

# DURÉBAN

Assurer la Durabilité des Résistances à la cercosporiose noire de nouvelles variétés de Bananiers

> Projet de recherche et développement

## RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

**Frédéric Salmon**

CIRAD

frederic.salmon@cirad.fr

## FINANCEMENTS

**Coût total du projet :** 492 899 €

**Montant de la subvention OFB :** 117 845 €

[Appel à Projet MAA - CASDAR Semences et Sélection Végétale - 2018](#)

## PARTENAIRES

- ◇ CIRAD
- ◇ IT2 : Institut Technique Tropical

## En bref

La filière antillaise de bananes doit faire face à la gestion de la cercosporiose noire, maladie foliaire à fort impact sur la production. Le déploiement de variétés résistantes permettrait de s'affranchir de l'usage de fongicides. Cependant, le champignon causal a des capacités d'adaptation importantes lui permettant de contourner la résistance variétale. Dans ce contexte, le projet DuRéBan a permis d'identifier des sources de résistances intéressantes, d'analyser leur transmission par croisement, de tester leur durabilité au champ, et de proposer des stratégies de déploiement des nouvelles variétés pour une gestion durable de la maladie.

Banane dessert

Amélioration génétique

Durabilité des résistances

Pseudocercospora fijiensis

Stratégies de déploiement



Dominée par la monoculture monovariétale de la Cavendish, la filière antillaise de bananes dessert export a drastiquement réduit ces 15 dernières années la quantité de produits phytosanitaires utilisés grâce à la mise en œuvre de pratiques agroécologiques. La filière reste cependant très fragilisée par la généralisation à l'ensemble des zones de production de la cercosporiose noire (ou maladie des raies noires) causée par le champignon *Pseudocercospora fijiensis*, avec des conséquences très lourdes en termes de productivité (baisse du rendement, fragilité des fruits) et de coûts de production (mobilisation de main d'œuvre, usage de fongicides). Face aux risques liés à l'usage de fongicides, comme le développement de résistances chez le pathogène ou l'impact sur l'environnement et la santé, le projet DuRéBan propose une approche alternative innovante basée sur la sélection et le déploiement de variétés résistantes à la maladie obtenues par croisement entre géniteurs porteurs de résistances complémentaires.

L'objectif finalisé de DuRéBan était d'aider à l'intégration de ces variétés dans les plantations pour une gestion durable de la maladie, permettant à terme de s'affranchir de l'emploi de fongicides.

Pour cela, les objectifs principaux de DuRéBan ont été d'apporter des éléments de réponses aux 4 questions liées à la gestion de la durabilité des résistances à la cercosporiose noire :

◇ Quelles sont les **résistances disponibles** chez les géniteurs et quelles sont les plus intéressantes ?

◇ Comment faciliter le **transfert des résistances** des géniteurs à leurs descendances ?

◇ Quelle est la **durabilité des résistances** ?

◇ Comment **déployer les nouvelles variétés** dans un bassin de production ?

Le projet aborde ainsi plusieurs verrous scientifiques, notamment la compréhension des mécanismes de résistance des bananiers, la sélection de variétés pour une résistance durable, la gestion des risques d'adaptation du champignon et l'efficacité de différentes stratégies d'utilisation de variétés résistantes. >



*Feuille de bananier Cavendish attaquée par *P. fijiensis**



DuRéBan a permis d'**identifier avec succès des géniteurs d'intérêt porteurs de résistances différentes à la cercosporiose noire**, en exploitant la variabilité génétique naturelle. Cela a permis de **paramétrer un modèle épidémiologique de simulation du développement de la cercosporiose noire** à l'échelle de bananiers et d'identifier les résistances les plus efficaces. Ainsi, le **programme d'amélioration variétale du bananier peut maintenant être mieux orienté vers des stratégies de croisements** basées sur la complémentarité des résistances les plus efficaces, ce qui devrait être plus difficilement contourné par le champignon.

