Acorbat Internacional | Acorbat *Revista de Tecnología y Ciencia*

Crossref

La création de nouvelles variétés de bananes multi-résistantes pour augmenter la diversité variétale et éviter l'usage de pesticides

Frédéric Salmon[1,8]*, Lucile Toniutti[1,8], Frédéric Lambert[1,8], Taylor Blondo[1,8], Damien Hubert[1,8], Jean-Claude Efile[1,8], Chantal Guiougou[1,8], Franck Marius[1,8], Jean-Marie Delos[1,8], Florentin Pietrus[1,8], Mathieu Joyeux[1,8], Marine Seidel[2,9], Cassandre Jolivet[3,9], Catherine Abadie[4,9], Marcel Bohrer[5], N. Lubin[3,9], Emmanuel Wicker[3,9], Sandrine Andypain[6,10], B. Barral[6,10], Mathieu Léchaudel[7,10]

[1]CIRAD, UMR AGAP Institut, Capesterre-Belle-Eau, Guadeloupe, France; [2]CIRAD, UMR PHIM, Capesterre-Belle-Eau, France; [3]CIRAD, UMR PHIM, Montpellier, France; [4]CIRAD, UMR PHIM, Costa Rica; [5]IT2, Capesterre-Belle-Eau, Guadeloupe, France; [6]CIRAD, UMR QualiSud, Capesterre-Belle-Eau, Guadeloupe, France; [7]CIRAD, UMR QualiSud, Saint Pierre, Réunion, France; [8]UMR AGAP Institut, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France; [9]PHIM, Plant Health Institute, Univ Montpellier, INRAe, CIRAD, Institut Agro, Montpellier, France; [10]Qualisud, Université Montpellier, Institut Agro, CIRAD, Avignon Université, Université de la Réunion, Montpellier, France

Autor de correspondencia:
Frédéric Salmon
hearodriguezca@unal.edu.co

Contribución:
Artículo Científico

Sección:
Recursos genético y mejoramiento

Recibido:
15 diciembre, 2025
Publicado:
30 abril, 2026

Cita:
Salmon F, Toniutti L, Lambert F, Blondo T, Hubert D, *et al*. 2026. La création de nouvelles variétés de bananes multi-résistantes pour augmenter la diversité variétale et éviter l'usage de pesticides. *Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia* 3(1): 130 https://doi.org/10.62498/ARTC.26130

RÉSUMÉ

Les bananes dessert, essentielles à la sécurité alimentaire dans les pays en développement et majeures sur les marchés occidentaux, reposent sur une base génétique étroite, les rendant vulnérables à des maladies fongiques comme la cercosporiose noire et le Fusarium TR4. Ces pathogènes ont des impacts économiques et environnementaux majeurs. Cette étude évalue trois hybrides triploïdes (Cirad 964, 965, 966), issus du programme d'amélioration variétale du Cirad, pour leur résistance à ces maladies, leurs performances agronomiques, sensorielles et post-récolte. Les tests en conditions contrôlées, avec quatre isolats de TR4, révèlent une résistance élevée pour la 965 et 966, et intermédiaire pour la 964. Face à la cercosporiose noire, les trois hybrides montrent une résistance partielle, liée à un ralentissement du cycle du champignon et une réduction de la capacité de sporulation sexuée comparée à la Cavendish. Agronomiquement, leurs régimes dépassent 25 kg, avec des profils adaptés aux marchés locaux (964) ou à l'export (966). Les tests post-récolte indiquent une bonne acceptabilité sensorielle. Une méthodologie basée sur la somme des degrés-jours a permis d'optimiser le stade de récolte selon les marchés ciblés. Ces hybrides pourraient ainsi réduire l'usage de pesticides, diversifier l'offre variétale et favoriser la transition agroécologique des filières locales ou export.

