

Proposition de thèse

Titre : Décrypter les mécanismes du brunissement post-récolte chez la banane pour accompagner la transition vers des variétés agroécologiques performantes

Une approche multi-échelle pour révéler les mécanismes contrôlant le brunissement et la qualité fonctionnelle du fruit

Acronyme BANA + : Développer des bananiers résistants et apporter des solutions concrètes aux producteurs français de bananes et aux acteurs de la filière

Contexte scientifique



Le développement de systèmes de production agroécologiques à base de bananiers mobilise plusieurs leviers, dont l'intégration de variétés naturellement tolérantes aux pathogènes et aux bioagresseurs. Cependant, le déploiement de ces nouvelles ressources variétales est limité par une connaissance encore insuffisante de leurs performances en termes de qualité post-récolte du fruit, notamment son aptitude à la commercialisation pour répondre aux exigences du marché de la banane dessert.

Dans la filière, les pertes économiques sont en effet fortement liées aux altérations physiologiques apparaissant lors de la récolte, du transport et de la commercialisation. Parmi les défauts les plus pénalisants figurent les éclatements, la frisure, le dégrain, ainsi que les brunissements consécutifs aux chocs et aux manipulations. Ces défauts, souvent dépendants du stade de maturation et de la variété, constituent un frein majeur à la valorisation commerciale de variétés alternatives plus adaptées aux systèmes de production durables.

Le brunissement des tissus externes du fruit apparaît notamment comme une conséquence d'une perte progressive de cohésion cellulaire induite par la maturation et exacerbée par les contraintes mécaniques (choc ou frottement). Cette fragilisation résulte de modifications profondes incluant des processus oxydatifs et la rupture de l'intégrité tissulaire qui favorise alors le contact entre enzymes oxydatives et substrats phénoliques (Queiroz et al., 2008), ainsi que l'oxydation de composés antioxydants (Meitha et al., 2020) conduisant à la formation de pigments bruns responsables du déclassement commercial des fruits.

Bien que les processus physiologiques impliqués dans la maturation et la sénescence de la banane soient relativement documentés, **les mécanismes déterminant la sensibilité ou la résistance des variétés aux altérations post-récolte restent encore largement inconnus.**

Verrou scientifique et enjeu

Les premières connaissances sur les métabolites associés aux critères de qualité fonctionnelle de la banane ont récemment été obtenues grâce à une approche métabolomique menée sur des tissus présentant des altérations physiologiques (Arési, 2026). Toutefois, aucune étude n'a jusqu'à présent intégré l'analyse dynamique des flux métaboliques et la caractérisation fine des modifications structurales des tissus au cours de la maturation afin d'identifier les mécanismes conférant une meilleure résistance aux stress mécaniques et aux phénomènes de brunissement.

Comprendre les déterminants métaboliques, cellulaires et structuraux associés à la robustesse du fruit représente donc un enjeu majeur pour :

- développer des solutions post-récolte adaptées aux nouvelles variétés ;
- améliorer les critères de sélection dans les programmes d'amélioration variétale du bananier ;
- accompagner la transition vers des systèmes de production plus durables.

Objectifs et démarche scientifique

Cette thèse vise à identifier les mécanismes biologiques associés à la résistance aux altérations physiologiques de la banane en combinant une approche intégrative du métabolisme et de la structure des tissus externes du fruit.

Cet objectif se décline en sous-objectifs opérationnels :