DuRéBan a apporté des **éléments de réponses sur la transmission de ces résistances dans les descendance avec une héritabilité calculée relativement élevée**, significative d'une forte probabilité pour que

ce caractère de résistance soit transmis à une descendance. La mise en évidence des régions du génome contrôlant la résistance chez certaines variétés, permettra d'**appliquer des méthodes de sélection assistée par marqueurs et d'identifier précocement les variétés hybrides porteuses de ces résistances**.

Une érosion de la résistance de certains génotypes suite à une adaptation des populations pathogènes a été mis en évidence. Le support de cette adaptation est polygénique. La durabilité des résistances introduites dans les nouvelles variétés a ainsi été évalué dans DuRéBan. Une augmentation du niveau de maladie aux champs sur ces variétés n'a pas été observé

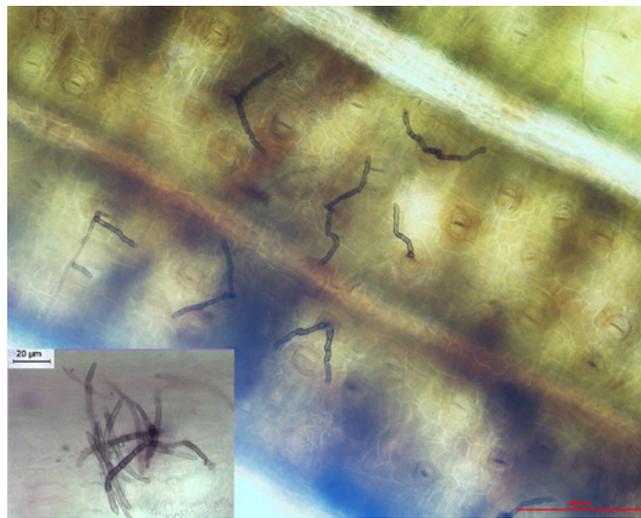
pendant plusieurs années. Ainsi les **résistances sélectionnées apparaissent stables à ce jour**.

Enfin, l'élaboration et l'évaluation de stratégies de déploiement des hybrides résistants a constitué une autre avancée majeure de DuRéBan. En effet, l'approche expérimentale n'étant pas possible, ce projet a permis de développer un premier modèle informatique de simulation spatialisé et adaptée à la cercosporiose noire des bananiers pour **proposer des premières réflexions aux producteurs quant au choix des stratégies spatiales de déploiement des**

**nouvelles variétés pour maximiser leur efficacité.**

L'originalité de DuRéBan réside principalement dans l'utilisation de la résistance génétique pour combattre la cercosporiose noire dans ce contexte où les systèmes de production de bananes destinées à l'export reposent exclusive-

ment sur **l'utilisation d'une seule variété de bananier, la Cavendish, variété sensible à la cercosporiose noire dont la lutte est basée sur des mesures prophylactiques** pratiquées par les producteurs basés sur l'effeuillage hebdomadaire des parties nécrosées et l'utilisation de fongicides. Ce projet permet d'anticiper le déploiement de nouvelles variétés résistantes dans les Antilles Françaises pour proposer des solutions de réduction des usages des produits phytosanitaires dans les bananeraies. Toutefois, les résultats doivent être considérés à la lumière de certaines limites, notamment **la nécessité de continuer à surveiller l'évolution du pathogène dont les capacités** ➤



*Conidiophores et conidies de P. fijiensis sortant de stomates*



d'adaptation sont notoires.

DuRéBan représente une avancée significative vers la réalisation des objectifs d'Ecophyto, en **démontrant le potentiel de l'amélioration génétique et de la gestion des résistances à la cercosporiose noire dans la culture du bananier aux Antilles**. Ces résultats ouvrent des perspectives prometteuses pour la recherche de solutions durables pour une transition agro-écologique de la production de bananes.

