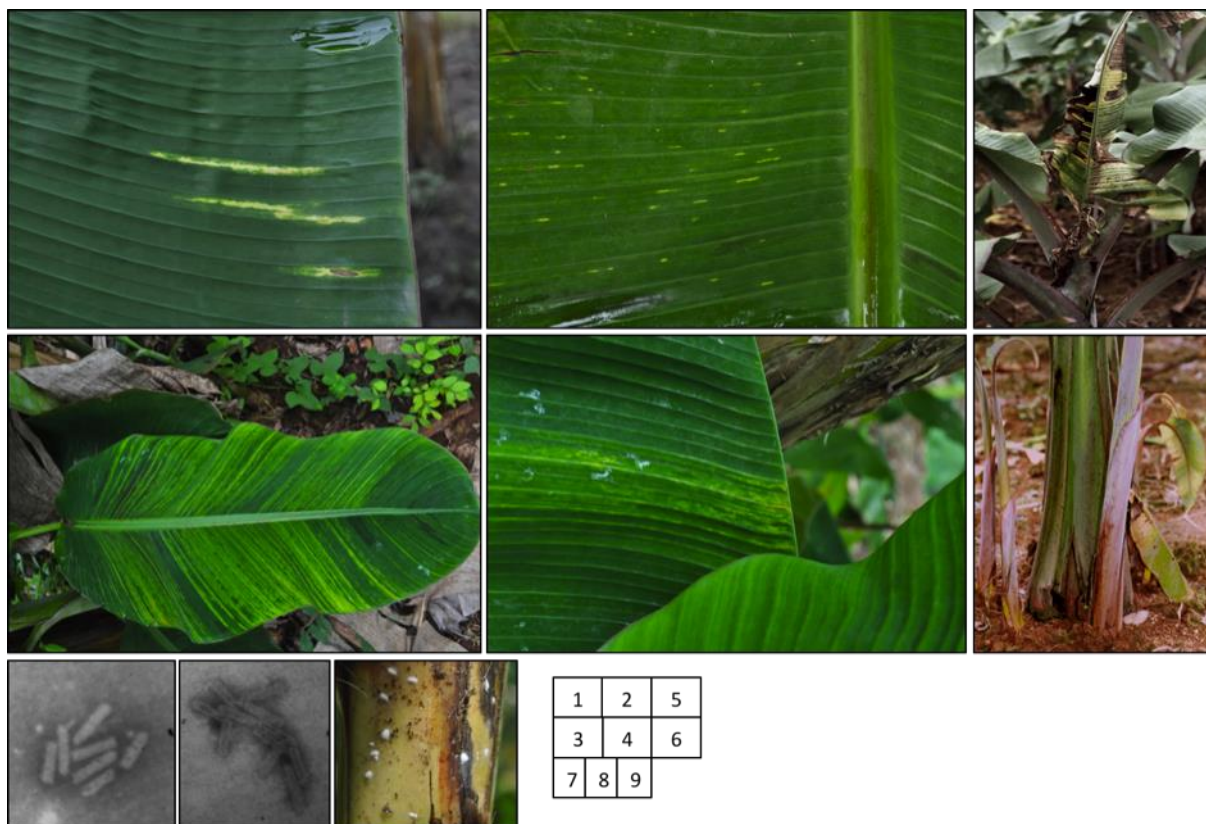


Figure 6 : *Banana streak virus* responsable de la maladie de la mosaïque en tirets sur bananiers et plantains.

(1) Chloroses le long de nervures secondaires semblables à celles du *Cucumber mosaic virus* sur une feuille de bananier plantain (AAB); (2-4) Différents niveaux de mosaïque en tirets sur feuilles du bananier plantain 'Big Ebanga'; (5) Symptômes sévères de stries jaunes virant en nécroses et conduisant à la mort du plant sur le cultivar Cavendish (AAA); (6) Éclatement du pseudotrunc d'un bananier plantain (AAB); (7-8) Particules bacilliformes de BSV *Barre* 150 nm; (9) Colonies de la cochenille vectrice *Planococcus citri*.

2.6 Biologie et écologie

Aujourd'hui trois espèces de BSV (BSOLV, BSGFV et BSIMV) ont des eBSV infectieux caractérisés en totalité à partir du bananier diploïde *M. balbisiana* PKW (génomme BB) (Gayral et al., 2008 ; Chabannes et al., 2013). La structure de chaque eBSV est une succession de fragments viraux réarrangés d'une taille finale supérieure à celle du génome viral linéaire (fig. 7). Deux allèles sont décrits pour BSOLV et BSGFV et un seul pour BSIMV. L'allèle infectieux contient le génome viral en totalité fonctionnel, qui peut être restitué dans les cellules suite à un stress par deux recombinaisons homologues (Iskra-Caruana et al., 2010 ; Chabannes and Iskra-Caruana, 2013). L'infection est de plus conditionnée par un facteur génétique déclenchant, le facteur BEL (banana expressed locus) (Lheureux et al., 2003). Un seul des allèles est infectieux pour le BSGFV et le BSOLV. Le locus d'intégration pour chaque espèce de BSV est unique et distinct et il a été observé une co-localisation pour les eBSGFV et les eBSOLV sur le chromosome 1 et une localisation d'eBSImV sur le chromosome 2 en référence à la séquence de *M. acuminata* du cv Pahang (D'Hont et al., 2013).

