

Evaluation de la stabilité des performances agronomiques de variétés élités de bananes desserts au sein d'une gamme d'environnements

Lucile Toniutti^{1,2*}; Cassandre Jolivet^{3,4}; Jean Claude Efile^{1,2}; Florentin Pietrus^{1,2}; Simon Gilbert^{5,6}; Jean-Pierre Horry^{2,7}; Dominique Carval^{6,8}; Frédéric Salmon^{1,2}

¹CIRAD, UMR AGAP Institut, F-97130 Capesterre-Belle-Eau, Guadeloupe, France; ²UMR AGAP Institut, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, Montpellier, France; ³CIRAD, UMR PHIM, F-34398 Montpellier, France; ⁴PHIM Plant Health Institute, Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, Institut Agro, IRD, Montpellier, France; ⁵CIRAD, UPR GECCO, F-97285 Le Lamentin, Martinique, France; ⁶GECCO, Univ. Montpellier, F-34398 Montpellier; ⁷CIRAD, UMR AGAP Institut, F-34398 Montpellier, France; ⁸CIRAD, UPR GECCO, F-97455 Saint Pierre, Réunion, France.

*Autor de

Correspondencia:

Lucile Toniutti
lucile.toniutti@cirad.fr

Contribución:

Científica

Sección:

Recursos Genéticos y
mejoramiento

Recibido:

15 Diciembre, 2023

Aceptado:

15 Enero, 2024

Publicado:

16 Abril, 2024

Cita:

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 élités de bananes desserts au sein d'une gamme d'environnements. *Acorbat Revista de Tecnología y Ciencia* 1(1): 4
<https://doi.org/10.62498/AR.TC.2404>

RESUMEN

La introducción de variedades de plátano innovadoras, tolerantes a los patógenos y con buenas cualidades organolépticas es una palanca para una mayor resistencia a las limitaciones climáticas y a las enfermedades emergentes, y una menor dependencia de los insumos agrícolas. Se ha creado una primera red de evaluación multilocal en bloques completos aleatorios de 4 variedades desarrolladas por el CIRAD, incluyendo Martinica, Guadalupe y Reunión. Se evaluaron las características agromorfológicas y los niveles de resistencia a la sigatoka de estas variedades. Los resultados mostraron que la interacción genotipo X ambiente era significativa para todos los caracteres evaluados. Algunas variedades parecen ser más homeostáticas (CIRAD 925, 938) y otras más plásticas (CIRAD 931).

Palabras Clave: *Musa* spp., Mejoramiento, interacción genotipo-medio ambiente, genética.

ABSTRACT

L'introduction de variétés de bananiers innovantes, tolérantes aux pathogènes avec de bonnes qualités organoleptiques constitue un levier permettant une meilleure résilience aux contraintes climatiques, aux maladies émergentes et une moindre dépendance aux intrants agricoles. Un premier réseau d'évaluation multi-locale en blocs aléatoires complets de 4 variétés développées par le CIRAD comprenant la Martinique, la Guadeloupe et la Réunion a été mis en place. Les caractéristiques agro-morphologiques et niveaux de résistance à la cercosporiose de ces variétés ont été évaluées. Les résultats ont mis en évidence une significativité de l'interaction Genotype X Environnement pour l'ensemble des caractères évalués. Certaines variétés semblent davantage homéostatiques (CIRAD 925, 938) et d'autres plastiques (CIRAD 931).

Mots clés: *Musa* spp., amélioration variétale, interaction Genotype x Environnement, génétique.



INTRODUCTION

La banane (*Musa* spp.) est un aliment de base important et une culture fruitière appréciée dans le monde entier. La banane est actuellement le fruit le plus produit et le plus commercialisé au monde, avec une production mondiale avoisinant les 117 millions de tonnes en 2019 et des exportations estimées à 24 millions de tonnes la même année (FAOSTAT, 2021). Bien que plus de 1 000 variétés de bananes soient produites et consommées localement dans le monde, près de 95 % de la production mondiale repose sur un nombre limité de variétés. Parmi celles-ci, les variétés les plus commercialisées appartiennent au sous-groupe Cavendish et représentent environ 47 % de la production mondiale (Arias et al., 2003). Ce type variétal est le plus commercialisé en raison notamment de sa résistance aux chocs durant le transport vers les pays importateurs, de sa forte productivité et de sa taille (Voora et al., 2020). Cependant ces variétés sont sensibles aux stress biotiques. Ainsi, les cultivars du sous-groupe Cavendish sont particulièrement sensibles à la cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis*), dans une moindre mesure à la cercosporiose jaune (*Mycosphaerella musicola*) (Jones, 2009). Récemment, la découverte d'une nouvelle race particulièrement agressive de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (fusariose du bananier) appelée Foc TR4, constitue une menace majeure à la production mondiale de bananes 'Cavendish' (Buddenhagen, 2009). L'amélioration variétale constitue donc un levier potentiel afin de maintenir la production mondiale de bananes dessert en développant des variétés résistantes aux stress biotiques et abiotiques. L'amélioration variétale par croisements conduite par le CIRAD sur sa plateforme de sélection en Guadeloupe développe des variétés hybrides selon un cahier des charges co-défini avec les partenaires de la production, combinant critères agronomiques, résistance aux maladies et qualité commerciale des fruits pour répondre aux attentes et besoin des marchés locaux, régionaux ou internationaux. La performance d'une variété étant le résultat de l'expression de son génotype dans un environnement donné, il est donc indispensable que les variétés créées et sélectionnées sur une plateforme unique fassent l'objet d'une évaluation multi-locale dans différentes conditions environnementales et sanitaires. Pour cela, il est proposé d'étudier la stabilité de ces variétés avec le modèle AMMI permettant d'analyser les interactions Génotype x Environnement (GxE), en cherchant à répondre à l'interrogation suivante : Des variétés de banane dessert sélectionnées en Guadeloupe possèdent-elles, dans d'autres environnements, les mêmes performances agronomiques et niveaux de résistance aux cercosporioses?

MATERIEL ET METHODES

Dispositif expérimental

Les génotypes de bananiers ont été évalués dans un essai multi local de trois environnements en Guadeloupe Martinique et La Réunion. Ces trois environnements

possèdent des types de sol, altitudes, températures moyennes et pluviométries moyennes différents (Tableau 1).

L'essai a été conduit sur des stations expérimentales du CIRAD. La plantation a eu lieu en octobre 2020 pour la réunion et en juin 2021 pour la Martinique et la Guadeloupe. La fertilisation et l'irrigation sont adaptées en fonction des besoins de chaque site. Aucun traitement phytosanitaire n'est appliqué afin de prendre en compte les différents contextes pathogènes dans la notion d'environnement. Des œilletonnages sont régulièrement réalisés afin d'éliminer les rejets non sélectionnés pour le prochain cycle. De la même façon pour les régimes en maturation, les mains mâles et la « popote » (fleur restante à la fin du régime) sont coupées. Sur la dernière main comportant des « faux-fruits (fruits avortés) le plus gros fruit est sélectionné afin de servir de tire-sève, les autres sont enlevés.

Tableau 1. Caractéristiques des trois environnements en 2021.

Nom de la station	Type de sol	Températures (Moyenne annuelle)	Pluviométrie (moyenne annuelle)	Altitude
Guadeloupe: Station de Neufchâteau	Ferralitique friable (oxysol)	27.4 °C	1.69 mm/j	328 m
Martinique: CAEC	Argileux (ferrisol)	27.73 °C	1.67 mm/j	23 m
La réunion: Station Bassin Plat	Argilo-limoneux (brun andique)	24.61°C	2.29 mm/j	156 m

Les hybrides étudiés appartiennent à *Musa Accuminata*. Trois hybrides du CIRAD (CIRAD 931, CIRAD 938 et CIRAD 925) et la variété du groupe Cavendish 902 ont été plantés selon un dispositif en blocs aléatoires complets répété sur les trois sites. Les parcelles sont entourées d'une bordure constituée de 902 ('Cavendish'). En Guadeloupe, 6 répétitions de chaque variété ont été disposées aléatoirement dans 6 blocs (36 plants /variété). En Martinique, sont présentes 5 répétitions par variété dans 6 blocs (30 plants /variété). A La Réunion, chaque variété est répétée 8 fois au sein de 5 blocs (40 plants/variété) La variété du groupe Cavendish 902 est utilisée en témoin.

Evaluation du rendement et de l'incidence de la cercosporiose noire

Pour chaque plante, les caractères liés aux composantes du rendement ou l'incidence de la cercosporiose noire ont été mesurées au cours d'un cycle de production. Les critères mesurés sont les suivants: le nombre de doigts et la durée d'évolution totale de la cercosporiose. Pour ce qui est de la sensibilité à la cercosporiose noire, durant toute la croissance du bananier des notations régulières sont effectuées jusqu'à la floraison. A La Réunion pour chaque variété 4 bananiers ont été suivis par bloc, en Guadeloupe et Martinique 3. Ces bananiers ont été sélectionnés au stade de rejet selon les critères suivant: plus de sept feuilles vertes et dans l'alignement du rang sans risque de chute du pied-mère sur le rejet. Pour chaque individu, la plus jeune feuille émise présentant au moins dix nécroses de stade six est notée (PJFN). A partir de ces relevés, ainsi que du nombre de feuilles total lors de la notation (feuilles au moins en partie verte = NFT), l'indice de feuilles non nécrosées est calculé (IFNN) comme suit: $IFNN = (PJFN - 1) / NFT \times 100$. Dans le but d'étudier plus précisément le comportement des variétés face aux cercosporioses la durée d'évolution totale (cycle infectieux, DET-N) est calculée selon la formule suivante: $DET_N = PJFN / REF \times 7$ ou le REF est le rythme d'émission foliaire. Le DET-N correspond au nombre de jours jusqu'à production d'ascospores.

Analyse statistique

L'interaction Génotype x Environnement a été plus spécifiquement étudiée à l'aide d'un modèle d'analyse : Additive Main-effects and Multiplicative Interaction (AMMI) (Gauch et al., 2013). Afin de simplifier l'interprétation, des indices calculés à partir des résultats du modèle AMMI ont été utilisés comme l'AMMI Stability Value (ASV) (Purchase 2000). Des scores ASV plus petits indiquent un génotype plus stable à travers les environnements. A partir du rang de leur ASV, et de leur moyenne entre tous les environnements, les génotypes peuvent être classés à l'aide du Genotype Selection Index (GSI). Le GSI permet donc de voir quels génotypes possèdent le meilleur compromis entre performance et stabilité (Farshadfar, 2008). Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel R. 4.1.2, en particulier via les packages « ammiStability » et « metan » .

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Le nombre de doigts est une composante du rendement. Le nombre de doigts varie fortement entre les environnements. Ce résultat est cohérent avec une étude d'Ortiz en 1998. En effet, des différences entre des variétés diploïdes, triploïdes et tétraploïdes avaient été constatées entre trois stations de l'IITA, pour certaines caractéristiques comme le nombre de feuilles, la hauteur, poids de régime et le nombre de mains par régime. Plus récemment, dans un article sur la variation des caractères et la diversité génétique d'une population d'entraînement à la sélection génomique, chez le bananier (Nyine, 2017), la significativité de cette interaction a de nouveau été mise en évidence par une analyse de variance.

D'après les valeurs d'ASV issues du modèle AMMI la variété CIRAD 925 est la plus homéostase pour ce critère, alors que la CIRAD 931 est la plus plastique (Figure 1). En revanche, stabilité et « performance » sont antagonistes. La CIRAD 931 est sensible à l'environnement, mais malgré cette plasticité elle reste la variété avec le nombre le plus élevé de doigts dans tous les environnements, c'est son écart aux autres variétés qui varie. Inversement, la CIRAD 925 est très homéostase mais elle est en 3ème position en termes de nombre moyen de doigts (152), avec presque 100 doigts de moins que la CIRAD 931 (244). La variété CIRAD 925 possède donc le meilleur compromis performance / stabilité (4 = le plus faible) et la CIRAD 938 le moins bon (6).

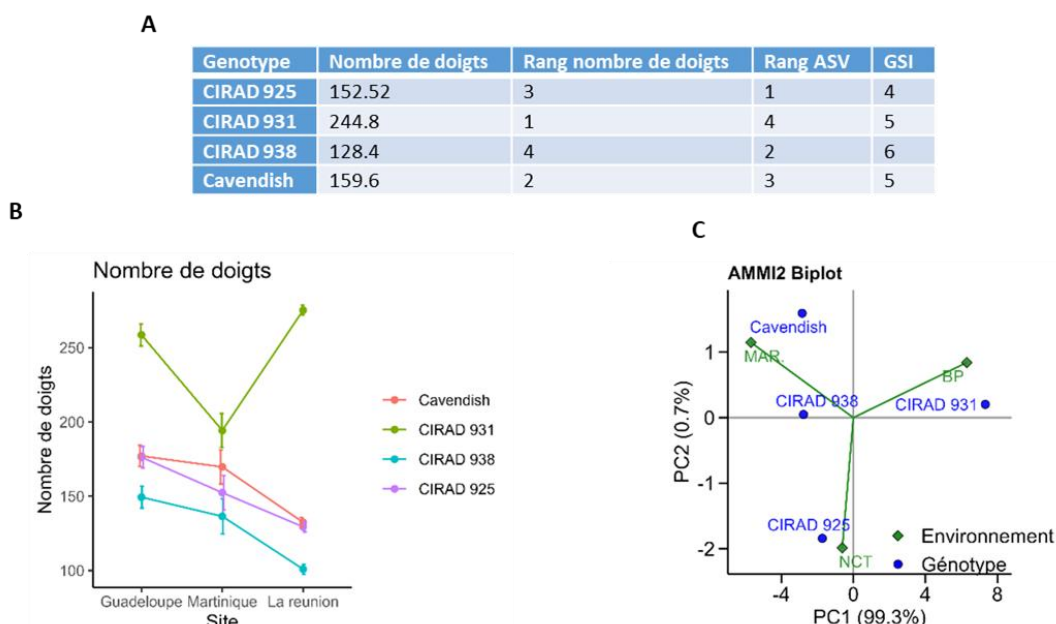


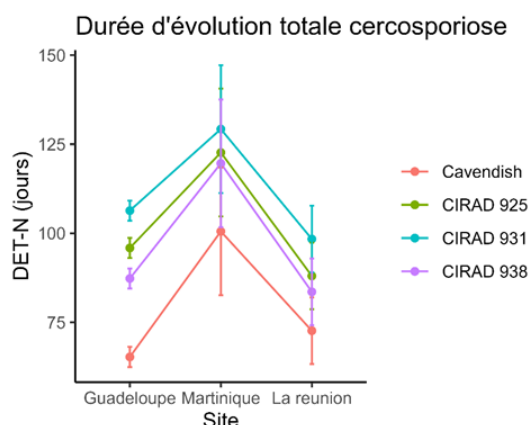
Figure 1. Nombre de doigts A. Valeurs d'ASV et GSI par genotype B. Normes de réaction C. Biplot du modèle AMMI

Le DET-N permet d'étudier plus précisément le comportement des variétés face à la cercosporiose puisqu'il correspond à la durée en jour pour atteindre le stade nécrose. L'interaction GXE de ce caractère est significative et forte. Néanmoins le classement des variétés reste le même quel que soit le site (Figure 2B). En comparaison avec la variété Cavendish témoin sensible, les 3 hybrides du CIRAD montrent une moindre sensibilité. En effet, Le cycle infectieux complet du champignon est plus long chez les hybrides que chez Cavendish (Figure 2A, Figure 2B, Figure 2C). D'après les ASV la variété la plus stable est la 938 et la moins stable la Cavendish (Figure 2A). La variété CIRAD 931 semble posséder la résistance partielle la plus importante avec une durée d'évolution totale de la maladie de 111 jours. La variété CIRAD 931 possède donc le meilleur compromis performance / stabilité (3 = le plus faible) et la Cavendish le moins bon (8).

A

Genotype	DET-N	Rang DET-N	Rang ASV	GSI
CIRAD 925	105.13	2	3	5
CIRAD 931	111.26	1	2	3
CIRAD 938	96.5	3	1	4
Cavendish	78.57	4	4	8

B



C

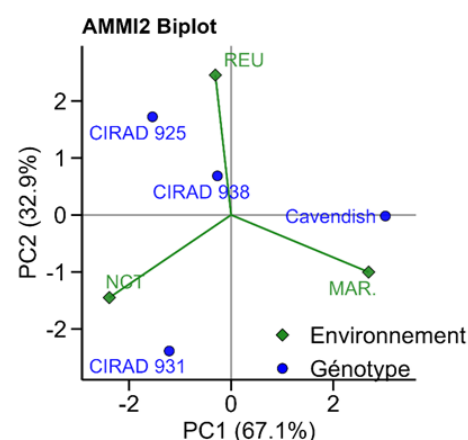


Figure 2. Durée d'évolution totale de la cercosporiose noire A. Valeurs d'ASV et GSI par genotype B. Normes de réaction C. Biplot du modèle AMMI

Comme l'indice GSI représente à la fois la productivité et la stabilité, nous avons décidé de comparer l'indice GSI du nombre de doigts et la sensibilité à la cercosporiose (mesurée par le DET-N) pour chaque variété. Ainsi, les CIRAD 925 et CIRAD 931 ont un bon compromis performance / stabilité pour le nombre de doigt et la cercosporiose a une faible incidence sur eux (Figure 3). Le modèle AMMI a également été utilisé pour analyser la stabilité de 11 génotypes de Coffea arabica (2 lignées pures et 9 nouveaux hybrides F1) entre 4 environnements (Marie et al., 2020). Lors de cette étude,

une comparaison entre le GSI du rendement et l'incidence de la rouille a été réalisée, comme cela a été fait ici entre le GSI du nombre de doigts (composante du rendement) et le DET-N. Dans leur étude en revanche, les géotypes avec une plus faible sensibilité à la rouille n'étaient pas forcément ceux avec les GSI de rendement les plus faibles, donc avec la valeur sélective la plus importante.

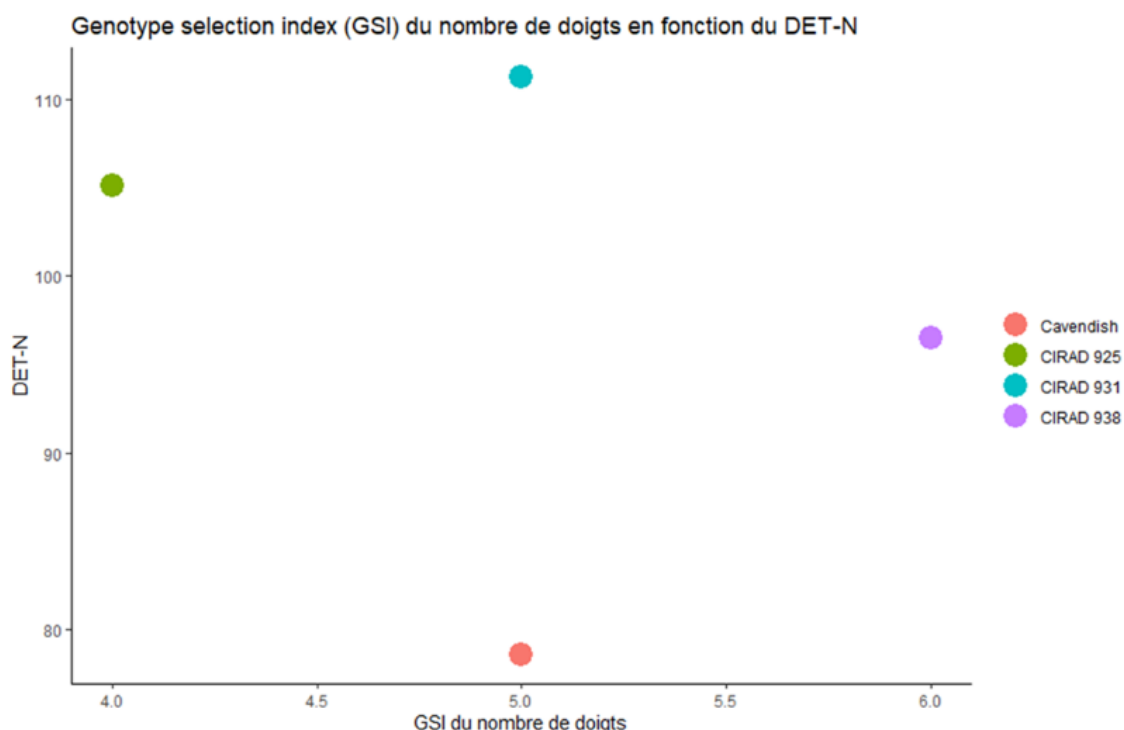


Figure 3. Analyse croisée DET-N moyen X GSI du Nombre de doigts.

CONCLUSIONS

Cette étude a permis de mettre en évidence la forte variabilité des caractères de variétés de bananes dessert créées et sélectionnées en Guadeloupe, dans d'autres environnements. Deux comportements différents des variétés vis-à-vis de la stabilité et de leurs performances moyennes ont été relevés. Ainsi, certaines comme par exemple la variété CIRAD 925 possèdent des caractéristiques plutôt stables entre les environnements, avec des performances moyennes. Inversement, d'autres variétés comme la CIRAD 931 ont des phénotypes fortement variables entre les sites et sont plutôt plastiques, mais sont très performantes dans certains environnements.

RÉFÉRENCES

1. Arias P, Dankers C, Liu P, Pilkauskas P (2003). The world banana economy. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
2. Buddenhagen, I., 2009. Understanding strain diversity in *Fusarium oxysporum* f. Sp. *cubense* and history of introduction of « tropical race 4 » to better manage banana production. Acta Horticulturae. mai 2009. N° 828, pp. 193 204. DOI 10.17660/ActaHortic.2009.828.19.
3. FARSHADFAR, Ezatollah, 2008. Incorporation of AMMI Stability Value and Grain Yield in a Single Non-Parametric Index (GSI) in Bread Wheat. 2008.
4. GAUCH JR., Hugh G., 2013. A Simple Protocol for AMMI Analysis of Yield Trials. Crop Science. 2013. Vol. 53, n° 5, pp. 1860 1869. DOI 10.2135/cropsci2013.04.0241.
5. JONES, D.R., 2009. Disease and pest constraints to banana production. Acta Horticulturae. mai 2009. N° 828, pp. 21 36. DOI 10.17660/ActaHortic.2009.828.1.
6. Marie, Lison, Abdallah, Cécile, Campa, Claudine, Courtel, Philippe, Bordeaux, Mélanie, Navarini, Luciano, Lonzarich, Valentina, Bosselmann, Aske Skovmand, Turreira-García, Nerea, Alpizar, Edgardo, Georget, Frédéric, Breitler, Jean-Christophe, Etienne, Hervé et Bertrand, Benoît, 2020. G × E interactions on yield and quality in Coffea arabica: new F1 hybrids outperform American cultivars. Euphytica. 20 avril 2020. Vol. 216, n° 5, pp. 78. DOI 10.1007/s10681-020-02608-8.
7. Ortiz, 1998. Genotype-by-Environment Interaction and Testing Environments for Plantain and Banana (*Musa* spp. L.) Breeding in West Africa. 1998.
8. Purchase, J. L., Hatting, Hesta et Van Deventer, C. S., 2000. Genotype × environment interaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in South Africa: II. Stability analysis of yield performance. South African Journal of Plant and Soil. 1 janvier 2000. Vol. 17, n° 3, pp. 101 107. DOI 10.1080/02571862.2000.10634878.
9. Voora, Larrea et Bermudez, 2020. Global Market Report: Bananas. 2020..