## Livrables, valorisation et transfert

### JOURNÉES TECHNIQUES ET COLLOQUES SCIENTIFIQUES :

◇ Dumartinet T., Ravel S., Bonnot F., Roussel V., Lubin N., Chilin-Charles Y., Trouspance Y., Aguayo J., Abadie C., Carlier J. 2019. *Epidemiologie et surveillance in the French West Indies of genotypes involved in the adaptation to varietal resistances* ➤

## Du côté du transfert

Les nouvelles variétés testées dans ce projet confirment leurs très bonnes performances en termes de résistance à la cercosporiose noire. Leur culture ne nécessite pas de fongicides au champ.

Cependant, malgré leur résistance, le déploiement de ces variétés résistantes est freiné par des verrous liés à la qualité des fruits qui ne rentre pas dans les standards de commercialisation des bananes dessert destinées au marché export. L'adoption par les agriculteurs et l'adaptation des pratiques culturales doivent être surmontés avec une collaboration continue entre chercheurs, industriels et acteurs publics.

## Du côté de la recherche

DuRéBan offre des perspectives de recherche explorant les mécanismes de résistance des bananiers à la cercosporiose noire, identifiant des géniteurs résistants, étudiant la génétique de la résistance et les interactions plante-pathogène. Les travaux sur la dynamique et l'architecture adaptative des populations du champignon en réponse à des résistances de bananiers utilisés comme géniteurs dans le programme d'amélioration génétique, vont continuer dans le cadre d'une thèse co-financée par la CIRAD et le projet ANR COMBINE.

La modélisation de la maladie et les stratégies de déploiement des résistances soulèvent des questions sur l'évolution des pathogènes, orientant les recherches vers une gestion toujours plus durable des résistances. Ces avancées pourraient aboutir à des stratégies intégrées de lutte contre les maladies des plantes, combinant amélioration génétique, agronomie et écologie.



in the fungus *Pseudocercospora fijiensis* causing the black leaf streak disease of banana. **Azilomar, USA**, 11-15/03/2019.

◇ Abadie C., Decouture B., Vincent C., Bonnot F., Corrales E., Rivalta R., Guzman J., Chaves-Mendez N., Rimbaud L. 2023. *Modelling approach to design innovative spatial strategies to control black leaf streak disease. Wallace Conference "Transforming food system in LAC"*, Turrialba, Cost-Rica 31/05-2/06/2023.

◇ Salmon F., Bakry F., Efile J.-C., Ricci S., Toniutti L., Horry J.-P. 2023. In : *Proceedings of the XII International Symposium on Banana: Celebrating Banana Organic Production*. Ocimati W. (ed.), Lescot T. (ed.), Lehrer K. (ed.). ISHS. Louvain : ISHS, 201-208. (Acta Horticulturae, 1367) ISBN 978-94-6261-366-9 International Horticultural Congress (IHC 2022): **International Symposium on Banana: Celebrating Banana Organic Production**. 31, Angers, France, 14 Août 2022/20 Août 2022. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1367.23>

◇ Carlier J., Abadie C., de Lapeyre de Bellaire L. 2023. *Limiting fungicide use in the management of banana leaf spot diseases. Invited conference at the 12th international congress of plant pathology*, Lyon, France 20-25 august 2023.

Jolivet C., Ravel S., Fabre S., Pages C., Roussel V., Abadie C., Salmon F. (1), Carlier J. 2023. *Population dynamics and adaptive architecture of the fungus Pseudocercospora fijiensis in response to Resistance in banana. Poster at the 12th international congress of plant pathology*, Lyon, France 20-25 august 2023

#### PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

◇ Dumartinet T., Abadie C., Bonnot F., Carreel F., Roussel V., Habas R., Martinez T., Luis Perez-Vicente L., Carlier J. 2020. *Pattern of local adaptation to quantitative host resistance in a major pathogen of a perennial crop. Evolutionary Application* 13 (4), p824-836; <https://doi.org/10.1111/eva.12904>

◇ Dumartinet T., Ravel S., Roussel V., Pérez Vicente L., Aguayo J., Abadie C., Carlier J. 2022. *Complex adaptive architecture of quantitative resistance erosion in a plant fungal pathogen. Molecular Ecology*. <https://doi.org/10.1111/mec.16297>

◇ Carreel F., Martin G., Ravel S., Roussel V., Pages C., Habas R., Cantagrel T., Guiougou C., Delos J.M., Hervouet C., Mournet P., D'Hont A., Yahiaoui N., Salmon F. 2024. *Identification of resistance QTLs to Black Leaf Streak disease (due to Pseudocercospora fijiensis) in diploid bananas (Musa acuminata) Horticulturae (Soumis)*

#### AUTRES VALORISATIONS

◇ **Mémoire de Thèse** : Thomas Dumartinet, 2021, *Etude de l'adaptation aux résistances variétales chez le champignon Pseudocercospora fijiensis, agent causal de la maladie des raies noires du bananier*, soutenue le 26/02/2021, à Montpellier co-financement Cirad-ANSES

◇ **Rapport de stage** de Mme Clarisse Vincent ayant reçu le prix du meilleur mémoire de la fondation Xavier Bernard : <https://fondation-xavier-bernard.org/2021/09/24/remise-des-prix-xavier-bernard/>

◇ **Stage de fin d'études** Vincent Clarisse, 2020. *Définir des stratégies efficaces de déploiement variétal pour le contrôle de la cercosporiose noire en Martinique et en Guadeloupe*. Montpellier SupAgro.

◇ **Master I - Biologie des plantes** Cantagrel Théo, 2020. *Recherche de QTLs de résistance à la cercosporiose noire du bananier : Etude de la ségrégation de deux descendances diploïdes*. - Université des Sciences de Montpellier

◇ **Master I - Statistique pour les Sciences de la Vie** German Gomez, 2020. *Specificity in quantitative host-pathogen interactions between banana and the fungal pathogen Pseudocercospora fijiensis*. - Université des Sciences de Montpellier

◇ **Stage de césure** Paysan Maureen, 2021. *Etude de la ségrégation des caractères de résistance à la cercosporiose noire des bananiers* ➤



*dans une descendance de la population Madu x Galéo. Montpellier SupAgro*

◇ **Licence 3 - Biologie des Plantes pour l'agro-environnement** Laura Bertrand, 2022. *Caractérisation de la résistance à la cercosporiose noire de bananiers par analyse d'images.* - Université des Sciences de Montpellier

◇ **Stage de césure** Margot Aresi, 2022. *Contribution aux études de résistances à la cercosporiose noire sur des populations issues du programme d'amélioration variétale du bananier en Guadeloupe.* Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse

#### MÉTHODOLOGIE PRODUITE

◇ **Développement d'une interface pour l'analyse des images de feuilles de bananiers** avec symptômes de cercosporiose pour quantifier la dynamique d'apparition et de croissance des lésions - macro LeAFtool associé au logiciel IPSDK Explorer

◇ **Un modèle épidémiologique de simulation de la cercosporiose noire** à l'échelle d'un bananier paramétré pour les variétés résistantes

◇ **Une base de données de phénotypage** regroupant plus de 10 années de travail de phénotypage du caractère de sensibilité à la cercosporiose noire au champ, soit plus de 4800 hybrides différents phénotypés

◇ **Une collection de souches adaptées à des résistances** permettant de tester la durabilité potentiel de géniteurs et d'hybrides

◇ **Un modèle épidémiologique de simulation** spatialisé et adapté à la cercosporiose noire des bananiers

◇ **Développement de marqueurs moléculaires** (type KASPar) pour une sélection assistée par marqueurs pour les 4 principaux QTLs identifiés chez un géniteur partiellement résistant à la cercosporiose noire. |