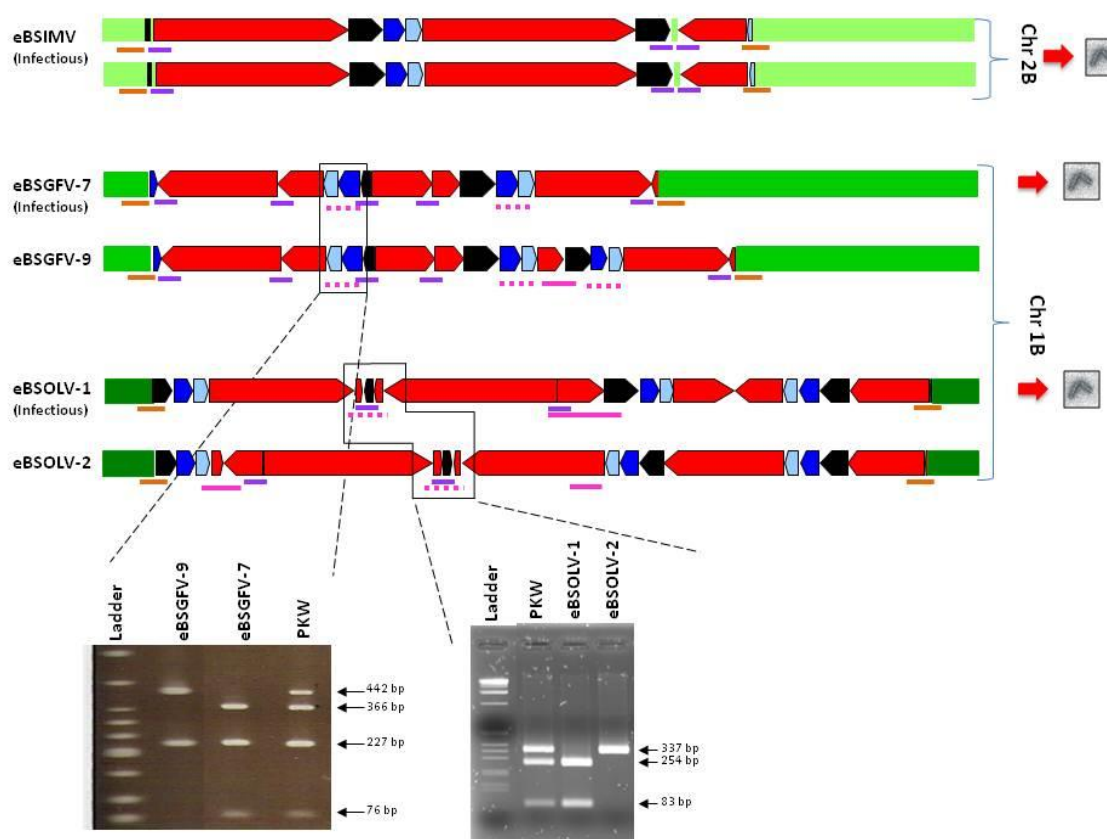


Figure 7 : Marqueurs de génotypage eBSV pour eBSIMV, eBSGFV et eBSOLV chez Pisang Klutuk Wulung (PKW)

Les séquences génomiques des chromosomes 1 et 2 du bananier PKW sont en vert. Les blocs orientés bleu foncé, bleu clair, rouge et noir représentent les ORF1, ORF2, ORF3 et la région intergénique (IG) du génome BSV respectivement. Le sens des flèches indique l'orientation des fragments viraux. Les lignes de couleurs correspondent aux zones PCR amplifiées. Orange, violet et rose correspondent aux marqueurs eBSV jonctions *Musa*-eBSV, réarrangements internes et allèles spécifiques. Deux types de marqueurs ont été développés pour discriminer les allèles: les lignes pleines roses représentent les marqueurs PCR classiques et les lignes roses en pointillées les marqueurs dCAPS. Les images sur gel d'agarose correspondent aux profils alléliques pour eBSGFV (gauche) et pour eBSOLV (droit) obtenus avec les marqueurs dCAPS. PKW montre les deux allèles pour chacune des espèces BSV.

Des signatures moléculaires de chaque allèle d'eBSV existent et sont constituées par 5 à 7 marqueurs PCR et dCAPs (derived cleaved amplified polymorphism sequences) amplifiant les zones de réarrangement, les zones de jonctions au génome *Musa* et des régions allèles spécifiques (fig. 7). Ces marqueurs et des analyses de southern blots ont permis d'analyser le polymorphisme d'insertion des eBSV dans tous les géniteurs *M. balbisiana* diploïdes disponibles (Gayral et al., 2010). Tous ces bananiers possèdent en majorité les eBSV comme décrits chez PKW et aux mêmes sites d'insertions. Au moins un allèle au locus attendu a été observé dans les hybrides interspécifiques représentatifs de la diversité *M. balbisiana* naturelle (Duroy, 2012). Le groupe des plantains par exemple a un génome B qui contient les allèles infectieux de BSOLV et de BSGFV mais pas de BSIMV. Étant donné la forte conservation des allèles d'eBSV pour les trois espèces de BSV caractérisées, les signatures des eBSV sont utilisées aujourd'hui pour faire de la sélection assistée par marqueurs et générer des bananiers et/ou des géniteurs sans allèle infectieux.

Néanmoins, peu de données existent sur la biologie et les mécanismes qui vont permettre à un plant hybride interspécifique porteur sain/dormant d'eBSV infectieux de devenir infecté en plein champ. La macro et micropropagation de masse comme respectivement la propagation par fragment issu de tige (PIF) et la culture *in vitro* sont des contextes favorables à l'infection spontanée BSV. L'effet de la culture *in vitro* a été étudié pour des hybrides sains naturels et nouvellement créés (Dallot et al., 2001 ; Cote et al., 2010). Les auteurs ont montré que le stade de prolifération était l'étape clé déclenchant le processus de libération de génomes viraux dans les cellules et que le pourcentage d'activation d'eBSV était peu différent quel que soit le génotype bananier utilisé, **allant de 7 à 15% sans excéder 20%**. Par la suite, ils ont montré que le processus de culture *in vitro* permet néanmoins de générer un pourcentage important **de plants sains allant de 80 à 100% selon les génotypes**. Il apparaît que pour autant que la culture *in vitro* déclenche une infection BSV, elle a au final un effet curatif. En effet, peu de cellules sont en fait infectées durant la phase de prolifération et il existe une compétition entre la multiplication cellulaire et la multiplication virale qui aboutit à obtenir en majorité des plants sans virus. Aucun résultat de ce type n'a été observé pour le PIF en plus des autres risques sanitaires possibles qui vont conduire comparativement à la culture *in vitro* à un nombre de plants infectés beaucoup plus importants, la compétition entre cellules saines et infectées étant moindre.