Mots clés: *Musa* spp., *Fusarium*, Cercosporiose noire, Multi-résistance, Sélection variétale, Diversification

ABSTRACT

Dessert bananas, essential to food security in developing countries and major players in Western markets, are based on a narrow genetic, making them vulnerable to fungal diseases such as black leaf streak and Fusarium TR4. These pathogens have major economic and environmental impacts. This study evaluates three triploid hybrids (Cirad 964, 965, 966), developed by the CIRAD breeding programme, for their resistance to these diseases and their agronomic, sensory and post-harvest performance. Tests under controlled conditions, using four TR4 isolates, revealed high resistance for 965 and 966, and intermediate resistance for 964. Against black leaf streak disease, the three hybrids show partial resistance, linked to a slowing of the fungus cycle and a reduction in ascospore production compared to Cavendish. Agronomically, their weights exceed 25 kg, with profiles suited to local markets (964) or export (966). Post-harvest tests indicate good sensory acceptability. A methodology based on the sum of degree days has made it possible to optimise the harvest stage according to the target markets. These hybrids could thus reduce pesticide use, diversify the range of varieties available and promote the agroecological transition of local or export markets.

Keywords: *Musa* spp., *Fusarium*, Black leaf streak, Multi-resistance, Varietal selection, Diversification

Copyright: © 2026 por los autores. Licencia Acorbat Internacional. Este artículo es de acceso libre y distribuido bajo los términos de Acorbat Internacional

INTRODUCTION

Les bananes dessert jouent un rôle crucial dans la sécurité alimentaire et nutritionnelle des pays de nombreux pays tropicaux, tout en étant un fruit majeur sur les marchés européens et nord-américains. Avec une production mondiale dépassant les 149 millions de tonnes en 2021, cette production comprend la banane dessert, avec 103 millions de tonnes produites, dont 24 millions exportées, qui repose sur un nombre limité de variétés appartenant principalement au sous-groupe Cavendish (*Musa acuminata*, AAA). Cette base génétique extrêmement restreinte rend le marché mondial particulièrement vulnérable aux changements climatiques, aux ravageurs et aux maladies aux maladies fongiques telles que la cercosporiose noire (causée par *Pseudocercospora fijiensis*) et la fusariose (causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* « Tropical Race 4 » (Foc-TR4) et Race 1). La gestion phytosanitaire de ces maladies a des impacts économiques et environnementaux importants. Pour relever ces défis, le Cirad a développé une approche originale d'amélioration variétale conventionnelle, appelée "Reconstructive Breeding", visant à créer des hybrides triploïdes adaptée aux contraintes biologiques des bananiers, permettant la création de nouvelles variétés hybrides de bananes dessert résistantes aux stress biotiques et abiotiques. Cette approche est déployée via une plateforme de création et de sélection intégrée dans un réseau multi-locale, visant à diversifier la gamme de variétés disponibles pour différents marchés en développant des variétés multirésistantes acceptables par les consommateurs et adaptées aux attentes des marchés (Salmon *et al*., 2023). La sélection des hybrides s'effectue en plusieurs phases, sur une période de 12 à 15 ans. La première phase consiste à éliminer les hybrides présentant des défauts critiques, tels qu'une sensibilité aux maladies, un poids de régime insuffisant ou des caractéristiques de fruits non conformes. Les hybrides retenus sont ensuite multipliés *in vitro* et évalués en micro-parcelles en station expérimentale pour leur productivité, leur résistance aux maladies et leur qualité fonctionnelle et sensorielle. Enfin, les variétés les plus prometteuses sont testées en conditions réelles, dans différents environnements, pour confirmer leur adaptation aux pratiques culturales locales.

Cette étude présente les résultats de l'évaluation de trois nouveaux hybrides du Cirad (Cirad964, Cirad965, Cirad966) arrivées en fin de phase d'évaluation en station expérimentale avant d'intégrer un réseau d'évaluation multisite. Cette caractérisation dont l'objectif est d'établir une carte d'identité de référence s'est faite d'une part en conditions contrôlées pour leur résistance aux Foc-race 1 et Foc-TR4, et d'autre part en conditions expérimentales dans le cadre de la plateforme de création et de sélection sur la station Neufchâteau en Guadeloupe pour leur résistance à la cercosporiose noire, leurs performances agronomiques, leurs qualités fonctionnelles et sensorielles.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Pour l'ensemble des évaluations, les vitroplants ont été produits *in vitro* au laboratoire de CIV du CIRAD Neufchâteau, et multipliées par Vitropic (Saint-Mathieu-de-Tréviers, France).