- 1) **Analyse comparative de l'évolution au cours de la maturation des métabolites impliqués dans les meurtrissures et le brunissement de manipulation de variétés ayant des traits de qualité fonctionnelle contrastés.** Une première approche consistera à réaliser une analyse comparative de variétés sensibles et résistantes aux brunissements et aux stress mécaniques, à différents stades de maturation. L'objectif sera d'identifier les signatures métaboliques associées à la tolérance, ainsi que les voies biochimiques impliquées dans la régulation de la réponse du fruit. Cette stratégie s'appuiera notamment sur les connaissances acquises dans d'autres modèles fruitiers (Park et al., 2026; Di Guardo et al., 2013 ; Wang et al., 2021) concernant le rôle du métabolisme cuticulaire, des composés phénoliques et des systèmes antioxydants dans la maîtrise du brunissement.
- 2) **Analyse comparative de l'organisation structurale du péricarpe des variétés résistantes et sensibles au brunissement dans différentes conditions de conservation.** Cette étude mobilisera des approches de microscopie couplée à l'analyse d'images, ainsi que des analyses biochimiques, spectroscopiques et d'imagerie par spectrométrie de masse des constituants du péricarpe. L'objectif étant de mieux caractériser les assises cellulaires et notamment les cires et le continuum paroi-cuticule de l'épiderme à l'origine de cracks en surface et des brunissements.
- 3) **Caractérisations thermo-mécaniques des matrices lipidiques et polysaccharidiques,** afin de relier les propriétés physiques des tissus à leur sensibilité aux contraintes mécaniques.

Originalité et perspectives

Cette approche multidisciplinaire permettra pour la première fois de relier les changements métaboliques, structuraux et mécaniques du fruit au cours de la maturation afin d'identifier les facteurs déterminant sa robustesse. Les résultats attendus contribueront à proposer de nouveaux marqueurs de sélection pour l'amélioration variétale du bananier et à concevoir des stratégies innovantes pour réduire les pertes post-récolte dans une perspective de production agroécologique.

Laboratoires d'accueil

La thèse s'effectuera dans le cadre d'une collaboration entre l'UMR Qualisud (site La Réunion <https://www.banaplus.org/sites/reunion> ; site Guadeloupe <https://www.banaplus.org/sites/antilles>) et le laboratoire UR BIA (Nantes) <https://ur-bia.angers-nantes.hub.inrae.fr/>. Le/la doctorant.e sera basé.e à la Réunion et nécessitera déplacements à BIA et en Guadeloupe.

Financement : projet PARSADA BANA+ (acquis) <https://umr-qualisud.cirad.fr/principaux-projets/bana-acceler-le-developpement-de-varietes-de-bananiers-resistants-aux-maladies-fongiques-pour-reduire-l-usage-des-pesticides-aux-antilles-et-dans-les-autres-droms>

Compétences scientifiques et techniques

Nous recherchons des candidat(e)s titulaires d'un Master 2 ou d'un diplôme équivalent dans les domaines de la **biologie végétale**, ou de la **biochimie**. Le ou la candidat(e) devra montrer un intérêt pour les recherches interdisciplinaires à l'interface entre sciences du végétal, et de la Biochimie. **Une expérience en travail sur matériel végétal, microscopie, analyse d'images, caractérisation mécanique des matériaux ou analyses statistiques sera appréciée.** De bonnes capacités d'organisation, de communication scientifique et d'interaction avec des partenaires de culture scientifiques différentes sont attendues. Une bonne maîtrise de l'anglais est requise ; la connaissance du français constituera un atout.

Contacts pour candidater

Joindre CV, lettre, et coordonnée de personnes référentes

Mathieu LECHAUDEL mathieu.lechaudel@cirad.fr

Bénédicte BAKAN benedicte.bakan@inrae.fr

Anne-Laure CHATEIGNER-BOUTIN anne-laure.chateigner-boutin@inrae.fr

Bastien BARRAL bastien.barral@cirad.fr

Début de la thèse oct - nov 2026

Candidatures ouvertes jusqu'au 20 Août 2026

PRINCIPALES PUBLICATIONS DES ENCADRANT.E.S SUR LE SUJET

- Barral B., Chillet M., **Lechaudel M.**, Lugan R., Galindo S. 2019. Coumaroyl-isocitric and caffeoyl-isocitric acids as markers of pineapple fruitlet core rot disease. *Fruits*, 74 (1): 11-17.
- Biabiany S., Araou E., Cormier F., Martin G., Carreel F., Hervouet C., Salmon F., Efile J-C, Lopez-Lauri F., D'Hont A., **Léchaudel M.**, Ricci S. 2022. Detection of dynamic QTLs for traits related to organoleptic quality during banana ripening. *Scientia Horticulturae*, 293 110690.. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110690>
- **Lechaudel M.**, Darnaudery M., Joet T., Fournier P., Joas J. 2018. Genotypic and environmental effects on the level of ascorbic acid, phenolic compounds and related gene expression during pineapple fruit development and ripening. *Plant Physiology and Biochemistry*, 130:127-138.
- Hélène Rogniaux, Claire Mayer-Laigle, Alessia Melelli, Reine Barbar, Marie-Joo Le Guen, Stefan Hill, Hayden Thomas, Pierre Ouagne, Baptiste Buet, Bastien Annic, Isabelle Capron, **Bénédicté Bakan**, Estelle Bonnin, **Anne-Laure Chateigner-Boutin**, Mathilde Francin-Allami, Axelle Boudier, Lèna Brionne, Lucie Le Bot, Sofiane Guessasma, David Ropartz, Johnny Beaugrand (2026) Multicriteria physico-chemical analysis of flax technical fibres from drought-stressed plants: a case study highlighting plant compensatory responses. *Industrial Crops and Products* 246:123399 DOI: 10.1016/j.indcrop.2026.123399
- Nicolas Reynoud, Johann Petit, Cécile Bres, Marc Lahaye, Christophe Rothan, Didier Marion, **Bénédicté Bakan**. The Complex Architecture of Plant Cuticles and Its Relation to Multiple Biological Functions. *Frontiers in Plant Science*, 2021, 12, <https://dx.doi.org/10.3389/fpls.2021.782773>.
- **Anne-Laure Chateigner-Boutin**, Fabienne Guillon, and Marie-Francoise Devaux (2025). Exploring the structural variability in developing wheat grains using autofluorescence multispectral imaging at the macroscopic scale. *Front. Plant Sci.* 16:1580426. doi: 10.3389/fpls.2025.1580426

References en lien avec le sujet

Arési M. 2026. Thèse en cours sur « Identifier les déterminants des critères de qualité limitant la commercialisation des nouvelles variétés de bananes par une approche combinant génétique et métabolomique » UMR QualiSud

Amnuaysin N., Seraypheap K., Kidyoo M. 2012. Anatomical Changes in Peel Structure of 'Hom Thong' Banana during Fruit Development and Ripening. *Tropical Natural History*. 12(2) : 127-136. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tnh/article/view/103043>.

Asif, M.H., Lakhwani, D., Pathak, S. et al. 2014. Transcriptome analysis of ripe and unripe fruit tissue of banana identifies major metabolic networks involved in fruit ripening process. *BMC Plant Biology*. 14 : 316. <https://doi.org/10.1186/s12870-014-0316-1>.

Di Guardo M., Tadiello A., Farneti B., Lorenz G., Masuero D., et al. 2013. A Multidisciplinary Approach Providing New Insight into Fruit Flesh Browning Physiology in Apple (*Malus x domestica* Borkh.). PLoS ONE. 8(10): e78004. doi:10.1371/journal.pone.0078004.

Meitha K., Pramesti Y., Suhandono S. 2020. Reactive Oxygen Species and Antioxidants in Postharvest Vegetables and Fruits, International Journal of Food Science. 2020 : ID 8817778, 11 pages. <https://doi.org/10.1155/2020/8817778>.

Park M.-H., Ko T.-Y., Ku K.-M., Ran Do K., Kang S.-M., Lee J., et al. 2026. Cultivar-dependent peel browning in oriental melon is associated with surface protection and stress response regulation during storage. Postharvest Biology and Technology, 235, 114228. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2026.114228>

Queiroz C., Mendes Lopes M. L., Fialho E., Valente-Mesquita V. L. 2008. Polyphenol Oxidase: Characteristics and Mechanisms of Browning Control, Food Reviews International. 24 (4) : 361-375. DOI: 10.1080/87559120802089332.

Ramírez-Sánchez M., Huber D.J., Vallejos C.E. and Kelley K. 2018. Physiological, molecular and ultrastructural analyses during ripening and over-ripening of banana (*Musa* spp., AAA group, Cavendish sub-group) fruit suggest characteristics of programmed cell death. J. Sci. Food Agric, 98: 609-617. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8505>

Wang, H., Wang, S., Fan, MM. et al. 2021. Metabolomic insights into the browning of the peel of bagging 'Rui Xue' apple fruit. BMC Plant Biology. 21 : 209. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02974-y>.