2.7 Moyens de dispersion

Le BSV, toutes espèces confondues, est transmis de plante à plante par des cochenilles farineuses de la famille des pseudococcines (*Hemiptera, Pseudococcidae*) selon un mode semi-persistant. En bananeraies, l'espèce la plus fréquente est *Planococcus citri* dont la gamme de plantes hôtes est étendue à l'ensemble des espèces d'agrumes cultivées (Lockhart and Jones, 1999). La cochenille farineuse de l'ananas (*Dismycoccus brevipes*) et de la canne à sucre (*Saccharicoccus sacchari*) sont citées comme des vecteurs potentiels du BSV (Kubiriba et al., 2001 a et b) ainsi que plus d'une vingtaine d'autres espèces de cochenilles farineuses. Les foyers de BSV qui ont été décrits dans le monde apportent très peu d'informations sur la vection du virus par les cochenilles qui sont considérées comme des insectes à faible pouvoir de dispersion, susceptibles d'être transportées par les fourmis et par le vent à une faible distance. En Australie, le suivi sur deux ans de parcelles de bananiers n'a pas montré de transmission de plante à plante par les cochenilles (Daniells et al, 2001). En Guadeloupe, les prospections réalisées dans les bananeraies ont montré que la très faible fréquence (0,7%) du BSV sur les bananiers Cavendish pourrait s'expliquer par les effets conjoints de l'utilisation systématique de vitro-plants sains et d'un faible taux de transmission par les cochenilles dont les niveaux des populations étaient très bas (Péréfarres et al, 2009). À Cuba, des conclusions similaires ont été déduites d'une prospection menée sur des parcelles de bananiers Cavendish montrant une fréquence de BSV (BSOLV, BSGFV, BSIMV) de 3% (Javer-Higginson & al, 2014).

2.8 Incidence

Malgré une distribution généralisée à la plupart des pays tropicaux, peu d'épidémies ont été rapportées à travers le monde. La maladie a été décrite pour la première fois en Côte d'Ivoire en 1958 (Lockhart et Jones, 2000) puis observée en 1964 sur la variété de bananier Gros Michel (AAA) où de sévères mosaïques avaient été décrites (Yot-Dauthy et Bové, 1966 ; Lassoudière, 1974). Les données les plus récentes rapportent des pertes de rendements allant de 5 à 95% par parcelle en fonction respectivement des cultivars utilisés ayant des génotypes contenant ou pas de génome B (Dahal et al., 1998 ; Daniells et al., 2001) sans pour autant signaler des contextes

épidémiques. Des apparitions limitées de foyers BSV sont régulièrement décrites tant en Afrique qu'en Asie et Amérique du Sud principalement pour des génotypes hybrides interspécifiques naturels et nouvellement créés ayant du génome B. Cependant l'infection ne concerne que quelques plants et n'excède jamais 17% de plants infectés dans une parcelle (Kumar et al., 2014). Dans les pays où le BSV est rapporté comme endémique, le développement d'épidémies reste toujours peu documenté (Iskra-Caruana et al., 2014). En conclusion, les données disponibles suggèrent que la diversité des situations décrites dépend du triptyque constitué par le génotype *Musa*, l'espèce virale BSV et la situation agroenvironnementale.

2.9 Surveillance et détection

Du fait des périodes où l'expression des symptômes peut être réduite ou masquée, l'indexage des plants de bananiers ne peut pas se limiter à leur surveillance. Néanmoins pour la recherche du BSV, ces inspections visuelles sont utiles et doivent être ciblées sur la présence de stries chlorotiques ou nécrotiques sur quelques feuilles et l'éclatement du pseudo-tronc (fig. 6).

Les difficultés à purifier des particules virales ayant peu de contaminants de plantes ont contribué à obtenir des antisérums polyvalents vis-à-vis de la diversité des BSV mais présentant également une grande réactivité avec les protéines de plantes. Ces réactions croisées en générant des bruits de fond importants limitant l'interprétation d'un diagnostic sérologique strict ont conduit à abandonner pour le moment les méthodes de type ELISA.

L'utilisation d'amorces spécifiques du BSV et de la méthode PCR permet d'amplifier indifféremment, le génome des particules épisomales et les séquences virales endogènes, ces dernières ayant une identité nucléotidique élevée avec le génome viral (> 97%). Pour contourner ce problème et détecter uniquement des particules virales, la technique de détection par immunocapture PCR (IC-PCR) a été développée par le CIRAD (Le Provost, et al, 2006) et utilise également un marqueur interne d'amplification du génome de plante (multiplex IC-PCR). Dernièrement, une étape de traitement à la DNase permet de s'affranchir du multiplexage qui dans le cas d'amorces polyvalentes était difficilement utilisable (Iskra-Caruana, com pers). L'Anses travaille actuellement à la validation d'une méthode officielle basée sur ce modèle d'IC-PCR.

En parallèle, des marqueurs des signatures moléculaires spécifiques à chaque eBSV permettent de les identifier entre eux et de distinguer les allèles infectieux pour les espèces BSOLV et BSGFV (Fig. 7). Ainsi, un génotypage des plantes porteuses du génome B (y compris des hybrides interspécifiques) pourra être réalisé afin d'identifier le profil eBSV à risque d'un bananier utilisé en tant que plante mère candidate.

3 Évaluation des risques

Deux risques sont à prendre en compte :

- Les risques liés à l'importation de matériel bananier plantain de génotype de *M. balbisiana* contaminés par du BSV sous forme de vitro-plants,
- Les risques de contamination pour la culture des bananiers Cavendish à partir des plantations de bananiers plantains du fait de la demande de développement important de cette culture qui constitue une situation agronomique nouvelle.