Les observations sur le terrain ont été réalisées en 2021 et 2022 à la station expérimentale du Cirad de Neufchâteau en Guadeloupe (Antilles françaises; 16°08'N, 61°60'O; altitude 250 m, précipitation annuelle moyenne de 3500 mm; température moyenne 25 °C, sol classé comme andosol avec les caractéristiques suivantes: pH 5,5, 9,5 % de matière organique, 62 % d'argile, 32 % de limon et 6 % de sable). Les hybrides 964, 965 et 966 ont été plantés à la densité de 1600 pieds ha^{-1} dans un champ organisé en micro-parcelles de 120 plants par hybride, séparés par une ligne de 30 plants de la variété Cavendish Cv.902, témoin sensible à la cercosporiose non traités. Les évaluations ont été réalisées à la même période, sur dix plantes par génotype, au même stade végétatif. La parcelle expérimentale a été préparée à la rotobêche et amendée grâce à l'apport de matière organique à raison de 90 t/ha de Fertigwa. La fertilisation a été fractionnée mensuellement, avec une quantité d'engrais minéral de 270 kg d'azote (N) par hectare et par an (NPK 14-4-28 + 6MgO). Aucun produit phytosanitaire n'a été appliquée. Cette parcelle a ainsi été conduite de manière raisonnée, l'enherbement ayant été contrôlée par fauchage mécanique.

La Foc-TR4 n'étant pas répandue dans les Antilles françaises, la réponse des hybrides à l'infection par Foc-TR4 a été évaluée dans des conditions contrôlées dans une serre du Cirad à Montpellier. Les hybrides ont été testés avec les témoins sensibles Cavendish Cv.902 et Gros Michel, ainsi que Calcutta 4 comme témoin résistant. Les vitroplants ont suivi une phase d'endurcissement de 12 semaines avant d'être inoculés à l'aide de 30 g de millet grains de millet (*Panicum miliaceum*) infectés par Fusarium, selon une version modifiée de (Viljoen *et al*., 2017). Une étude génomique mondiale ((Matthews, 2023); Wicker *et al*, en préparation) a révélé que le Foc-TR4 était génétiquement structuré en quatre sous-lignées, nommées TR4-SC01 à TR4-SC04. Quatre isolats représentatifs de Foc-TR4 (tous dans VCG 01213/16) ont été sélectionnés: (i) MAY0001 (TR4-SC01), provenant de Mayotte; (ii) la référence II5 (TR4-SC02), codée ici IDN0001 et également nommée NRRL 54006, provenant d'Indonésie; (iii) CHN0001 (TR4-SC03) provenant de Chine; CAV0842 (TR4-SC04) provenant de l'est de l'Indonésie. Dans une expérience distincte, les plantes ont été exposées à l'isolat RUN0001 de la Foc race 1 (clade B de FOSC, VCG0124/22, Foc-SC04 *sensu* (Mostert *et al.*, 2022)). Chaque combinaison de génotype végétal et d'isolat fongique a été testée sur huit à dix plantes**.** Les plantes ont ensuite été cultivées et incubées dans une serre contrôlée (30 °C le jour/28 °C la nuit, ~ 85 % d'humidité

relative) pendant 10 semaines. Pour l'évaluation finale, les plantes ont été déracinées, les bulbes individuels ont été coupés dans le sens de la longueur, évalués selon l'échelle de Dita de 1 à 5 pour les symptômes internes, puis photographiés. Un taux de symptômes internes (ISR) a été calculé en suivant l'approche de (Zuo *et al*., 2018). Sur cette échelle, 1 = aucun symptôme (ISR = 0); 2 = décoloration initiale du rhizome (ISR = 25); 3 = légère décoloration du rhizome le long de l'ensemble du système vasculaire (ISR = 50); 4 = rhizome dont la plupart des tissus internes présentent une nécrose (ISR = 75); 5 = rhizome totalement nécrosé (ISR = 100). Les indices de maladie (IM) ont été calculés où IM = [Σ(score sur l'échelle × fréquence)/(nombre total de plantes × classe maximale sur l'échelle)] × 100 %, qui ont ensuite été utilisés pour classer le matériel génétique comme résistant (R: 0 < IM ≤ 24 ± 1 %); partiellement résistant ou modérément sensible (MS: 25 < IM ≤ 44 ± 1 %); sensible (S: 45 < IM ≤ 64 ± 1 %); très sensible (VS: 65 < IM ≤ 84 ± 1 %), ou extrêmement sensible (XS: IM ≤ 85 %).

