



Webinaire n°4 ●●●●

SÉLECTION ET RÉSISTANCE VARIÉTALE

jeudi 25 avril 13h30

Comité d'organisation :

Sonia LEQUIN, Caroline BOTTOU et Xavier REBOUD de l'équipe d'animation Ecophyto R&I (INRAE), Marie-Camille SOULARD (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires), Antoine LE GAL (Ministère de l'agriculture et de La souveraineté alimentaire), Robin Roche (Ministère du travail, de la santé et des solidarités) copilotes ministériel de l'axe recherche et innovation du plan Ecophyto II+.

Éric CHANTELOT (IFV), Agnès Langlois (ASTREDHOR) et Caroline Gibert (SOLAGRO), Ingrid Arnault (Université de Tours) et Marc Bardin (INRAE), Jean Guyot (CIRAD) et Sébastien Lemièrre (Université de Lille) pour le CSO R&I

Mise en page :

Caroline BOTTOU (INRAE)

Crédits Photos : Sommaire Pixabay, Freepik Pexel, Adobe Stock (Sauf mention contraire dans le document)

Plus d'infos et contact :

animation-ecophyto@inrae.fr

Le projet d'animation Ecophyto II+ R&I est piloté par les Ministères de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire (MASA), de la Transition écologique et de la Cohésion des Territoires (MTECT), du travail de la santé et des solidarités (MTSS) ainsi que celui de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (MESR), avec l'appui financier de l'Office Français de la Biodiversité (OFB), sur l'enveloppe de redevance pour pollutions diffuses du plan Écophyto II+

Merci aux porteurs de projets et leurs équipes pour leur mobilisation !

Et Merci aux Experts extérieurs qui ont accepté notre invitation à partager leurs travaux !



S O M M A I R E

À PROPOS

P.4

Présentation de l'axe Recherche et innovation Ecophyto II+ P.4

Présentation de la série de Webinaires d'avril 2024 P.5



LE WEBINAIRE N°2

P.6

Programme du Webinaire 3 : Biocontrôle et qualité paysagère

Quelques mots sur ce webinaire P.7



DURÉBAN P.13

Présentation du Projet DURÉBAN

POTATOMETA-BIOME P.8

Présentation du projet POTATOMETABIOME





L'axe Recherche et Innovation du plan Ecophyto II+

Le plan Ecophyto II+

Le plan Écophyto II+ matérialise les engagements pris par le Gouvernement pour atteindre l'objectif de réduire les usages de produits phytopharmaceutiques de 50% d'ici 2025 et de sortir du glyphosate d'ici fin 2020 pour les principaux usages et au plus tard d'ici 2022 pour l'ensemble des usages.

[En savoir +](#)

L'axe Recherche et Innovation (axe R&I ou axe 2 du plan Ecophyto II+), intitulé « **Améliorer les connaissances et les outils pour demain et encourager la recherche et l'innovation** » vise à mobiliser et structurer les différentes communautés de recherche-innovation pour produire et améliorer les connaissances et les outils nécessaires pour atteindre les objectifs de réduction de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques et des risques associés. Il est copiloté par la DRI du CGDD/ MTECT¹, la DGER/MASA², la DGS/MTSS³ et la DGRI/MESR⁴.



L'axe R&I vise ainsi à mobiliser et orienter l'ensemble du système de recherche-innovation avec de fortes incitations pour la formation et la vulgarisation scientifique, afin d'apporter les connaissances nécessaires pour répondre aux défis posés par la réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques et de leurs impacts, sur la santé et l'environnement. Pour définir, piloter et mettre en œuvre l'ensemble de ces actions, **il s'appuie sur un Comité Scientifique d'Orientation « Recherche et Innovation » (CSO R&I)**, composé d'une trentaine d'experts de différentes disciplines, nommés *intuitu personae* et reconnus pour leurs travaux ou leurs engagements sur tous les aspects relatifs à la protection des cultures et à la réduction des produits phytopharmaceutiques, ainsi que de leurs risques et impacts sur la santé et l'environnement. Son ambition est de poursuivre le décloisonnement disciplinaire afin de porter une vision globale des enjeux et des solutions pour atteindre les objectifs du plan Ecophyto II+.

1 MTECT : Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des territoires

2 MASA : Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire

3 MSP : Ministère du Travail, de la Santé et des Solidarités

4 MESR : Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche



Les webinaires d'Avril Ecophyto Recherche et Innovation

Chaque semaine une ou plusieurs thématiques différentes seront abordées au travers de la présentation de 3 à 4 projets arrivés à leur terme dans le cadre des appels à projets [Era net suscrop 2018](#), [Anr générique 2016/2017](#), [Appel national Arphy](#), [CASDAR innovation et partenariat \(2017\)](#), [CASDAR Recherche Technologique \(2017\)](#), [CASDAR semence et sélection végétale](#).



Après le webinaire

[Donnez-nous votre avis](#)



[Replays](#)



[Synthèses](#)
Disponibles quelques semaines après chaque sessions



[Livrets](#)



[Contact](#)

En plus de la présentation des résultats, ces webinaires sont l'occasion d'échanger sur les perspectives ouvertes et à ouvrir à la réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques mais également sur les verrous à lever.

Cette série de webinaires printaniers se compose de 4 sessions :

- **Webinaire #1** les avancées dans la filière viticulture
- **Webinaire #2** gestion des adventices et mesures préventives
- **Webinaire #3** Axé sur les alternatives comme le biocontrôle et la régulation naturelle par la gestion des paysages
- **Webinaire #4** Sélection et la résistance variétale
[M'inscrire au webinaire du 25 avril](#)



Le webinaire # 4 : Sélection & Résistance variétale

Date : Jeudi 25 avril 2024 - 13h30

Au travers de ces projets nous aborderons la réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires par la sélection et résistance variétale.

Avec l'exemple de la pomme de terre nous verrons que la sélection de cultivars qui agissent efficacement avec le microbiome du sol permet de diminuer l'apport d'intrants externes.

Avec l'exemple de la banane nous verrons comment la résistance variétale permet une résistance accrue face aux maladies. Certains de ces travaux sont menés à l'échelle européenne.

Animation Scientifique

Jean Guyot

Membre du CSO R&I

Ingénieur Agronome, spécialisé en phytopathologie, notamment de l'hévéa, Jean Guyot a réalisé presque toute sa carrière outremer (Afrique et DOM). Il réside à Montpellier depuis 3,5 ans après un séjour de 19 ans en Guyane, où il a rédigé sa thèse en phytopathologie avant de rejoindre le plan EcoPhyto et les Réseaux d'Innovation et de Transfert Agricole, s'orientant progressivement vers une approche système de cultures destinée à limiter les intrants notamment phytosanitaires (il a porté deux projets EcoPhyto en Guyane sur ananas et agrumes). Depuis juillet 2020, il est expert filière pour le réseau Dephy, filière cultures tropicales et ingénieur territorial Dephy légumes en Occitanie.



P R O G R A M M E

13h30 Accueil

13h35 Introduction du CSO R&I par Sébastien Lemière et Jean Guyot

13H45 Présentation 2 projets :

PotatoMETAbiome « Exploiter les interactions entre la pomme de terre et son microbiome pour développer des stratégies durables de sélection et de production »
par Eléonore Attard (Université de Pau)

DUREBAN « Assurer la Durabilité des Résistances à la cercosporiose noire de nouvelles variétés de Bananiers » par Frédéric Salmon (CIRAD)

14h35 Conclusion de la série de webinaire par Ludovic Bonnard et Pauline Souche Suchowski

[**S'inscrire**](#)

(disponible jusqu'au démarrage du webinaire)

Animation Scientifique

Sébastien Lemière

Membre du CSO R&I

Enseignant-Chercheur depuis 2004 à l'Université de Lille, au sein de l'équipe ER4 «Fonctionnement des écosystèmes terrestres anthropisés» du LGCgE (Laboratoire Génie Civil et géo-Environnement). Ses travaux de recherches s'inscrivent

dans le contexte des contaminations environnementales des sols (sites et sols pollués, activités agricoles...) et s'intéressent aux effets et à la biodisponibilité des polluants (éléments métalliques, phytosanitaires) pour les organismes exposés (invertébrés du sol principalement), en privilégiant des expositions réalistes.

POTATOME - TABIOME

Harnessing the potato-microbiome interactions for development of sustainable breeding and production strategies

> Projet de recherche et développement

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE

Éléonore Attard

Université de Pau
eleonore.attard@univ-pau.fr

FINANCEMENTS

Coût total du projet : 1 730 00 €

Montant de la subvention OFB : 101 510 €

[Appel EraNet Suscrop](#)

PARTENAIRES

- ◇ Helmholtz Zentrum München (Germany),
- ◇ University of Limerick-Biological Sciences (Ireland),
- ◇ Université de Pau et des Pays de l'Adour (France),
- ◇ Warsaw University of Life Sciences (Poland),
- ◇ Polish Academy of Sciences-Institute of Agrophysics (Poland),
- ◇ Max Planck Institute of Molecular Plant Physiology (Germany)

En bref

Les stratégies de sélection variétales actuelles reposent souvent sur des apports élevés en intrants où les plantes sont considérées comme les seuls acteurs, sans tenir compte des propriétés leur permettant de recruter dans le sol des microorganismes bénéfiques. Le concept de ce projet est que les plantes interagissent naturellement avec ces microbes bénéfiques, les rendant moins dépendantes des intrants synthétiques. Par exemple, les variétés de plantes avec une biomasse racinaire et une exsudation de carbone accrues devraient être capables de recruter plus efficacement le microbiote bénéfique du sol que les variétés conventionnelles, sélectionnées pour travailler seules et avec une forte disponibilité en nutriments. PotatoMETabiome vise donc à identifier des cultivars de pomme de terre qui interagissent efficacement avec le microbiome du sol, générant ainsi des cultivars moins dépendants des intrants externes tout en maintenant un rendement élevé, aussi bien dans des conditions de non-stress que de stress biotiques et abiotiques. <https://www.potatometabiome.eu/>

Holobionte

Endosphère

Potato variety

Microbe plant interactions

Rhizosphère



Les pratiques agricoles durables visent à réduire l'empreinte environnementale de l'agriculture en réduisant l'utilisation d'intrants chimiques et en stimulant le recours à des pratiques biologiques. Le succès de cette transition repose en partie sur l'utilisation de plantes capables d'exploiter les fonctions bénéfiques des microbiomes du sol. Cependant, les processus de sélection actuels ne sélectionnent pas de cultivars de plantes pour leurs interactions optimales avec les microbes du sol. A l'inverse les programmes de sélection variétale sont conduits en présence de forts apports d'engrais et pesticides rendant superflus les services écosystémiques rendus par les microorganismes du sol.

Le concept du projet PotatoMETabiome repose sur le principe selon lequel les plantes interagissent naturellement avec les microbes bénéfiques du sol, les rendant moins dépendantes des intrants synthétiques.

Nous avons choisi de travailler sur la pomme de terre en tant que modèle de culture non céréalière ayant la plus grande production mondiale. L'objectif principal du projet est donc de comprendre comment la prise en compte du microbiome de la pomme de terre peut améliorer les stratégies de sélection végétale. Dans ce projet impliquant de nombreux partenaires européens, nous avons particulièrement ciblé les communautés bactériennes et fongiques de la rhizosphère et de l'endosphère. Dans la rhizosphère, les microorganismes peuvent être directement influencés par les exsudats racinaires et ainsi recrutés par la plante. Pour les microorganismes de l'endosphère, dits endophytes, ils ont été retrouvés dans chaque tissu de plante hôte étudié, où ils peuvent assurer plusieurs fonctions, depuis la protection contre des ravageurs et agents pathogènes, jusqu'à la modulation des phytohormones et la tolérance

au stress. Ainsi, en raison de leur localisation à l'intérieur des plantes, moins soumis aux changements environnementaux, les endophytes peuvent représenter des sources potentielles de biofertilisants et de biopesticides pouvant en plus être transmis au fil des générations.

Nous avons mené des essais sur le terrain pour déterminer comment 7 cultivars de pommes de terre interagissaient avec les microorganismes selon 2 gestions agricoles différentes, l'une avec application d'engrais et de pesticides et l'autre avec des traitements biologiques impliquant l'introduction de souches microbiennes. Grâce à des essais en serre, nous avons évalué quel était l'impact des conditions de croissance sur les changements de diversité microbienne. Pour cela, nous avons étudié le microbiome endosphérique de 11 cultivars ayant poussé dans 2 sols différents et in vitro (milieu gélosé, sans sol). ➤





La gestion biologique, plutôt que la gestion chimique, favorise l'interaction entre les plantes et leur microbiome.

Parmi plusieurs centaines de cultivars disponibles dans la banque de l'institut Bonin en Pologne, nous en avons sélectionné 6 pour les caractéristiques des racines, la qualité et la quantité de l'exsudation des racines et la diversité de la rhizosphère bactérienne et fongique. En guise de référence nous avons inclus le cultivar commercial nommé Désirée.

Pour cette expérience au champ, le traitement biologique consistait en l'**application d'un mélange de bactéries favorisant la croissance des plantes** (*Bacillus amyloliquefaciens* et *Bacillus pumilus*) et de protozoaires (*Cercomonas lenta* et *Rosculus terrestris*). Le traitement chimique consistait en l'**apport de fertilisants, de fongicides et herbicides**, principalement propamocarb (625 g/l) et pro-sulfocarb (800 g/l). Nous avons ensuite **mesuré différents paramètres liés à la croissance de la plante et à la diversité des communautés microbiennes** grâce à un séquençage Miseq des amplicons 6S et ITS. Nous avons **créé des modèles de co-occurrence pour afficher les interactions entre les bactéries et les champignons** selon les différentes pratiques de gestion. Pour explorer les interactions entre les microbiomes des plantes et de la rhizosphère, une modélisation par équation structurelle par morceaux a été utilisée. Nous avons tout d'abord pu démontrer que **la plupart des cultivars sélectionnés pour leur capacité à interagir avec le microbiome ont de meilleures performances végétales que le cultivar commercial Désirée**. Deuxième-

ment, nous avons révélé que **les 2 traitements biologique ou chimique régulaient fortement le microbiome de la rhizosphère**. Plus précisément, la gestion biologique a augmenté les interactions entre le microbiome de la rhizosphère par rapport à la gestion chimique. La gestion chimique a, quant à elle, éliminé l'effet du microbiome de la rhizosphère sur le développement des plantes, découplant ainsi les microbiomes de la rhizosphère de la croissance des plantes.

Impact des conditions de croissance et des cultivars de pomme de terre sur la diversité des endophytes microbiens

Pour cette partie du projet nous avons étudié 11 cultivars dont Désirée et les 6 cultivars plantés dans l'expérience précédente. Ici, les expériences ont été réalisées en serre afin de pouvoir **comparer le microbiome endophytique de plantes cultivées dans les mêmes conditions mais dans deux sols différents A et B**. Nous avons également inclus, l'analyse de plantules ayant poussé exclusivement *in vitro* c'est à dire, en milieu gélosé et donc sans l'impact de microorganismes du sol. Nous avons ensuite séquencé les amplicons 16S et ITS dans les plantes âgées de 5 semaines.

Notre étude a révélé que la **diversité des bactéries endophytes était significativement influencée par le type de sol A ou B**. Cependant même si le type de sol a un effet plus fort sur le microbiome des racines de pomme de terre, la **comparaison entre cultivars suggère une sélection végétale**, et particulièrement pour les champignons endophytes. Ces différents patterns entre bactéries et ➤



champignons endophytes peuvent être liés à la meilleure capacité des champignons à sporuler qui peut leur permettre de se maintenir dans la plante quels que soient les changements dus aux stades de développement de la plante. En outre, si les champignons se transmettent mieux d'une génération à l'autre, il sera moins facile pour d'autres champignons présents dans le sol de s'installer dans la plante, augmentant ainsi l'effet cultivar. Pour les bactéries en revanche, le recrutement dans le sol semble

plus important. En termes de stratégies de sélection ou de biocontrôle, cela implique d'une part qu'une **inoculation réussie d'un champignon bénéfique dans une plante pourrait avoir l'avantage de durer sur plusieurs générations** et d'autre part que **les agents de biocontrôle bactériens devraient être fournis de préférence aux premiers stades de la plante, lorsque les bactéries sont recrutées dans les sols.** ➤

Du côté du transfert

Comme mentionné plus haut, en termes de stratégies de sélection ou de biocontrôle, nos résultats suggéreraient i) qu'une inoculation réussie d'un champignon bénéfique dans une plante pourrait avoir l'avantage de durer sur plusieurs générations et ii) que les agents de biocontrôle bactériens devraient être fournis de préférence aux premiers stades de la plante, lorsque les bactéries sont recrutées dans les sols.

Par ailleurs, nous avons montré que des cultivars actuellement peu/pas commercialisés pouvaient présenter de meilleures performances qu'un cultivar commercial grâce à leur capacité à interagir efficacement avec le microbiome. Afin de trouver de nouvelles variétés plus performantes dans un contexte de changement climatique, il pourrait donc être pertinent de reconsidérer ces cultivars afin de les étudier, avec leur microbiome, dans des conditions de stress notamment hydrique.

Du côté de la recherche

Le projet DEMETER a permis d'ouvrir de Au fil du projet, nous avons étudié principalement de jeunes plantes mais une 3e partie en cours d'analyse a concerné le cycle complet d'une culture de pomme de terre. Nous espérons donc prochainement pouvoir répondre à plusieurs questions sur notamment la dynamique des communautés microbiennes : les bactéries recrutées aux stades précoces se maintiennent-elles au cours de la culture et dans quelle mesure sont-elles transférées aux tubercules ?

Enfin, en comparant diversité microbienne dans le sol, la rhizosphère et l'endosphère et grâce à des outils statistiques adaptés nous pourrions quantifier la part de bactéries recrutées par la plante depuis les communautés présentes dans le sol.



Livrables, valorisation et transfert

CONFÉRENCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES, AVEC ET SANS ACTES

3 Posters

- ◆ 18th International Symposium on Microbial Ecology 14-19 August 2022, Lausanne, Switzerland
- ◆ XVI IOBC-WPRS meeting on biocontrol 6-9 June 2023 in Wageningen, The Netherlands Congress
- ◆ 11e congrès de l'Association Francophone d'Écologie Microbienne du 17 au 20 octobre 2023 à Carqueiranne

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

- ◆ Tianci Zhao, Xiu Jia, Xipeng Liu, Jyotsna Nepal, Eléonore Attard, Rémy Guyoneaud, Krzysztof Treder, Anna Pawłowska, Dorota Michałowska, Gabriele Berg, Franz Stocker, Tomislav Cernava, J. Theo M. Elzenga, Joana Falcão Salles *Biological management, rather than chemical 1 management, promotes the interaction between plants and their microbiome* doi: <https://doi.org/10.1101/2024.02.12.579901>
- ◆ Jyotsna Nepal, Rémy Guyoneaud, Tianci Zhao, Stefanie Vink, Xiu Jia, Krzysztof Treder, Dorota Michałowska, Benoit Renaud Martins, Michael Schloter, Viviane Radl, Joana Falcao Salles, Eléonore Attard. *Impact of growth substrate and potato cultivars on the diversity of microbial endophytic communities* -To be submitted in 2 weeks. |



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 plus difficilement être 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. D'autre part, 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 mise en évidence. Le support de cette adaptation est polygénique. La durabilité des résistances introduites dans les nouvelles variétés a ainsi été évaluée dans DuRéBan. Une augmentation du niveau de maladie aux champs sur ces variétés n'a pas observé pen-

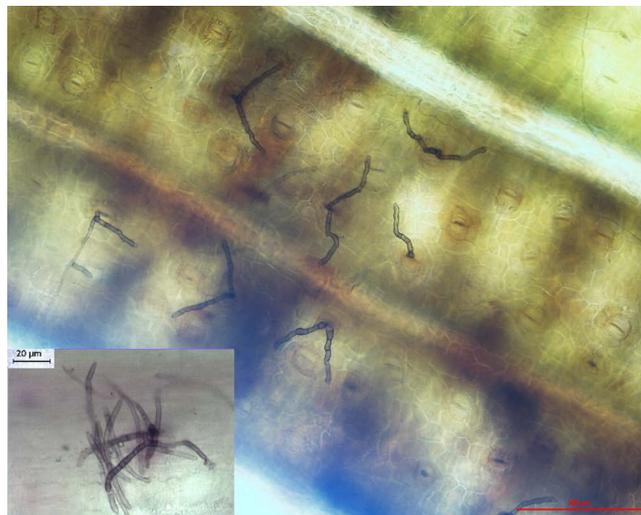
dant plusieurs années. Ainsi les **résistances sélectionnées apparaissent stables à ce jour stable**.

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 destinés 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* ➤

DURÉBAN - PERSPECTIVES FUTURES

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. |





Merci

Ce document a été réalisé par l'animation Ecophyto R&I,
Caroline Bottou & Sonia Lequin,
grâce à la mobilisation de tous les membres d'équipes projets !

Pour suivre les actualités EcophytoII+ R&I
rendez-vous sur

 **YouTube**
[Animation Ecophyto RI](#)


EcophytoPIC


animation-ecophyto@inrae.fr