3.1 Risques liés à l'importation sous forme de vitro-plants de matériel bananier plantain ayant un génotype avec du *Musa balbisiana*

Cote et al (2010) ont montré que la culture *in vitro* permettait d'obtenir une majorité (plus de 80%) de plants indemnes de BSV. Le risque d'introduction BSV par l'utilisation de vitroplants de bananiers plantains pour initier de nouvelles plantations apparaît donc très faible.

La capacité de bananiers plantains à générer des infections spontanées de BSV au cours des cycles de cultures d'une bananeraie pour un écosystème donné n'est pas connue contrairement à celle des bananiers issus de création variétale, hybrides interspécifiques AAAB (ex FHIA 21), qui est en moyenne de 80 à 100% dès le premier cycle de culture. Ces dernières années, des expérimentations à grande échelle et sur plusieurs cycles de culture ont été mises en place dans plusieurs pays et concernent des bananiers à risque BSV naturels aussi bien que des bananiers issus de création variétale.

L'enquête épidémiologique menée à Cuba et ciblée sur des parcelles de bananiers dessert (AAA) dans un contexte de culture importante depuis une dizaine d'années d'hybrides interspécifiques exprimant le BSV, a confirmé le risque très faible de développement d'épidémie BSV (Javer-Higginson et al, 2014).

Les travaux actuellement en cours en République de Côte d'Ivoire (source Vitropic) en conditions de production réelles montrent que le taux de détection du BSV dans des parcelles plantées avec des vitro-plants de bananier plantain en premier cycle de culture est comparable à celui mesuré dans des plantations issues de rejets prélevés dans les bananeraies ou issus de macropropagation par la technique PIF. Ce taux diminue significativement au cours du deuxième et troisième cycle de culture contrairement à ce qui est connu pour les hybrides issus de création variétale. Dans l'hypothèse où les producteurs ne pourraient avoir recours à l'importation de vitro-plants de bananiers plantains, la fourniture de matériel végétal bananier plantain pourrait se faire selon deux systèmes :

- Des rejets collectés dans les parcelles en production : cette méthode traditionnelle est applicable pour de petites surfaces mais devient très contraignante pour de grandes parcelles nécessitant de trouver et de préparer des lots homogènes de rejets. Aucune garantie sanitaire ne peut être apportée à ces plants en particulier pour ce qui est des nématodes, des charançons et des virus (un rejet pris sur un plant virosé a une probabilité forte d'être virosé) sans contrôles préalables.

- Des plants produits selon la technique « PIF » : cette technique est basée sur l'annulation de la dominance apicale du méristème principal en stimulant la prolifération de plantules à partir de rejets prélevés au champ qui subissent des pratiques de parage et d'incisions multiples des bulbes et des divers méristèmes (CARBAP, 2014). Après cette phase les explants sont prélevés et les plantules mises en grossissement à l'instar de la phase de sevrage des vitro-plants. Pour autant que la technique du PIF permette de produire des plants de bananier localement sans avoir recours à un laboratoire de culture *In vitro*, le principal inconvénient du schéma de production de la technique « PIF » vient de l'absence de garanties sanitaires aussi bien vis-à-vis des virus que des nématodes, des charançons et des bactéries. Pour permettre de produire des plants avec des garanties sanitaires acceptables, il conviendrait que les plantes mères donneuses de rejets soient au moins indexées vis-à-vis des virus présents localement et maintenues dans un contexte insect-proof avec un sol stérile. À défaut de pouvoir mettre en œuvre les conditions précédemment citées et des contrôles aléatoires de la descendance, la technique « PIF » peut conduire à une forte dégradation de la qualité sanitaire générale des plants et contribuer à la dissémination de plantes infectées par un cortège de pathogènes et parasites plus dommageables que le BSV.

3.2 Risques pour la culture de bananiers Cavendish du fait de la nouvelle situation générée par le développement de la culture du bananier plantain

La transmission par la cochenille du BSV est prouvée, mais s'avère peu efficace aux Antilles et plus largement dans les aires de culture de la banane. L'absence d'observation de symptômes de BSV sur bananier Cavendish, très sensibles au virus, lorsque ceux-ci sont plantés à proximité de bananiers plantain ou de cultures (agrumes, ananas, canne à sucre...) susceptibles d'héberger de fortes populations de cochenilles farineuses en est une preuve. Toutefois, une meilleure connaissance des populations de cochenilles vectrices du BSV dans les zones de production de bananier en Guadeloupe et Martinique pourrait permettre de mieux appréhender le risque de transmission par insecte. D'autre part, les actions prévues par le plan ECOPHYTO où les stratégies à « zéro pesticide » pourraient conduire à des situations nouvelles comme les inversions de faune en particulier de cochenilles.

Néanmoins, il semblerait que les expérimentations en cours en Côte d'Ivoire avec des bananiers plantains naturels montrent un niveau d'inoculum en diminution significative après le deuxième et troisième cycle de culture contrairement à ce qui a pu être observé pour les bananiers issus de création variétale (hybride interspécifique AAB, FHIA 21).

4 Gestion des risques

Rappel de la législation actuellement en vigueur pour l'entrée de matériel végétal de bananiers dans les départements d'outre-mer :

L'arrêté ministériel du 3 décembre 1991 (annexe V partie B) interdit l'entrée de matériel végétal de bananiers dans les départements d'outre-mer (DOM). Compte tenu des bénéfices agronomiques apportés par la replantation des bananeraies avec des plants issus de vitro-plants (reposant sur plusieurs années d'expérimentation en plein champ menées par le CIRAD dans les DOM et en Afrique de l'Ouest), des dispositions particulières ont été définies par l'arrêté de 1995 pour permettre l'entrée de vitro-plants dans les DOM.