La résistance à la cercosporiose noire a été évaluée au champ à la station expérimentale de Neufchâteau (Guadeloupe) sur 10 individus par hybride sur deux cycles culturaux comme décrit dans la publication de (Jolivet *et al.*, 2025). Les différents paramètres mesurés ont permis de déduire la durée d'évolution totale du champignon c'est-à-dire le temps entre l'infection et la sporulation sexuée. De même, la capacité de sporulation sexuée a été évaluée en suivant la méthode publiée par Zapater *et al.* (2008).

Les hybrides ont aussi été évalués pour leur architecture (hauteur, circonférence) leur productivité (poids des régimes, nombre de mains et de doigts), leur caractéristique des fruits à différents stades de récoltes (export, local et 1er fruit jaunissant sur pied), leur qualité commerciale (durée de vie verte, sensibilité au dégrain, au brunissement et aux meurtrissures) et leur qualité sensorielle pour évaluer le goût, la texture et l'acceptabilité des fruits.

Concernant la détermination des stades de récolte, les valeurs des paramètres, à savoir la température seuil et la somme des degrés-jours correspondante, pour un cultivar donné et un marché cible, ont été estimées à partir de l'approche détaillée dans Lechaudel *et al*. (2026). Cette approche a utilisé différents ensembles de données: (i) l'intervalle entre la floraison (définie comme la date à laquelle l'inflorescence était pendante, toutes les bractées étaient complètement ouvertes et toutes les mains étaient en position horizontale) et la maturation (définie comme la date à laquelle le premier fruit jaune a été observé sur le régime) (FRI), (ii) la température moyenne quotidienne pendant le FRI, (iii) la durée de vie verte à 20 °C et le diamètre des fruits externes et internes de la zone médiane de la troisième main pour différentes régimes récoltées à différents âges.

RÉSULTATS

Face à la Foc TR4, le cultivar le plus sensible était Gros Michel, suivi de Cavendish Cv.902. Parmi les trois hybrides, la 964 semblait présenter une résistance intermédiaire (selon les isolats considérés). Le témoin résistant Calcutta4 était nettement plus résistant, mais pas immune. La 965 et la 966 ont présenté le niveau de résistance le plus élevé, contrôlant les quatre souches. Les isolats différaient en termes d'agressivité, CAV0842 étant le plus agressif, suivi par IDN0001 (II5), CHN0001 et MAY0001.