Cet arrêté définit deux cahiers des charges destinés à encadrer très précisément :

- D'une part les établissements producteurs de vitro-plants et disposant d'un parc de plantes mères dont la traçabilité est connue,
- D'autre part les établissements (syn. pépinière) assurant le sevrage des vitro-plants et le grossissement des plants destinés à la plantation.

Tout établissement candidat à l'une ou l'autre des deux activités doit au préalable avoir un agrément délivré par le ministère en charge de l'agriculture. Ces cahiers des charges définissent des obligations liées à la production de matériel végétal de base et s'appliquent uniquement au matériel végétal de bananier de constitution génomique mono-spécifique *Musa acuminata* (c'est-à-dire constitué uniquement par le génome A). En pratique, depuis une vingtaine d'année la majorité des entrées a concerné des lots de bananier de type Cavendish avec en moyenne 2,2 millions de vitro-plants importés par an pour la Guadeloupe et la Martinique (moyenne de 2002 à 2012, source DAAF).

Ces obligations sont applicables à toutes les espèces de bananier en apportant notamment les garanties suivantes :

- L'origine géographique des plantes-mères candidates est connue et vérifiable,
- Les plantes mères candidates sont certifiées, par l'organisation nationale de la protection des végétaux (ONPV) de la zone d'origine, provenant de zones indemnes de certains organismes de quarantaine (*Banana bract mosaic virus* (BBrMV), *Banana bunchy top virus* (BBTV), *Xanthomonas vasicola* pv *musacearum*, bactéries du complexe Moko (*Ralstonia solanacearum*, Banana Blood Disease) et *Fusarium oxysporum* (Tropical race 4)),
- Les plantes mères candidates sont indexées vis-à-vis d'une liste d'organismes nuisibles (ON) élargie à d'autres virus (*Banana mild mosaic virus* (BanMMV), BSV, *Cucumber mosaic virus* (CMV)),
- Les plantes mères sont cultivées dans des conditions minimisant les risques de contamination environnementale (de préférence abri de type insect-proof ou isolement et aire protégée),

- La production des vitro-plants destinés à l'exportation vers les DOM est menée selon des règles assurant la traçabilité de chaque lot à toutes les étapes de la production,
- Les lots exportés sont accompagnés d'un certificat phytosanitaire délivré par l'ONPV du pays d'origine indiquant en déclaration supplémentaire que les lots de vitro-plants de bananiers répondent bien aux normes sanitaire du cahier des charges,
- Les sites destinés au sevrage des vitro-plants et au grossissement des plants doivent répondre à des exigences garantissant l'absence de contaminations en particulier par les insectes vecteurs, le substrat,
- Les lots en cours de sevrage et de grossissement sont contrôlés vis-à-vis des 4 virus (BSV, CMV, BBrMV et BBTv) et indexés selon des plans d'échantillonnage définis par l'ONPV,
- Après la levée de quarantaine de chaque lot, le pépiniériste est tenu d'indiquer sur un registre les éléments nécessaires à la traçabilité des plants une fois vendus aux agriculteurs en particulier l'identification des parcelles.

Quelle que soit la nature du matériel végétal bananier, ces dispositions applicables à l'importation de vitro-plants dans les DOM apportent des garanties très sérieuses sur la qualité sanitaire du matériel végétal destiné à la plantation. Pour le bananier Cavendish destiné à la production de bananes à l'exportation, ce système de production de plants issus de vitro-plants importés s'est complètement substitué au système de régénération basé sur des pratiques empiriques ne permettant pas d'assurer l'homogénéité du matériel végétal ni de garantir l'état sanitaire vis-à-vis des organismes nuisibles déjà installés (CMV, BSV, nématodes, ...).

Pour les bananiers dont le génotype contient du génome B, tels que les bananiers plantains, certaines adaptations sont à prévoir :

- Disposition pour les établissements producteurs de matériel de base (plantes mères, vitro-plants) :
 - Des plantes mères candidates sont uniquement originaires des départements de Guadeloupe et de Martinique : le matériel végétal est prélevé dans des parcelles géolocalisées, dont l'état sanitaire global et en particulier vis-à-vis du BSV aura été expertisé,
 - Indexation systématique du matériel d'origine vis-à-vis des virus incluant le BSV,
 - Vérification de la présence de l'intégration eBSV et génotypage de l'allèle pour savoir s'il est infectieux ou pas.
- Disposition pour les établissements producteurs de plants de bananiers destinés à la plantation (pépiniéristes) :
 - La durée de maintien des plants issus d'une multiplication par culture *in vitro* en pépinière doit être suffisante pour assurer l'observation des symptômes causés par le BSV. Une durée de huit semaines permet d'assurer la corrélation entre présence du virus et expression des symptômes attestant d'une infection résultant de la culture *in vitro* d'un même génotype,
 - Entre la troisième et la huitième semaine après introduction des plants de bananier en pépinière, la totalité des plants sont examinés visuellement. Les plants présentant des symptômes typiques du BSV sont détruits. Une formation à

- l'observation des symptômes devra être mise en place à la fois pour les services de contrôle phytosanitaire et pour les professionnels,
- Pendant la phase de grossissement des vitro-plants en pépinière, un isolement physique entre les variétés bananiers plantains et Cavendish devra être mis en place afin d'éviter le transfert de cochenilles d'une variété à une autre,
 - Pendant une phase transitoire de cinq ans, des prélèvements aléatoires sur les plants ne présentant pas de symptômes seront réalisés afin d'évaluer le niveau de contamination par le BSV de l'ensemble de la production (le nombre de plants à prélever reste à définir). Ceci aura pour objectif l'acquisition de connaissance sur le niveau de contamination par le BSV d'un matériel issu de culture *in vitro* et destiné à une culture à grande échelle de plants de bananier plantain. Un prélèvement sur chaque nouveau lot introduit sera réalisé.
- Disposition pour les parcelles de production de bananiers plantains plantés avec des plants issus de vitro-plants :
- Garantir une production de plants de bananier plantain indemne de BSV étant impossible du fait de l'intégration de la séquence codant le virus dans le génome de la plante, un effort de communication devra être réalisé pour informer les producteurs vis-à-vis de ce risque,
 - Un suivi des plants sortis de pépinières en culture devra être réalisé sur plusieurs générations afin de suivre le niveau d'inoculum de BSV résiduel (modalité et dispositif à définir) au sein des parcelles.

5 Conclusion

Le *Banana streak virus* (BSV) est un virus du bananier présent dans la plupart des zones tropicales et intertropicales. Les données disponibles ne révèlent pas un impact marqué et indiscutable du BSV sur le développement des bananiers comme c'est le cas pour le *Banana bunchy top virus*. Les facteurs influençant le développement des épidémies sont mal connus et la vection par les cochenilles farineuses n'est pas très efficace. Le BSV regroupe actuellement une vingtaine d'espèces virales décrites, dont certaines sont restreintes à des pays d'Afrique de l'Est et dont seules les espèces BSOLV, BSGFV et BSIMV sont caractérisées pour leur intégration dans le génome B en tant qu'allèle infectieux. Le BSMYV est suspecté comme ayant des eBSV dans le bananier 'Mysore' à l'origine des infections virales chroniques de ce groupe de bananiers, mais aucune confirmation ni outils de génotypage ne sont disponibles.

Le principal risque mis en avant par l'utilisation des vitro-plants de bananier plantain est d'ordre sanitaire basé sur le fait que la technique de micropropagation *in vitro* est une des sources de stress qui favorisent l'expression du BSV à partir des séquences intégrées dans le génome B. Néanmoins il a été observé que cette activation était un phénomène rare concernant peu de cellules et qu'il y avait compétition entre multiplication intensive de cellules saines et infectées qui aboutissait à une production de vitro-plants sans virus dans 80 % à 100% des cas selon le génotype bananier. L'incertitude majeure repose donc sur la capacité à éliminer les vitro-plants infectés sur la seule base de la présence de symptômes BSV au cours des contrôles pendant la phase d'élevage des plants afin de garantir une mise au champ zéro virus, puis en bananeraie au cours du premier cycle cultural. Face à ces données incomplètes et compte tenu d'un impact assez faible du BSV sur le bananier naturel à risque, il semblerait logique d'autoriser l'importation de vitro-plants avec des contrôles sanitaire des pépinières et des jeunes plantations. Au terme d'une période transitoire de trois à cinq ans et à la lumière des données récoltées, une décision définitive pourra être prise avec une maîtrise du risque BSV plus renseignée. D'ici là, il est possible que les travaux de recherche engagés par, en particulier le CIRAD, permettent de proposer des géniteurs de *Musa balbisiana* sans séquence intégrée infectieuse de BSV qui vont permettre l'obtention d'hybrides interspécifiques sans eBSV ou des eBSV sans risque.

Les vitro-plants de bananiers plantains étant soumis aux mêmes exigences sanitaires que les vitro-plants de bananiers *M. acuminata*, la qualité du matériel de base sera améliorée en particulier vis-à-vis des organismes nuisibles d'origine tellurique (nématodes, charançons) mais aussi des virus et des cercosporioses.

L'autorisation d'importer des vitro-plants de bananiers plantains selon les mêmes modalités peut être étendue aux autres départements d'outre mer où les conditions épidémiologiques favorable au développement d'épidémies de BSV et où les dynamiques de populations de cochenilles sont assez voisines des situations observées aux Antilles. Les filières fruitières des départements de la Réunion, Mayotte et la Guyane ont développé la culture de la banane pour le marché local de la banane dessert de type Cavendish et pour la Réunion et Mayotte la banane plantain ne représente pas un enjeu majeur dans l'alimentation. Les mêmes modalités d'introduction d'importation devront être respectées pour les Antilles et les autres DOM.

L'objet de cette saisine porte sur l'introduction de banane plantain (de génotype AAB) dans les DOM mais à moyen terme d'autres demandes d'introduction de bananiers porteurs du génome B

sont prévisibles. Il s'agit de matériel apportant à la fois de meilleures performances agronomiques et de la résistance à des organismes nuisibles critiques sur bananier :

- des hybrides interspécifiques résistants à la cercosporiose noire dont la lutte chimique est devenue difficile du fait de l'interdiction des traitements par aéronef aux Antilles,
- de génotypes apportant de la résistance à des maladies émergentes comme la bactériose causée par *Xanthomonas vasicola* pv *musacearum* ou la fusariose causée par *Fusarium oxysporum* (FOC TR4) contre lesquelles la lutte est basée uniquement sur des mesures prophylactiques.

La présence du génome B dans ces nouveaux matériels 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 certain genotype bananier.

Date de validation du rapport : 3 février 2015

6 Bibliographie

6.1 Publications

Bouhida M. Lockhart BEL. & Olszewski NE. (1993) An analysis of the complete sequence of a Sugarcane bacilliform virus genome infectious to banana and rice. *J. Gen. Virol.* 74, 15–22.