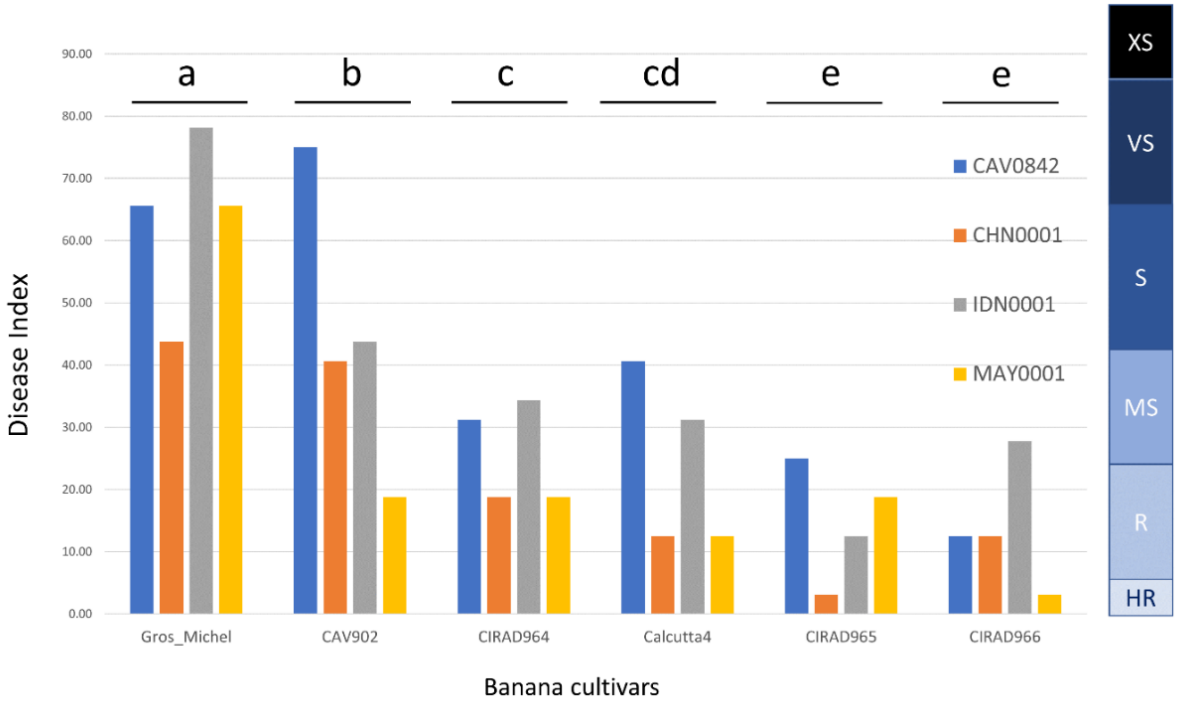


Figure 1. Indice de maladie induit par les quatre isolats Foc TR4 sur les cultivars de bananiers. Les barres marquées de lettres différentes sont significativement différentes les unes des autres (test de Tukey, P = 0,05).

Face à Foc-Race1, Gros Michel (avec un Indice de Maladie de 53) s'est révélé sensible, tandis que Cavendish (IM=15,625) et Calcutta4 (IM=12,5) se sont montrés résistants. Parmi les hybrides, 965 (IM=12.5) s'est révélé résistant, tandis que les 964 (IM=3.125) et 966 (IM=0) se sont révélés hautement résistants.

Concernant l'étude du comportement des variétés vis-à-vis de la cercosporiose noire au champ, la durée d'évolution totale de la maladie indiquant la durée nécessaire jusqu'à l'apparition du stade nécrotique est significativement plus longue que celle de

la *Cavendish*. La capacité de sporulation des hybrides est très faible comparativement à celle de la Cavendish (Figuré. 2).

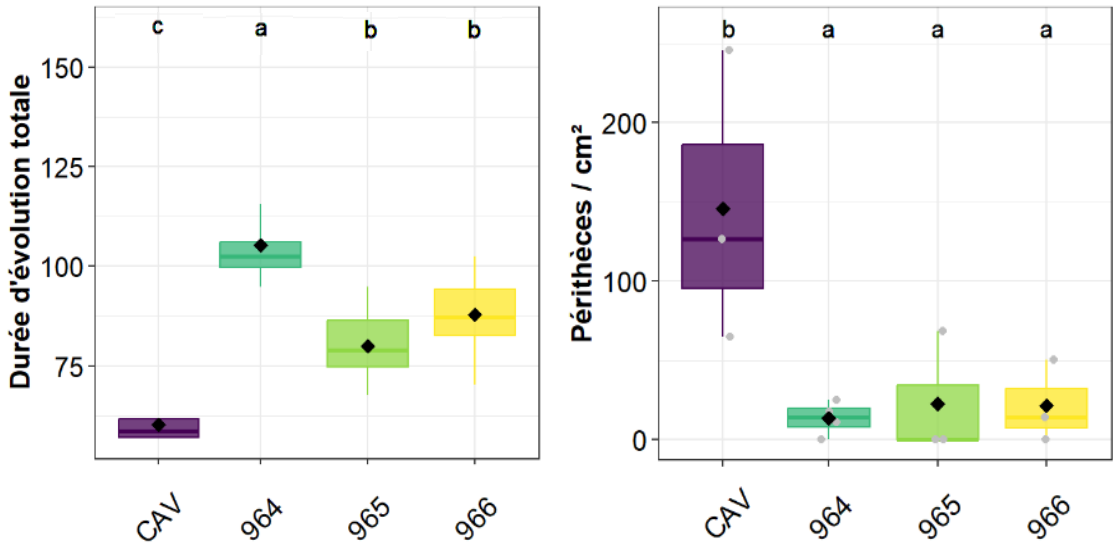


Figure 2. Composantes de résistance vis-à-vis de la cercosporiose noire des 3 hybrides comparativement au témoin sensible Cavendish: durée d'évolution totale (à gauche) et capacité de sporulation (à droite).

Dans l'ensemble, les trois hybrides ont montré une résistance partielle à la cercosporiose noire, grâce à deux mécanismes complémentaires: d'une part, un allongement du cycle de développement du champignon sur ces hybrides, et d'autre part, une réduction de sa capacité à produire des ascospores.

A la floraison, les résultats obtenus sur les 3 hybrides montrent une augmentation moyenne de 30 % de la hauteur et de la circonférence entre le premier et le deuxième cycle. La 965 est la moins grande des trois, tandis que la 966, avec un rapport hauteur/circonférence supérieur à 6 au deuxième cycle, apparaît comme la moins robuste. Les trois variétés présentent plus de 7 feuilles érigées à la floraison, confirmant leur résistance partielle à la cercosporiose noire, sans nécessiter d'effeuillage. Le nombre de mains et de doigts est particulièrement élevé pour les variétés 964 et 966, dépassant 12 mains et 240 doigts au deuxième cycle, tandis que la 965 affiche des valeurs légèrement inférieures. Les récoltes ont été réalisées à trois stades physiologiques: export (60 % de l'Intervalle Floraison-Jaunissement, IFJ), local (75 % IFJ), et IFJ (100 %). Les poids des régimes varient de 25 kg (stade export) à plus de 35

kg (stade IFJ). La variété 964 se distingue par des fruits de petite taille, similaires aux variétés locales *Figue Pomme* et *Figue Sucré*, tandis que les variétés 965 et 966 présentent des formats intermédiaires entre la *Cavendish* et la *Figue Pomme*. Bien que le poids moyen des régimes soit inférieur à celui de la *Cavendish*, ces hybrides offrent l'avantage de cycles de récolte rapides, permettant plus de 2 récoltes par an, contre 1,4 pour la *Cavendish*.

Pour chaque variété, les températures de base et les sommes de température en degrés-jours ont été estimées en fonction des marchés cibles (export et local) (Tableau 1). Ces données permettent d'estimer et programmer les dates de récolte pour optimiser la maturité des fruits. Par exemple, pour le marché local, une récolte tardive est recommandée pour maximiser le remplissage des doigts, tandis que pour l'export, un stade de 20 jours de durée de vie verte (DVV) à 20 °C est nécessaire pour éviter un jaunissement prématuré pendant le transport.

Tableau 1: Estimation de la température de base (θ en °C) et des stades de récolte des variétés 964, 965 et 966.

Variété	θ (°C)	Somme des degrés-jours pour le marché d'exportation (°C jours)	Somme des degrés-jours pour le marché local (°C jours)
964	5.1	1485.4	1946.5
965	-2.8	2094.5	2640.6
966	5.4	1312.5	1707.8

D'un point de vue qualité commerciale, les tests post-récolte réalisés en conditions contrôlées en Guadeloupe ont révélé une faible sensibilité au brunissement pour les trois variétés, similaire à celle de la *Cavendish*, ce qui est un atout pour leur commercialisation. En revanche, la sensibilité aux meurtrissures varie: la 964 est la plus sensible, suivie de la 966, tandis que la 965 présente une sensibilité modérée. Enfin, les trois variétés montrent une faible sensibilité au dégrain, avec une durée de vie commerciale prolongée, en particulier pour la 964.

Au niveau organoleptique, les tests hédoniques ont mis en évidence une typicité distincte pour chaque variété: 964: bon équilibre sucre/acide, mais texture peu ferme après 8 jours; 965: équilibre sucre/acide similaire, avec une fermeté maintenue et une texture moyennement farineuse; 966: fruit le plus sucré, avec une intensité aromatique marquée et une texture fermement maintenue. La durée de vie de consommation est

longue pour les trois variétés, avec un optimum de consommation atteint plus rapidement pour la 964.

DISCUSSION

Les nouvelles variétés Cirad 964, 965 et 966, développées dans cette étude, se distinguent par leurs résistances combinées à la fusariose race 1 et TR4, maladies majeures pour lesquels les solutions phytosanitaires actuelles restent inefficaces. Leur évaluation vis-à-vis de Foc TR4 a été menée contre quatre lignées représentatives de la diversité mondiale de ce pathogène (TR4-SC01 à TR4-SC04), renforçant ainsi le statut multi-résistance des hybrides. Parmi ces variétés, les 965 et 966 présentent une résistance marquée à Foc-TR4, tandis que la 964 affiche une résistance modérée. Bien que ces résultats aient été obtenus en conditions contrôlées et favorables au pathogène, leur validation en milieu naturel, notamment dans des zones fortement infestées comme le nord du Pérou, s'avère indispensable pour confirmer leur potentiel en conditions réelles.

L'évaluation multi-composante de la résistance à la cercosporiose noire a révélé que certains hybrides, qui auraient été écartés sur la base du seul de l'indice de feuilles non nécrosées ou de la sévérité, présentent en réalité une résistance effective sur d'autres aspects clés du pathosystème, comme une sporulation sexuée ou des durées de latence conidiennes (Jolivet *et al.*, 2025). Cette approche globale, intégrant plusieurs critères, réduit les biais de sélection et permet d'identifier des variétés durablement résistantes.

D'autre part, des essais préliminaires menés à La Réunion, dans un contexte de forte pression parasitaire due au Freckle (*Phyllosticta cavendishii*), montre une sensibilité réduite des hybrides par rapport à la *Cavendish* sensible à ce champignon, limitant ainsi le recours aux fongicides.

Les multiples résistances observées chez les hybrides Cirad repose sur une stratégie intégrée combinant des croisements ciblés et une sélection phénotypique rigoureuse. En favorisant la transmission de « paquets » de gènes plutôt que de gènes individuels, cette approche pourrait limiter la capacité d'adaptation des pathogènes, notamment en réduisant la phase sexuée de leur cycle de vie et ainsi limiter le contournement rapide de ces résistances (Dumartinet *et al*., 2022). Cette méthode, en exploitant la diversité génétique des bananiers et en sélectionnant des combinaisons de gènes de résistance, renforcerait la durabilité de ces variétés dans des environnements contraignants tout en réduisant la dépendance aux intrants chimiques.

Une étude antérieure, basée sur le modèle AMMI pour analyser les interactions Génotype × Environnement (GxE), a montré que certaines variétés hybrides présentent une homéostasie marquée, tandis que d'autres font preuve d'une plasticité adaptative (Toniutti *et al*., 2024). Cette variabilité suggère une adaptation différentielle selon les zones de production, justifiant une évaluation multisite en partenariat avec des acteurs locaux. Cette phase est essentielle pour affiner les pratiques culturales, notamment l'optimisation du remplissage des fruits, la gestion de l'œilletonnage, et l'étude de la stabilité des variétés sur plusieurs cycles. Elle permettra également d'adapter les pratiques post-récolte, en tenant compte de la sensibilité modérée à la meurtrissure par exemple et des exigences spécifiques des filières locales et export (Lechaudel *et al*., 2023). L'adoption de nouvelles variétés de bananiers se heurte souvent aux exigences strictes du marché, notamment celles imposées par la Cavendish, qui reste la référence en termes de qualité post-récolte sur le marché export. Développer des hybrides multirésistants répondant à l'ensemble de ces critères représente un défi majeur. Dans ce contexte, les New Breeding Techniques (NBT) pourraient offrir une solution pour parfaire ces variétés, en ciblant précisément les caractères agronomiques ou qualitatifs encore limitants, tout en préservant les résistances acquises. Ces outils permettraient d'accélérer l'obtention de variétés combinant durabilité, résistance aux pathogènes et conformité aux attentes des filières commerciales.

Enfin, l'introduction de ces hybrides multi-résistants s'inscrit dans une dynamique de transition agroécologique, en promouvant des systèmes de production diversifiés (mélange variétal, association avec le cacao, agroforesterie). Leur adoption pourrait contribuer à réduire la dépendance aux monocultures monovariétales, renforçant ainsi la résilience des systèmes face aux aléas climatiques. Leur développement nécessitera une adaptation des pratiques culturales, tant en pré-récolte (œilletonnage, fertilisation, castration) qu'en post-récolte (conservation, commercialisation), afin de répondre aux exigences des différents marchés.

CONCLUSION

Les nouvelles variétés de bananes multi-résistantes développées par le Cirad présentent un potentiel réel pour diversifier l'offre variétale sur les marchés. Ces variétés pourraient jouer un rôle clé dans la réduction des pesticides, et la transition agroécologique des différentes filières locale et export. Après cette phase de caractérisation variétale, les perspectives de développement variétal doivent maintenant passer par une phase d'adaptation des itinéraires techniques pré- et post-récolte, spécifiques pour chaque partenaire, en fonction des conditions culturales et du circuit de commercialisation ciblé.

RÉFÉRENCES

Dumartinet T, Ravel S, Roussel V, Perez-Vicente L, Aguayo J, Abadie C, Carlier J. 2022. Complex adaptive architectureunderlies adaptation to quantitative host resistance in a fungal plant pathogen. Molecular Ecology. 31(4): 1160-1179.

Léchaudel M, Andypain S, Mbéguié Mbéguié D, Gros O and Salmon F. 2023. How to improve commercial quality of a new hybrid of banana by managing postharvest conditions and increasing knowledge in physiological injury?. Acta Hortic. 1364, 257-264.

Léchaudel M, Andypain S, Barral B, Dépigny S, Carval D, Abufera B, Wyvekens A, Lambert F, Efile JC, Joyeux M, Pietrus F, Salmon F. 2026. Estimating the optimum harvest date of dessert and plantain varieties by adapting thermal time sum method. Experimental Agriculture. Submitted.

Jolivet C, Abadie C, Bohrer M, Ravel S, Mejias J, Seidel M, Efile JC, Roussel V, Pages C, Lubin N, Saveljeva N, Baril L, Carlier J and Salmon F. 2025. Variation in quantitative resistance components to the fungus *Pseudocercospora fijiensis* causing black leaf streak disease among banana genotypes. Plant Pathology, 74, 2857-2879.

Mostert D, Wicker E, de Jager MM, Al Kaabi SM, O'Neill WT, Perry S, Li C, Yi G, Pegg KG, Mostert L and Viljoen A. 2022. A polyphasic approach reveals novel genotypes and updates the genetic structure of the banana fusarium wilt pathogen. Microorganisms 10, 2, 269.

Salmon F, Bakry F, Efile JC, Ricci S, Toniutti L and Horry JP. 2023. Banana breeding at CIRAD: creating resistant new cultivars to avoid the use of pesticides. Acta Hortic. 1367, 201-208.

Toniutti L, Jolivet C, Efile JC, Pietrus F, Gilbert S, Horry JP, Carval D, Salmon F. 2024. Evaluation de la stabilité des performances agronomiques de variétés élites de bananes desserts au sein d'une gamme d'environnements. Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia 1(1): 4

Viljoen A, Mahuku G, Massawe C, Ssali RT, Kimunye J, Mostert G, Ndayihanzamaso P and Coyne DL. 2017 Banana diseases and pests: field guide for diagnostics and data collection. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria.

Zapater M-F, Abadie C, Pignolet L, Carlier J, Mourichon X. 2008. Diagnosis of *Mycosphaerella* spp., responsible for Mycosphaerella leaf spot diseases of bananas and plantains, through morphotaxonomic observations. Fruits 63, 389–393.

Zuo CW, Deng GM, Li B, Huo HQ, Li CY, Hu CH, Kuang RB, Yang QS, Dong T, Sheng O and Yi GJ. 2018 Germplasm screening of *Musa* spp. for resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp *cubense* tropical race 4 (Foc TR4). European Journal Plant Pathology, 151, 723-734