CABI (2014) Banana streak virus [original text by D Jones]. *Crop Protection Compendium*. Wallingford, UK: CAB International

CARBAP (2014) La Technique "PIF" Une technique de multiplication horticole in vivo des bananiers. *Banana and plantain e-newsletter for WCA*, N°1, août 2014

Chabannes M. Baurens FC. Duroy PO. Sidibe Bocs S. Vernerey MS Rodier Goud M. Barbe V. Gayral P. & Iskra Caruana M-L. (2013) Three infectious viral species lying in wait in the banana genome. *Journal of Virology* 87, 8624-8637

Chabannes M. Iskra-Caruana M.L. (2013) Endogenous pararetroviruses-a reservoir of virus infection in plants. *Curr Opin Virol.* doi:pii: S1879-6257(13)00148-X. 10.1016/j.coviro.2013.08.012

Côte FX. Galzi S. Folliot M. Lamagnère Y. & Teycheney P-Y (2010) Micropropagation by tissue culture triggers differential expression of infectious endogenous Banana streak virus sequences (eBSV) present in the B genome of natural and synthetic interspecific banana plantains. *Molecular Plant Pathology* 11, 137-144

Dahal G. Hughes JDA. & Lockhart BEL. (1998) Status of banana streak disease in Africa: Problems and future research needs. *Integrated Pest Management Reviews* 3, 85-97

Dallot S. Acuna P. Rivera C. Ramirez P. Lockhart BEL. & Caruana M-L. (2001) Evidence that the proliferation stage of micropropagation procedure is determinant in the expression of Banana streak virus integrated into the genome of the FHIA 21 hybrid (*Musa AAAB*). *Archives of Virology* 146:11, 2179-2190

Daniells JW. Geering ADW. Bryde NJ. & Thomas JE. (2001) The effect of Banana streak virus on the growth and yield of dessert bananas in tropical Australia. *Annals of Applied Biology* 139, 51-60

D'Hont A. Denoeud F. Aury JM. Baurens FC. & Carreel F. (2012) The banana (*Musa acuminata*) genome and the evolution of monocotyledonous plants. *Nature* , 488:213-217.

Diekmann M. & Putter CAJ. (1996) *Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm*. FAO/IPGRI. Rome

Duroy PO. (2012) Quels sont les enjeux au cours de l'évolution du bananier qui ont conduit au maintien de séquences virales de Banana streak virus dans son génome ? Montpellier : UM2, 213 p. Thèse de doctorat : Systèmes intégrés en biologie, agronomie, géosciences, hydrosciences et environnement (SIBAGHE). *Biologie intégrative des plantes*.

Gayral P. Blondin L. Guidolin O. Careel F. Hippolyte I. Perrier X. & Iskra Caruana M-L (2010) Evolution of endogenous sequences of Banana streak virus: What can we learn from banana (*Musa sp.*) evolution? *Journal of Virology* 84, 7346-7359

- Gayral P. Noa-Carrazana J-C. Lescot M. Lheureux F. Lockhart BEL. Matsumoto T. Piffanelli P. & Iskra Caruana M-L (2008) A single Banana streak virus integration event in the banana genome as the origin of infectious endogenous pararetrovirus. *Journal of Virology* 82, 6697-6710
- Iskra Caruana M.L. Duroy P.O. Chabannes M. Muller E. (2014) *Infection, genetics and evolution*, 21 : 83-89.
- Iskra-Caruana ML. Chabannes M. Duroy PO. & Muller E.(2014) A possible scenario for the evolution of Banana streak virus in banana. *Virus Research* 186, 155-162
- Iskra-Caruana ML. Chabannes M. Duroy PO. & Muller E. (2014) A possible scenario for the evolution of Banana streak virus in banana. *Virus Research* 186, 155-162
- Iskra-Caruana ML. Baurens FC. Gayral P. & Chabannes M. (2010) A four-partner plant-virus interaction: Enemies can also come from within. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 23, 1394-1402
- Javer-Higginson E., Acina-Mambole I, Gonzalez JE, Font C, Gonzalez G, Echemendia AL, Muller E & Teycheney PY (2014) Occurrence, prevalence and molecular diversity of banana streak viruses in Cuba. *European Journal of Plant Pathology*, 138: 157-166
- King, A. M. Q., Adams, M. J., Lefkowitz, E. J., & Carstens, E. B. (Eds.), (2012). *Virus taxonomy: Ninth report of the international committee on taxonomy of viruses*. NY, USA: Elsevier Academic Press
- Kubiriba J. Legg JP. Tushemereirwe W. & Adipala E. (2001) Vector transmission of Banana streak virus in the screenhouse in Uganda. *Annals of Applied Biology* 139, 37-43
- Kubiriba J. Legg JP. Tushemereirwe W. & Adipala E. (2001) Disease spread patterns of Banana streak virus in farmers' fields in Uganda. *Annals of Applied Biology* 139, 31-36
- Kumar PL. Selvarajan R. Iskra Caruana M-L. Chabannes M. & Hanna R. (2014) Biology, Etiology, and Control of Virus Diseases of Banana and Plantain. *Advances in Virus Research*
- Lassoudière A, 1974 La mosaïque dite à 'tirets' du bananier Poyo en Côte d'Ivoire. *Fruits* 29, 349-357.
- Le Provost G. Iskra-Caruana ML. Acina I. & Teycheney PY. (2006) Improved detection of episomal Banana streak viruses by multiplex immunocapture PCR. *Journal of Virological Methods* 137, 7-13
- Lheureux F. Carreel F. Jenny C. Lockhart BEL. & Iskra-Caruana ML. (2003) Identification of genetic markers linked to banana streak disease expression in inter-specific *Musa* hybrids. *Theoretical and Applied Genetics* 106, 594-598
- Lockhart BEL. (2000) in *Acta Horticulturae* Vol. 540 355-359.
- Lockhart BEL. & Jones DR. (1999) Banana streak virus. In: Jones DR, ed. *Diseases of Banana, Abacá and Enset*. Wallingford, UK: CAB Publishing, 263-274.
- Lockhart BEL & Olszewski NE. (1993) Serological and genomic heterogeneity of Banana streak badnavirus: implication for virus detection in *Musa* germplasm. *Breedings banana and plantain for resistance to disease and pest* J. Ganry ed, Montpellier france INIBAP 105-113.
- Lockhart BEL. & Autrey LJC. (1988) Occurrence in sugarcane of a bacilliformvirus related serologically to Banana streak virus. *Plant Dis.* 72, 230-233.
- Lockhart BEL. (1995) Banana streak badnavirus infection in *Musa*: epidemiology, diagnostic and control ASPAC Food and fertilizer technology center (Taiwan) technical bulletin 143, 1-11

Péréfarres F. Le Provost G. Acina I. Lockhart BEL. Allah Dghim A. Iskra-Caruana M-L. Candresse T & Teycheney PY. (2009) Detection, incidence and diversity of banana streak viruses, banana mild mosaic virus and banana virus X in guadeloupe. Acta Horticulturae. 828:205-212.

Yot-Dauthy D. & Bové JM. (1966) Mosaïque du bananier : Identification et purification de diverses souches de virus. Fruits 21 (9), 449-465

6.2 Normes

NF X 50-110 (mai 2003) Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise. AFNOR (indice de classement X 50-110).

6.3 Législation et réglementation

Arrêté du 3 décembre 1991 modifiant l'arrêté du 3 septembre 1990 relatif au contrôle sanitaire des végétaux et produits végétaux NOR : AGRG9102552A

Arrêté du 17 octobre 1995 relatif aux conditions d'entrée par dérogation de matériel végétal de bananiers dans les départements d'outre-mer (JORF du 09/11/1995)

ANNEXES

Annexe 1 : Saisine

2014 -SA- 0 1 7 8



COURRIER ARRIVE

0 4 AOUT 2014

DIRECTION GENERALE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

Direction générale de l'alimentation

Service des actions sanitaires en production primaire

Sous-direction de la qualité et de la protection des végétaux

Bureau des semences et de la santé des végétaux

Adresse : 251 rue de Vaugirard
75 732 PARIS CEDEX 15Suivi par : Olivier DUFOUR
Tél : 01 49 55 81 64
Fax : 0149 55 59 49
bssv.sdqpv.dgal@agriculture.gouv.frM. Marc MORTUREUX
Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
(ANSES)27-31 avenue du général Leclerc
94701 Maisons-Alfort cedex

Copie : Mme. Nathalie FRANQUET

Réf. interne : BSSV/ 2014 - 07 - 008 Paris, le

31 JUIL. 2014

Objet : Demande d'appui scientifique et technique sur le risque Banana streak virus (BSV) en cas d'introduction de vitro-plants de bananier plantain issus respectivement de bananiers plantain des DOM.

L'institut technique tropical (IT²), Bois Rouge 97 224 DUCOS, qui oeuvre pour les cultures tropicales de diversification, a interpellé la Direction de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DAAF) de Guadeloupe et la DAAF de Martinique sur la problématique de disponibilité en matériel végétal régénéré pour les producteurs de bananes plantain essentielles dans le mode alimentaire des deux départements antillais.

La production de bananes à cuire, dont la banane plantain, subit une crise sanitaire importante liée à la disparition de certains traitements phytosanitaires contre les charançons et les nématodes et aussi à l'apparition de la cercosporiose noire. Désormais, une plantation ne survit plus que 2 à 3 ans sur la dizaine d'années espérées. La filière banane export, largement subventionnée et bien organisée, a su préserver son potentiel de production grâce à la généralisation des replantations à base de plants issus de vitro-plants (VP) derrière jachère, ce qui a contribué à une baisse importante de l'utilisation des nématicides et insecticides (90% en 12 années).

L'IT² se propose de rationaliser la relance de cette production indispensable pour la diète locale. La banane plantain est en effet l'un des légumes les plus consommés et appréciés de toutes les couches de la population, aux excellentes valeurs nutritionnelles (amidon peu assimilable/féculeux traditionnels).

Aussi à cet effet, la filière sollicite la possibilité de recourir, comme pour la banane Cavendish d'exportation, à l'utilisation de VP bananier plantain sains en nématodes, notamment derrière une jachère. Ces VP seraient produits par la société Vitropic à Montpellier à partir de pieds-mères déjà en collection dans cette société. La société Vitropic détient déjà des pieds-mères de banane plantain d'origine Martinique et Guadeloupe à destination finale de leur origine respective. Nous souhaitons élargir aussi le champ de cette réflexion aux autres départements d'outre-mer (DOM) : Guyane, Mayotte et Réunion.

Ces introductions de VP de bananier plantain devraient suivre une procédure d'introduction chez des pépiniéristes agréés dans les DOM pour effectuer le sevrage et le grossissement des plants de bananier plantain dans des serres insect-proof comme cela est le cas pour les VP de bananier Cavendish exportation.

Si les atouts agronomiques et assainissants escomptés vis-à-vis des nématodes et des charançons sont indubitables, les discussions déjà anciennes sur le sujet d'introduction de VP bananier plantain ont toujours buté sur le risque de voir s'exprimer, par la technique de multiplication des VP, le Banana streak virus (BSV) dont le génome est inscrit dans celui des bananiers plantain.

Compte-tenu de ces éléments, nous souhaitons votre appui scientifique et technique sur ce dossier d'extension de l'autorisation d'importation de VP de bananier Cavendish aux VP de bananier plantain. Le risque de contamination par le BSV des bananiers de type Cavendish à partir des VP de banane plantain est également à évaluer.

Dans ce cadre, je vous prie de bien vouloir fournir un appui scientifique et technique sur l'efficacité du schéma de production de VP et sur les risques phytosanitaires sous-jacents liés à l'introduction de VP de bananier plantain dans chacun des DOM, avec une priorité pour les DOM antillais, puis la Guyane et les deux DOM de l'océan Indien.

En effet, la réponse à cette demande pourra permettre d'envisager ou non la révision de l'arrêté de dérogation à l'interdiction de l'importation des plants de bananier qui actuellement n'autorise que l'introduction des VP de bananier Cavendish. Aussi, je vous prie de bien vouloir fournir votre appui scientifique et technique pour le 15 décembre 2014.

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

Mes services se tiennent à votre disposition pour vous apporter toute information complémentaire. Je vous remercie de bien vouloir m'accuser réception de la présente demande.

Le Directeur Général Adjoint
Chef du Service de la Gouvernance
et des Relations Internationales - C.V.O.

Jean-Luc ANGOT

Notes



Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
14 rue Pierre et Marie Curie
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr