



**HAL**  
open science

# Etude de l'impact d'une fertilisation potassique sur les caractéristiques physico-chimiques de la banane dessert au cours de sa croissance et à maturité

Géraldine Le Mire

► **To cite this version:**

Géraldine Le Mire. Etude de l'impact d'une fertilisation potassique sur les caractéristiques physico-chimiques de la banane dessert au cours de sa croissance et à maturité. Sciences de l'environnement. 2012. hal-02093805

**HAL Id: hal-02093805**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-02093805>**

Submitted on 9 Apr 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**Master FAGE**

**Biologie et Ecologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement  
Spécialisation Biologie des Interactions Plante-Environnement**

Année Universitaire 2011-2012

**Etude de l'impact d'une fertilisation potassique sur les  
caractéristiques physico-chimiques de la banane dessert au  
cours de sa croissance et à maturité**

**Géraldine LE MIRE**

**Mémoire de stage de fin d'études**

**Soutenu à Nancy, le 04/09/2012**

Sous la direction de Christophe Bugaud (Chercheur) du 05/03/2012 au 24/08/2012

Tuteur universitaire : Emile Bénizri (Professeur INPL/ENSAIA)

Laboratoire CIRAD Martinique  
Quartier Petit-Morne 97285 Le Lamentin Cedex

## **Tables des matières**

Table des illustrations .....	3
Liste des abréviations .....	4
Remerciements .....	5
Brève présentation de l'organisme d'accueil.....	6
Introduction.....	7
Partie I: Le bananier et sa culture .....	8
1.    Présentation générale du bananier .....	8
2.    La filière bananière aux Antilles .....	9
Partie II : Qualité de la banane .....	10
1.    Qualité sensorielle .....	10
2.    Qualité nutritionnelle .....	11
3.    Rendement .....	11
Partie III : Effet de l'environnement : cas de la fertilisation potassique .....	11
Partie IV : Objectifs de l'étude .....	12
Partie V : Matériel et Méthodes.....	13
1.    Conditions expérimentales .....	13
2.    Matériel végétal.....	13
3.    Méthodologie .....	14
4.    Prélèvements et préparation des échantillons .....	15
5.    Analyses de sol et de feuilles .....	15
6.    Analyses statistiques.....	15
Partie VI : Résultats .....	16
1.    Analyses de feuilles et de sols .....	16
2.    Résultats du suivi croissance .....	17
3.    Résultats du suivi maturation .....	20
Partie VII: Discussion .....	21
Conclusion .....	22
Références bibliographiques.....	23
Annexe 1.....	26
Annexe 2.....	27
Annexe 3.....	28
Annexe 4.....	29
Annexe 5.....	30
Résumé.....	

## **Table des illustrations**

### **PHOTOGRAPHIES**

Photographie 1. Le Pôle de Recherche Agroenvironnementale de la Martinique (PRAM) ..... 6

### **GRAPHES**

Graph 1. Poids frais des bananes au cours de leur croissance en relation avec les jours après floraison (IFC) .....	18
Graph 2. Fermeté des bananes en maturation aux jours J6, J9 et J13 après gazage, en relation avec la variété et le traitement .....	18
Graph 3. pH des bananes au cours de leur croissance en relation avec l'IFC .....	18
Graph 4. Acidité titrable des bananes au cours de leur croissance en relation avec l'IFC.....	18
Graph 5. pH des bananes au cours de leur maturation en relation avec les jours après gazage .....	18
Graph 6. Acidité titrable des bananes au cours de leur maturation en relation avec les jours après gazage.....	18
Graph 7. Prédiction de la saveur acide par l'acidité titrable (AT) et le pH.....	26
Graph 8. Prédiction de la saveur sucrée par la teneur en matière sèche (TMS), l'extrait sec soluble (brix) et l'acidité titrable (AT) .....	26
Graph 9. Prédiction de la fermeté par la teneur en matière sèche (TMS) et l'acidité titrable (AT).....	26
Graph 10. Teneur en matière sèche des bananes au cours de leur croissance et de leur maturation en relation avec les jours après floraison, et après gazage.....	28
Graph 11. Teneurs en potassium (K) et en calcium (Ca) des bananes au cours de leur croissance. ....	28

### **TABLEAUX**

Tableau 1. Caractéristiques des 3 variétés de bananes sélectionnées pour l'essai.....	13
Tableau 2. Zéro physiologique et IFJ des trois variétés.....	14
Tableau 3. Dispositif expérimental.....	15
Tableau 4. Résultats des analyses de sol réalisées en Mai 2012.....	17
Tableau 5. Résultats des analyses de feuilles réalisées en Mai 2012.....	17
Tableau 6. Analyse du poids frais du fruit au cours de la croissance en relation avec l'IFC, la variété et le traitement par GLMM. ....	19
Tableau 7. Ensemble des analyses réalisées sur les fruits au cours des suivis croissance et maturation .....	27
Tableau 8. Analyse de la teneur en matière fraîche du fruit au cours de la croissance en relation avec l'IFC, la variété et le traitement par GLMM. ....	29
Tableau 9. Analyse de l'acidité titrable du fruit au cours de la croissance en relation avec l'IFC, la variété et le traitement par GLMM.....	29
Tableau 10. Analyse du pH du fruit au cours de la croissance en relation avec l'IFC, la variété et le traitement par GLMM. ....	29
Tableau 11. Analyse de la teneur en matière fraîche des fruits en maturation en relation avec les jours après gazage, la variété et le traitement par GLMM. ....	30
Tableau 12. Analyse de la fermeté de la pulpe des fruits en maturation en relation avec les jours après gazage, la variété et le traitement par GLMM. ....	30
Tableau 13. Analyse de l'acidité titrable des fruits en maturation en relation avec les jours après gazage, la variété et le traitement par GLMM. ....	30

## **Liste des abréviations**

AIC : Akaike Information Criterion

AT : Acidité titrable

Ca : calcium

Cl : chlore

Cemagref : Institut français de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement.

Cirad : centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.

DAP : Di-ammonium Phosphate

DVV : Durée de Vie Verte

°C : degré Celsius

DJ : degré jour

Fe : fer

g : gramme

GLMM : Generalized linear mixed-effects models

IDN : variété Indonésia

IFC : Intervalle Fleur-Coupe

IRD : Institut de recherche pour le développement

IFJ : Intervalle Floraison-Jaunissement

JB : Variété Pisang Jari Buaya

K : potassium

kg : kilogramme

meq : milléquivalents

mg : milligramme

Mg : magnésium

MS : matière sèche

N : azote

N : Newton

p. : page

P : phosphore

ppm : partie par million

PF : poids frais

PL : variété Pisang Lilin

PS : poids sec

% : pourcent

PRAM : Pôle de recherche agronomique environnementale de la martinique

SOK : Sulfate de potassium

s : secondes

S/P : rapport sources sur puits

TMS : teneur en matière sèche

## **Remerciement**

J'adresse mes remerciements à l'ensemble de l'équipe Qualité Post-récolte qui m'a accueillie pendant ces 6 mois de stage, et à toutes les personnes qui ont contribué de près, comme de loin, à la réalisation de cette étude.

Je remercie Christophe Bugaud, mon maître de stage, pour sa disponibilité et pour l'aide qu'il m'a apportée.

Merci à Audrey Etienne pour sa patience, ses conseils avisés et son appui, sur le terrain comme en laboratoire.

Merci à Gina Ocrisse et Marie-Odette Daribo pour leur aide.

Et finalement, merci à mes collègues stagiaires, Marielle Nonone, Earvin et Marie-Jeannisse, sans qui ce stage n'aurait pas eu tout à fait la même saveur.

## Présentation de l'organisme d'accueil

Le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) est un organisme public français qui répond aux enjeux internationaux de l'agriculture et du développement, principalement dans les pays du Sud.

Créé sous la forme d'un établissement public à caractère industriel et commercial en 1984, il a pour objectif de :

- Créer et améliorer de nouvelles variétés de fruits et légumes
- Contribuer et promouvoir le développement durable dans les pays tropicaux et subtropicaux par des recherches
- Diversifier les productions et améliorer les produits
- Satisfaire les besoins des agriculteurs et des consommateurs.

Le CIRAD est représenté en Martinique par le Pôle de Recherche Agroenvironnementale de la Martinique (PRAM) qui regroupe trois établissements publics intervenant dans le domaine de la recherche et du développement agricole de l'île pour une agriculture diversifiée et durable : Le CIRAD, l'IRD (Institut de recherche pour le développement) et le CEMAGREF (Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement).



Photographie 1. Le Pôle de Recherche Agroenvironnementale de la Martinique (PRAM)

Les domaines d'interventions du CIRAD en Martinique sont ciblés sur la banane, l'ananas, l'arboriculture fruitière, le maraîchage et l'agriculture biologique. Le PRAM présente différentes équipes scientifiques qui interviennent dans des secteurs d'activité tels que la pédologie, la phytopathologie, la nématologie, la biochimie et la physiologie des fruits post-récolte.

Cette étude est réalisée au sein du laboratoire Qualité Post-Récolte. Il est dévolu à l'étude du déterminisme de la qualité sensorielle et nutritionnelle de la banane dessert sur de nouvelles variétés issues du programme d'amélioration génétique, et des cultivars traditionnels. Il a pour objectif global une amélioration de la qualité de la banane antillaise tant sur le plan économique que écologique.

## **Introduction**

La filière bananière occupe une place majeure aux Antilles en termes de surfaces agricoles, de nombre d'exploitations, d'emplois générés et de volume des activités. La production est commercialisée à 100% au sein de l'Union européenne (Loeillet, 2008). Cette filière doit cependant faire face à différents enjeux à l'heure actuelle, notamment à une concurrence importante de la part de pays d'Amérique Latine, aux coûts de production moins élevés. Par ailleurs, cette production d'exportation est basée sur une seule variété : la Cavendish. Le monopole du marché mondial par cette variété soulève des problèmes environnementaux et de santé publique considérables. Les plantations antillaises sont le siège d'une forte pression parasitaire, principalement les cercosporioses jaune et noire, maladies fongiques foliaires les plus répandues aux Antilles. En impactant fortement la productivité, ces maladies obligent les agriculteurs à l'application régulière de traitements chimiques lourds par voie aérienne, réalisés par dérogation (Lassois et al., 2009 ; Carré et al., 2011).

Dans ce contexte difficile, la segmentation du marché avec l'apport de nouvelles variétés aux qualités améliorées et donc à forte valeur ajoutée rendrait plus attractive l'offre de ces produits et permettrait aux productions Antillaises de se différencier sur un créneau plus qualitatif, en termes sensoriel et nutritionnel acceptables par les partenaires de la filière et les consommateurs. La voie de la recherche et de l'innovation est ainsi privilégiée.

Le CIRAD a lancé un programme de création variétale sélectionnant de nouvelles variétés de banane dessert capables de résister aux maladies (Abadie et al., 2009) tout en présentant des qualités gustatives et sensorielles différentes à la variété standard (Bugaud et al., 2011). Le développement de ces variétés dans différents contextes de production (altitude, types de sol) et de marché (local ou d'export) exige l'étude de diverses combinaisons de facteurs génotypiques, environnementaux et de pratiques culturales. Une meilleure connaissance des relations « génotype\*milieu\*conduite » permettra ainsi de sélectionner les combinaisons les plus intéressantes en terme de qualité gustative.

En terme de diversité sensorielle, la banane se caractérise par son goût (sucré, acide), sa texture (fondante, ferme) et ses arômes (Bugaud et al., 2011). Une récente étude multi-variétale révèle l'existence d'une grande variabilité en termes de goût sucré et acide, caractéristiques organoleptiques majeures de la banane (Bugaud et al., 2011). Une autre étude a également fait ressortir l'importance des paramètres d'acidité (pH, acidité titrable) sur la perception des saveurs sucrées et acides du fruit (Bugaud et al., 2012b).

Concernant les facteurs environnementaux, l'importance de la période et du lieu de production sur la teneur en matière sèche, les concentrations en sucres et acides et la fermeté des fruits ont pu être mis en évidence sur un cultivar, la Cavendish (Bugaud et al., 2006, 2007, 2009b). Les facteurs variétaux et environnementaux jouent ainsi un rôle important sur la qualité de la banane. Les interactions éventuelles entre ces facteurs sont également soumises à étude.

En termes de modes de conduite, la fertilisation potassique s'avère particulièrement intéressante du fait de son importance dans la nutrition de la plante et des résultats observés quant à son rôle sur la qualité des fruits. Ce minéral semble jouer un rôle majeur dans l'accumulation des acides organiques, en particulier du malate (Souty et al., 1967; Lobit, 1999; Berüter, 2004). Une fertilisation potassique pourrait donc jouer un rôle tout aussi intéressant dans la banane, dans une combinaison « génotype\*milieu\*conduite » donnée.

L'objectif de cette étude est d'observer les effets de la disponibilité potassique sur certaines caractéristiques physicochimiques de la banane, indicateurs de sa qualité, au cours de sa croissance et de sa maturation.

## **Partie I. Le bananier et sa culture**

### **1. Présentation générale du bananier**

Originaire du Sud-est asiatique, la banane a subi des sélections progressives par les agriculteurs permettant sa métamorphose en un fruit dépourvu de graines et rempli de pulpe. Le Bananier est une herbacée pérenne du groupe des monocotylédones appartenant à la famille des Musacées. La banane occupe actuellement le premier rang dans la production fruitière mondiale, avec plus de 100 millions de tonnes de bananes dessert vendues en 2010 (FAOSTAT, 2010). En termes de valeur de production, le bananier se situe au 4ème rang des plantes alimentaires d'importance au niveau mondial, après le riz, le blé et le maïs. Il s'agit ainsi d'une culture vivrière cruciale dans les pays tropicaux.

#### **a. Croissance**

Le bananier pousse préférentiellement dans des régions où la température avoisine les 27°C et où la pluviométrie annuelle est comprise entre 2000 et 2500mm. En tant que fruit parthénocarpique, le seul moyen de survie de la plante repose sur la multiplication végétative via l'enracinement des ramifications latérales de la plante mère. La floraison se produit 6 à 7 mois après la plantation. Le régime de banane trouve sa forme définitive une fois les fleurs apparues, et la récolte intervient 2.5 à 4 mois après la floraison suivant les conditions climatiques (Lassoudière, 2007).

#### **b. Besoins**

En termes de nutrition minérale, la croissance de la plante n'est possible que si les besoins importants en azote et en potassium sont satisfaits. Les besoins en autres éléments minéraux sont faibles mais stricts (Lassoudière, 2007). Le potassium (K) joue un rôle majeur dans la pression osmotique, impliquée dans le contrôle de la transpiration. Son absorption par la plante s'avère maximale lors de la phase d'initiation florale et de montée de l'inflorescence dans le faux tronc. Un stockage important est possible dans le système foliaire, autorisant une certaine latitude des apports en K par la fertilisation.

Alors que le mécanisme d'absorption de l'azote (N), du phosphore (P) et du soufre (S) demeurent relativement indépendants, celui de cations tels que le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le potassium (K) relève d'un haut degré d'interchangeabilité. L'optimum physiologique du bananier dépend en effet du respect de certains équilibres entre éléments minéraux et plus particulièrement l'équilibre des charges cationiques (Hopkins, 2003). Il existe un antagonisme très important entre K et Mg, et entre K et Ca (Lassoudière, 2007).

Toutes carences minérales s'accompagnent généralement d'une diminution du rendement et de la qualité du fruit. Des carences azotées entraînent ainsi un ralentissement de la croissance et impactent fortement le rendement. Dans le cas du potassium, un jaunissement rapide se produit sur les feuilles les plus âgées et une carence aura une incidence non négligeable sur le remplissage des fruits (Lassoudière, 2007).

### c. Récolte et maturation

Les bananes sont récoltées avant leur pleine maturité alors qu'elles sont encore vertes et dures, au moment où elles présentent une taille suffisante pour leur mise sur le marché et une moins grande fragilité que les bananes mûres lors du transport.

L'utilisation des sommes thermiques permet de déterminer la date optimale de récolte, compte tenu de la date de floraison, des conditions thermiques et de la variété (Umber, 2011). Le laps de temps entre la floraison et la récolte d'un régime, appelé Intervalle Fleur-Coupe (IFC), s'exprime en somme de degrés jours (°.j). Cet IFC est calculé à partir d'une température seuil, aussi appelé zéro physiologique. Pour la Cavendish, cette température seuil est de 14°C (Ganry and Meyer, 1975). Un IFC de 900°.j assure une taille du fruit et une Durée de Vie Verte (DVV) suffisantes pour satisfaire aux exigences de transport et de commercialisation de la banane d'export (Jullien, 2000). La DVV correspond à l'intervalle entre la coupe et le mûrissement naturel de la banane. Il s'agit d'une caractéristique post-récolte majeure définissant la capacité du fruit à se conserver pendant le transport.

La banane est un fruit climactérique. Le passage de l'état immature à l'état mûr est donc caractérisé par l'augmentation de la respiration du fruit et par un pic d'émission d'éthylène déclenchant son murissage et celui de ses voisines. Le mûrissement se fait soit naturellement à température ambiante pour la consommation et les marchés locaux, soit artificiellement dans des mûrisseries industrielles pour le marché d'export. L'éthylène est ainsi utilisé comme catalyseur pour déclencher l'évolution climactérique (Lassois et al., 2009)

## 2. La filière bananière aux Antilles

La Martinique a produit près de 192 000 Tonnes de banane en 2010 (FAOSTAT, 2010) et ce sont près de 260 000 tonnes de bananes antillaises qui sont exportées en direction de l'Union Européenne chaque année.

La filière doit faire face aux cercosporioses du bananier dues à deux champignons ascomycètes apparentés : *Mycosphaerella fijiensis*, agent de la maladie des raies noires (MRN) ou cercosporiose noire, et *M.muscolola*, agent de la maladie de Sigatoka (MS) ou cercosporiose jaune. Cette maladie s'avère fortement nuisible au rendement et entraîne un murissement accéléré des régimes de bananes, compromettant leur exportation.

Outre des enjeux biologiques, la banane des Antilles doit faire face à une importante concurrence sur le plan économique. Les trois-quarts des bananes consommées dans l'Union Européenne proviennent d'Amérique Latine. Depuis 1970, les exportations ont plus que triplées et sont issues à 83% de cinq pays : l'Equateur, la Colombie, le Costa Rica, le Guatemala, et les Philippines (Lassoudière, 2007).

Face à de tels enjeux, la filière bananière antillaise doit ainsi s'affirmer sur les marchés en segmentant son offre. La recherche s'avère ainsi d'une grande importance aux Antilles et permet l'amélioration de la productivité, des rendements, du degré de résistance des bananes face aux maladies et aux ravageurs ainsi qu'à la réduction de la dépendance vis-à-vis des fongicides et des pesticides.

Il s'agit de proposer de nouvelles variétés de bananes alliant à la fois qualités sensorielles et résistances aux principales maladies et ravageurs, permettant à la filière bananière Antillaise de diversifier sa production tout en assurant une agriculture plus respectueuse de l'environnement.

## Partie II. Qualité de la banane

Les différentes qualités requises de la banane reposent sur ses qualités visuelles (couleur, taille, forme), technologiques (aptitude au transport), commerciales (rendement), sensorielles et nutritionnelles. Ces deux dernières qualités sont déterminantes pour l'avenir d'une variété de banane sur le marché.

### 1. Diversité sensorielle

D'après une récente étude (Bugaud et al., 2011), il existe des différences notables de qualité sensorielle entre variétés de banane, les critères les plus discriminants correspondant à leur goût sucré et acide, et à leur fermeté. Des conclusions identiques ont été obtenues sur d'autres fruits (Pêches et nectarines : Moreau-Rio et al., 1995 ; ananas : Saradhulat and Paull, 2007). Le rapport sucres/acides contribue à donner une saveur caractéristique au fruit. Ce ratio constitue ainsi un indicateur de maturité commerciale et de consommation. Différents indicateurs de qualité permettent de définir la qualité sensorielle du fruit.

#### a. Indicateurs des saveurs sucrées et acides

Le goût « acide » est fortement corrélé à l'acidité titrable (AT) et au pH (Annexe 1, Graph 7). Le goût sucré est corrélé à ces mêmes paramètres d'acidité, et également au Brix qui est un indicateur de l'extrait sec soluble (Annexe 1, Graph 8) (Bugaud et al., 2012b). Ces indicateurs chimiques sont les déterminants les plus importants de la qualité organoleptique de la banane.

L'acidité titrable (AT) correspond à la quantité de fonctions acides qui ne sont pas salifiées par les cations, soit la différence entre l'acidité totale et la quantité de cations salifiant (Ulrich, 1970). Il s'agit ainsi de la quantité de protons liés à des acides et pouvant être libérés lors d'une titration par une base forte, généralement du NaOH. L'AT mesuré correspond à la quantité de base à ajouter pour atteindre un pH final neutre (Lobit, 1999). Le pH correspond quant à lui au cologarithme de l'activité des protons libres en solution (Lobit, 1999).

Une thèse sur l'acidité de la pêche (Lobit, 1999) a révélé que l'AT et le pH étaient fortement dépendants des acides organiques présents dans la pulpe du fruit, les trois acides majoritaires de la pêche étant les acides citrique, malique, et quinique.

Concernant la banane, les acides organiques majeurs sont les acides malique et citrique (Wills et al., 1984). Les saveurs sucrées et acides, dépendantes du pH et de l'acidité titrable, s'avèrent ainsi pilotées par les concentrations en citrate et en malate dans la pulpe de banane, et dans une moindre mesure par la composition en minéraux (Bugaud et al., 2012b).

#### b. Indicateurs de fermeté

La fermeté de la pulpe est déterminée sur le plan chimique par le pH et la teneur en matière sèche (TMS) du fruit (Annexe 1, Graph 9). Elle est corrélée à la texture « ferme » ou « fondante » de la banane qui a été évaluée par un panel de dégustateurs (Bugaud et al., 2011). Plus le fruit sera acide et plus la TMS est élevée, alors plus le fruit sera ferme. La fermeté est mesurée par pénétrométrie et exprimée en Newtons (N). La teneur en matière sèche (TMS) de la banane constitue un indicateur de qualité sensorielle intéressant du fait de son rôle majeur sur la fermeté du fruit et du Brix.

Elle diminue au cours de la maturation de la banane. Une corrélation positive a pu être établie entre la TMS d'un fruit vert et la quantité de sucres solubles sur banane mûre (Bugaud et al., 2011). Une telle diminution est due à l'augmentation de l'activité respiratoire du fruit, et donc du métabolisme des sucres (hydrolyse de l'amidon en sucres solubles), ainsi qu'à un flux d'eau instauré de la peau vers la pulpe (John and Marshall, 1995).

## **2. Qualité Nutritionnelle**

La banane présente une grande valeur nutritionnelle qui lui confère une réputation de fruit sain à consommer. La richesse énergétique de la banane est liée à sa teneur en matière sèche. La matière sèche de la pulpe renferme en effet tout un panel de minéraux d'intérêt pour la nutrition, dont le K (le plus abondant dans la banane), Mg, P, Ca et Na (Forster et al., 2002). La consommation d'une banane peut ainsi satisfaire une partie des exigences journalières d'un individu.

De nombreux minéraux sont présents à un taux élevé lors des premiers stades de développement du fruit, puis diminuent lors du murissement. La composition chimique du fruit est influencée par de nombreux facteurs tels que la variété, le milieu, les pratiques culturales (Forster et al., 2002 ; Bugaud et al., 2006, 2009a). Dans le cadre de cette étude, une fertilisation potassique pourrait ainsi augmenter d'avantage encore la valeur nutritionnelle de la banane en augmentant potentiellement la teneur en K dans la pulpe et la teneur en d'autres minéraux.

## **3. Rendement**

Trois composantes interviennent dans le rendement : les caractéristiques du régime (plus le nombre de doigts et de mains est important, plus le poids augmente), la durée des cycles, et le nombre de plants productifs. La qualité commerciale des fruits repose principalement sur la forme et la taille des doigts et l'aspect des fruits

Les pratiques culturales jouent un rôle important sur la qualité commerciale de la banane (fertilisation, irrigation, maîtrise du parasitisme et entretien des parcelles). Une mauvaise accumulation de réserves minérales par la plante lors de la floraison engendre ainsi un régime mal conformé, impactant son rendement.

## **Partie III. Effet de l'environnement : cas de la fertilisation potassique**

Certaines pratiques culturales influencent la concentration de composés liés à la qualité sensorielle de la banane. La fertilisation en N et K est considérée comme une pratique culturale majeure dans les bananeraies. Cet essai s'intéresse à l'impact du potassium sur la qualité de la banane.

Ce cation exerce une grande influence sur les attributs de qualité des fruits. Il ressort clairement de nombreuses études qu'il existe une corrélation positive entre le potassium et le rendement, la taille, et le poids de fruits tels que le citron, les oranges douces, la goyave, et les pommes Fuji (Hunsche et al., 2003 ; Lima et al., 2008 ; Lester et al., 2010 ; Yasin et al., 2010 ; Quaggio, 2011). La fertilisation potassique assure le développement de fruits en quantité, de poids et de taille commercialisables et aptes au transport.

Il s'avère que la croissance des fruits est limitée de deux manières en cas de déficit en potassium : la translocation de carbohydrates des feuilles aux fruits est réduite, et la conversion du sucre en amidon dans la banane est limitée. Au final, les fruits sont fragiles et de petite taille (Lassoudière, 2007).

Ce minéral n'entre pas dans la constitution de la plante mais joue un rôle dans de nombreux processus physiologiques et biochimiques. En participant aux mécanismes de turgescence cellulaire et de transport des photo-assimilés de la feuille aux fruits, il conditionne l'accumulation des minéraux dans la pulpe des fruits. L'antagonisme existant entre l'absorption racinaire de potassium d'une part, et de calcium et magnésium d'autre part, induit ainsi une augmentation des ratios K/Ca et K/Mg dans la pulpe lors d'une fertilisation potassique (Nava, 2009). Une diminution des taux en Ca, Mg et B dans les feuilles a été notée dans une étude, avec en parallèle une augmentation de Cl lors d'une fertilisation à base de KCl (Quaggio, 2011). Dans le cas du bananier, de telles tendances sont observées et pourraient être identiques au niveau du fruit (Lahav, 1995).

Il a été démontré que le potassium joue un rôle important dans l'accumulation des acides organiques dans de nombreux fruits, et en particulier du malate (Souty et al., 1967; Lobit, 1999; Berüter, 2004). Le potassium semble en effet impliqué dans l'équilibre des charges des acides organiques. L'accumulation de ces acides dans les cellules de la pulpe est régulée à l'échelle de la vacuole : les concentrations vacuolaires de citrate et de malate, acides organiques majoritaires dans la banane, sont fonction de différents mécanismes permettant le transport de protons, cations et anions organiques à travers le tonoplaste.

Contenu dans la vacuole, le potassium est un minéral participant à la régulation du pH vacuolaire et à l'instauration d'un gradient de concentration.

Il contribue ainsi à l'accumulation des anions organiques dans la vacuole, et plus particulièrement au transport du malate (Lobit, 1999 ; Lobit et al., 2002). L'influence de ce minéral sur l'accumulation des acides organiques dans la pulpe pourrait moduler indirectement la perception des saveurs sucrées et acides du fruit, et donc la qualité sensorielle de la banane. Enfin, le potassium absorbé par la plante au niveau des racines est transporté jusqu'au fruit via le phloème. L'apport de potassium dans la cellule oblige celle-ci à compenser les charges cationiques du minéral par la synthèse d'anions organiques, via une réaction de salification qui modifie le pH cytosolique.

## **Partie IV. Objectifs de l'étude**

Venant en appui à une thèse analysant les facteurs génétiques et écophysologiques impliqués dans l'accumulation des acides organiques chez la banane dessert, une précédente étude avait pour objectif d'analyser les effets d'une disponibilité carbonée sur les caractéristiques physicochimiques du fruit. Une interaction génotype X pratique culturale a été observée sur certains paramètres physicochimiques du fruit (fermeté, TMS, AT). Le deuxième volet de cette thèse se penche désormais sur le rôle d'une fertilisation potassique sur la qualité globale du fruit.

Les conclusions intéressantes de Lobit (Lobit, 1999) quant au profil d'accumulation des acides organiques lors d'un apport de potassium chez la pêche laissent penser qu'une fertilisation potassique aura un impact sur la qualité de la banane, et indirectement sur la concentration en malate dans la pulpe.

Cette étude portera donc sur **l'étude d'une fertilisation potassique sur les caractéristiques physicochimiques de la banane au cours de sa croissance et à maturité**. Il s'agira d'observer les variations éventuelles des indicateurs sensoriels (fermeté, acidité titrable et pH), nutritionnels (teneur en matière sèche et composition en minéraux de la pulpe) et commerciaux (poids du fruit) de trois variétés de banane dessert.

Ce travail permettra d'apporter des éléments de compréhension concernant l'importance d'une fertilisation potassique sur la qualité du fruit en répondant aux questions suivantes :

- Quelles sont les évolutions des indicateurs de qualité du fruit, depuis sa floraison jusqu'à sa maturité post-récolte, sous l'effet de fertilisation potassique contrastée ?
- L'évolution de ces indicateurs est-elle la même chez les 3 variétés sélectionnées sous l'effet de fertilisation potassique contrastée ? Autrement dit, existe-t-il une interaction Génotype x pratique culturale ?

## Partie V. Matériel et Méthode

### 1. Conditions expérimentales

Les parcelles expérimentales occupent une superficie de 0.13 hectares sur le site du PRAM dans la commune du Lamentin (latitude 14°37'N, longitude 60°58' W). 350 bananiers sont plantés sur un sol de type alluvial continental, à environ 16m d'altitude.

Le traitement des parcelles avait été entamé en Novembre 2011. Les premiers échantillonnages n'ont été réalisés qu'en Février 2012 afin de permettre au sol de s'équilibrer. Les parcelles sont entretenues régulièrement. Un herbicide systématique est utilisé tous les 2 mois. Un fongicide est appliqué tous les 3 mois afin de lutter contre les cercosporioses jaune et noire et autres parasites. Les parcelles sont irriguées régulièrement au goutte-à-goutte, sauf en période de forte pluviosité. Les plants sont fertilisés une fois par mois en respectant les conditions du traitement

Enfin, des données journalières de température et d'humidité relative sont fournies par une station météorologique du CIRAD située sur le même site que les parcelles expérimentales. Ces données seront nécessaires pour établir une moyenne de la somme de degrés jour accumulés par les plants, et ainsi mieux prévoir leur date de récolte.

### 2. Matériel végétal

Trois variétés de bananes desserts diploïdes AA ont été choisies pour leur profil contrasté en acides organiques (Tableau 1). Ces variétés s'avèrent de plus partiellement résistantes aux cercosporioses jaune et noire du bananier.

Tableau 1. Caractéristiques des 3 variétés de bananes sélectionnées pour l'essai.

Génotype	Profil acide du fruit mûr
Pisang Jari Buaya (JB)	Citrate dominant
Pisang Lilin (PL)	Malate dominant
IDN 110 (IDN)	Equilibre entre malate et citrate

### 3. Méthodologie

#### a. Traitements

La fertilisation potassique des parcelles est contrastée, et les fertilisants se présentent sous forme de granulés appliqués une fois par mois aux pieds des bananiers. On distingue les parcelles non fertilisées en potassium (K-) et les parcelles fertilisées en potassium (K+).

Les bananiers des parcelles K- reçoivent une alternance de 50g d'urée et 100g de DAP (Di-ammonium Phosphate) tous les mois. Les plants des parcelles K+ reçoivent 300g de SOK (sulfate de potassium) et 50g d'urée, ou 300g de SOK et 100g de DAP tous les mois.

Afin d'être dans des conditions expérimentales comparables pour l'ensemble des plants d'une même variété, leur rapport Source/Puits doit être semblable. Une source correspond à un exportateur net d'assimilés (surface foliaire). Un puits est un consommateur net d'assimilés (régime). Un certain nombre de feuilles et de mains sont ainsi instaurées pour chaque variété.

#### b. Date de récolte

L'intervalle Floraison-Jaunissement (IFJ) correspond au temps écoulé entre la floraison et le jaunissement du régime sur pieds. A partir du concept de sommes thermiques, il a été possible de déterminer le zéro physiologique et l'IFJ de chaque variété (Tableau 2). La récolte est fixée à 75% d'IFJ, soit environ deux-tiers du stade de développement du fruit.

Il s'agit en effet du stade de récolte conventionnel des fruits destinés au marché de l'export. La date de récolte est estimée en fonction de la durée de croissance des fruits sur pied ramenée à l'IFJ.

Tableau 2. Zéro physiologique et IFJ des trois variétés.

Génotype	Zéro physiologique (°C)	IFJ en somme thermique (°.jours)	75% IFJ (°.jours)
IDN	14.5	1265	936
PL	18.5	788	591
JB	20	536	400

#### c. Dispositif expérimental

Le dispositif est constitué de 9 parcelles expérimentales, avec 3 parcelles par variété (Tableau 3). La parcelle JB3 n'existe pas. Chaque parcelle contient 2 rangées de 25 bananiers d'une même variété.

- 6 répétitions par combinaison génotype\*traitement sont réalisées.
- 2 traitements sont effectués : Fertilisation K- et Fertilisation K+
- 2 suivis sont menés en parallèle, pendant la croissance (SC) et pendant la maturation post-récolte (SM) fixée à 75% de l'IFJ

Ainsi, 6 répétitions \* 2 traitements \* 2 suivis = 24 bananiers par variété sont nécessaires.

Tableau 3. Dispositif expérimental.

Parcelles K-			Parcelles K+					
50 plants	50 plants	50 plants	50 plants	50 plants	50 plants	50 plants	50 plants	Pas de plantation
IDN1	JB1	PL1	JB2	PL2	IDN2	PL3	IDN3	JB3

#### 4. Prélèvements et préparation des échantillons

Tous les régimes sont choisis chronologiquement lors de leur floraison, au stade fleur pointante. Les bananiers trop petits sont exclus. Des marquages de floraison sont réalisés toutes les semaines. Deux semaines après la floraison d'un bananier sélectionné, la popote est coupée et des fruits sont retirés pour avoir le nombre de mains demandé.

- Au cours du suivi croissance :

Un prélèvement est effectué tous les 15 jours jusqu'au jaunissement du régime sur pied. Un doigt médian interne est alors prélevé alternativement sur les mains 1 et 2. Les doigts internes s'avèrent en effet plus réguliers que les doigts externes.

- Au cours du suivi de maturation :

A la récolte du régime à 75% de l'IFJ, les 3 premières mains sont prélevées. Les doigts sont numérotés, séparés, lavés et traités au fongicide afin de réduire le développement de moisissures. Les fruits sont ensuite stockés pendant 1 semaine en chambre froide à 18°C afin d'instaurer une température homogène dans l'ensemble des doigts avant le gazage. Le mûrissement est réalisé en chambre froide à 18°C. Les fruits sont exposés à de l'éthylène à une concentration de 1000 ppm durant 24 heures puis stockés à 18°C pendant 12 jours.

Les analyses physico-chimiques sont alors effectuées aux jours 0, 3, 6, 9, et 13 après le début du gazage. L'ensemble des mesures réalisées sur les échantillons est détaillée en Annexe 2 (Tableau 7).

#### 5. Analyses de sols et de feuilles

Les analyses de sol et de feuilles seront des indicateurs du niveau de fertilisation appliqué. Les échantillonnages sont réalisés au pied de 10 bananiers pour chaque parcelle. Des carottes de sol de 30cm de profondeur sont prélevées et les éléments principaux à doser sont généralement le carbone et l'azote organique, le pH, la capacité d'échanges cationique (CEC), les bases échangeables (K, Ca, Mg) et le phosphore assimilable.

En complément des analyses de sol, un échantillonnage de feuilles est réalisé sur l'antépénultième feuille des plants à la floraison (stade APFD), afin de fournir un diagnostic agronomique de qualité. L'analyse standard comprend notamment le dosage de l'azote total, P, Ca, Mg, K et d'autres minéraux (Lassoudière, 2007).

#### 6. Analyses statistiques

Toutes les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel de traitement statistique R 2.13<sup>®</sup>. On considérera qu'un résultat est significatif pour un seuil  $\alpha < 5\%$ .

Du fait de mesures répétées dans le temps pour un même bananier et d'échantillonnages décalés dans le temps entre les différents individus, des modèles mixtes linéaires de type GLMM (Generalized linear mixed-effects models) sont utilisés.

Ces modèles permettent l'étude de la relation entre les variables à expliquer (Poids frais et fermeté du fruit, teneur en matière sèche et en minéraux, pH et acidité titrable) et les variables explicatives (traitement, variété, jours après floraison en suivi croissance, jours après gazage en suivi maturation) et les interactions. La fonction glmer du package « lme4 » est utilisé.

Les analyses statistiques débutent avec les modèles les plus complexes contenant l'ensemble des interactions, puis les ordres les plus élevés sont éliminés progressivement tant qu'ils demeurent non significatifs. Si les courbes passent par un maximum et sont de forme asymétrique, des termes quadratiques et cubiques sont utilisés. La significativité de chaque terme du modèle est évaluée en comparant les modèles avec et sans ce terme. L'AIC (Akaike Information Criterion) évalue la différence entre chaque modèle. Ainsi, plus le modèle correspond aux données, et plus l'AIC est petit.

## **Partie VI. Résultats**

Alors que l'ensemble des fruits ont été récoltés et soumis aux mesures de poids frais, de TMS et de fermeté, seules 3 répétitions ont été réalisées pour les mesures de pH, d'acidité titrable et de teneurs en minéraux, faute de temps. Les résultats sur le taux de Phosphore des bananes en suivi croissance ne sont pas fournis, en raison de problèmes techniques.

### **1. Analyses de feuilles et de sols**

Trois analyses de sol ont été réalisées respectivement en Mai 2011, et Mai et Juillet 2012. Les données de l'analyse de Juillet 2012 ne sont pas disponibles. Les résultats des parcelles JB ne figurent pas dans l'analyse de Mai 2012 du fait de floraisons trop décalées dans le temps (Tableau 4). Dans l'ensemble, les teneurs du sol en potassium sont supérieures dans les parcelles sous fertilisation « K+ ».

Une analyse de feuille a été réalisée en Mai 2012 (Tableau 5). L'ensemble des parcelles présentent des niveaux acceptables en Ca, Mg, Cl et P. L'application de potassium par fertilisation « K+ » a été efficace dans le maintien de quantités plus importantes de K dans les feuilles de bananiers des parcelles PL2, PL3 et JB2. Les bananiers des parcelles à fertilisation déficitaire en potassium présentent un plus grand ratio Mg/S. Etant donné les antagonismes minéraux existants, le déficit en K favoriserait l'entrée de Mg dans la plante, en accord avec la bibliographie.

Enfin, la quantité de potassium mesurée dans les feuilles de variétés IDN s'avère moins contrastée entre les deux régimes de fertilisation (Tableau 5). L'analyse de sol de la même année montre pourtant un taux de potassium supérieur dans le sol de la parcelle IDN2 sous fertilisation « K+ » par rapport au sol IDN1. Il est possible que cette variété soit moins sensible au traitement administré. Les bananiers IDN auraient donc la capacité de se développer sous des apports limités en potassium.

Dans l'ensemble, la fertilisation potassique sur les parcelles désignées a fonctionné. Les autres parcelles sont bien déficitaires en potassium.

Tableau 4. Résultats des analyses de sol réalisées en Mai 2012 (Données de l'analyse effectuée en Juillet 2012 non disponibles).

Analyses de sol Mai 2012						
N.B.: Résultats exprimés pour 100g de sol séché à 70°C ; cmol eq kg-1 = méq / 100 g						
*: En cours d'analyse						
Echantillon	IDN 1 K-	IDN 2 K+	IDN 3 K+	PL 1 K-	PL 2 K+	PL 3 K+
Capacité d'éch. cmol eq kg-1	47,803	47,426	49,94	43,941	38,482	37,264
Potassium éch.cmol eq kg-1	0,396	1,125	*	0,395	0,908	*
Calcium éch.cmol eq kg-1	14,273	16,194	16,329	16,606	16,784	16,179
Magnésium éch.cmol eq kg-1	6,995	7,557	8,634	8,106	8,996	7,722
K/Mg	0,0566	0,1489	*	0,0487	0,1009	*
K/S %	3,3951	4,5224	*	1,5733	3,4023	*
Ca/S %	36,634	65,099	*	66,141	62,890	*
Mg/S %	59,971	30,379	*	32,286	33,708	*
Phosphore. mg/kg (TRUOG)	21,982	40,558	18,361	20,913	32,025	16,236

Tableau 5. Résultats des analyses de feuilles réalisées en Mai 2012.

Analyse de feuilles Mai 2012								
Echantillon	IDN 1 K-	IDN 2 K+	IDN 3 K+	PL 1 K-	PL 2 K+	PL 3 K+	JB 1 K-	JB 2 K+
Potassium g % g	2,156	2,627	2,482	1,665	2,234	2,308	1,833	2,486
Calcium g % g	1,052	1,131	1,209	1,646	2,097	1,576	1,481	1,279
Magnésium g % g	0,388	0,341	0,377	0,521	0,328	0,276	0,502	0,303
Somme des Cations meq%g	140,215	152,326	155,508	168,409	189,465	160,979	162,883	152,944
K/S meq%g	39,427	44,220	40,925	25,350	30,234	36,762	28,855	41,678
Ca/S meq%g	37,514	37,124	38,873	48,869	55,340	48,950	45,462	41,813
Mg/S meq%g	23,060	18,655	20,203	25,780	14,427	14,288	25,683	16,509
Phosphore g % g	0,224	0,217	0,214	0,206	0,227	0,220	0,222	0,223
Chlore %	0,757	0,837	0,852	1,223	1,416	1,254	0,863	0,746

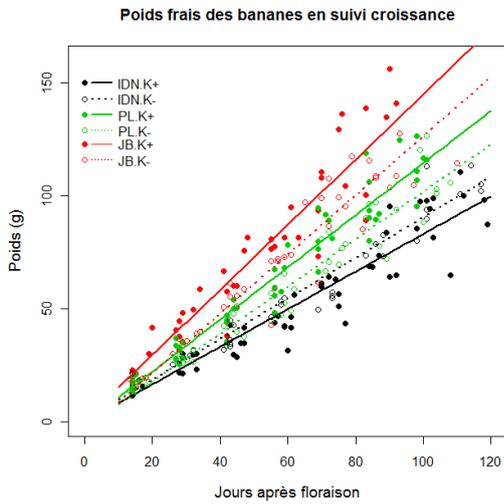
## 2. Résultats de Suivi Croissance

### a. Poids frais du fruit

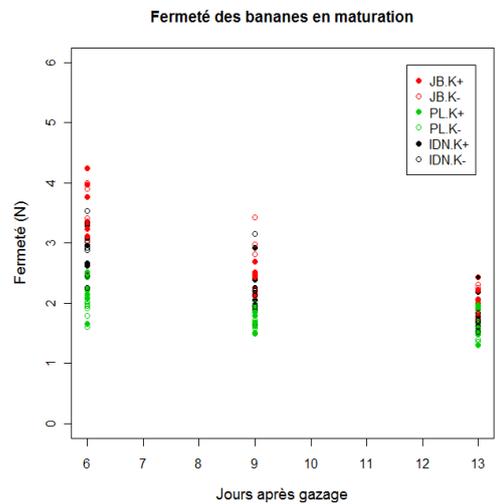
Les résultats de l'analyse par GLMM montrent que les jours écoulés après la floraison (IFC) et la variété, ainsi que les interactions doubles « IFC:variété », « traitement:variété » et triple « IFC:variété:traitement » ont tous un effet significatif sur le poids frais des bananes (Tableau 6). L'interaction entre variété et IFC est très significative ( $p < 0.001$ ). Le poids des fruits n'est pas le même entre les variétés. Cette différence variétale est d'autant plus nette que l'IFC est important.

La différence de poids observée entre le traitement K+ et K- pour une même variété est d'autant plus importante que la croissance du fruit est avancée.

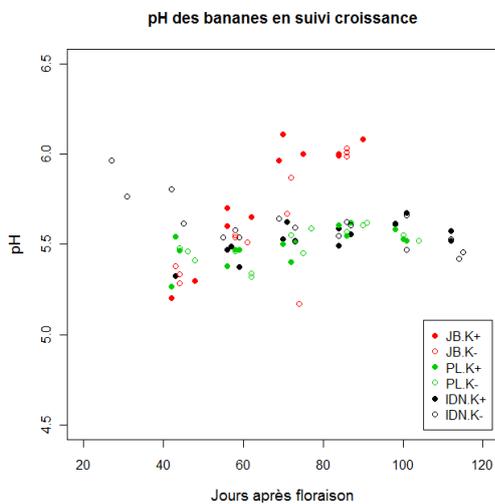
Pour les variétés JB et PL, le poids des fruits en croissance sous fertilisation « K+ » s'avère plus important que celui des fruits sous fertilisation « K- » (Graph 1). Le cas inverse est observé pour les bananes de variété IDN. Ces résultats sont surtout visibles lors de la deuxième moitié de la croissance des fruits.



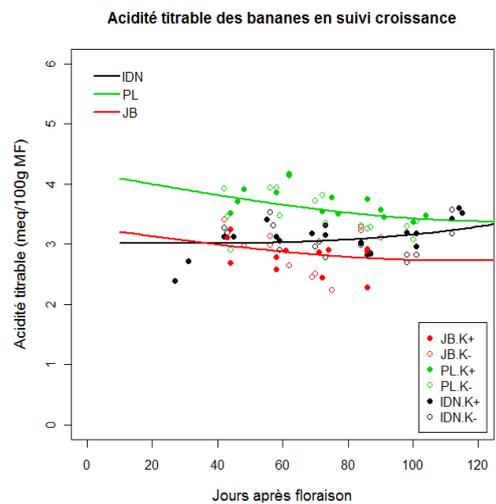
**Graph 1. Poids frais des bananes au cours de leur croissance en relation avec l'IFC. Les lignes correspondent aux courbes de régression établies par le modèle.**



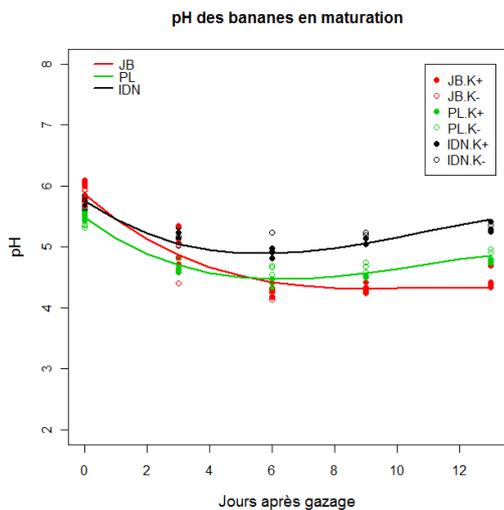
**Graph 2. Fermeté des bananes en maturation aux jours J6, J9 et J13 après gazage, en relation avec la variété et le traitement**



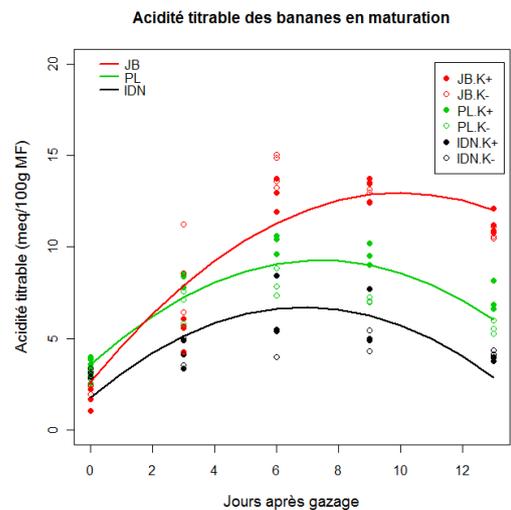
**Graph 3. pH des bananes au cours de leur croissance en relation avec l'IFC**



**Graph 4. Acidité titrable des bananes au cours de leur croissance en relation avec l'IFC. Les lignes correspondent aux courbes de régression établies par le modèle.**



**Graph 5. pH des bananes au cours de leur maturation en relation avec les jours après gazage. Les lignes correspondent aux courbes de régression établies par le modèle.**



**Graph 6. Acidité titrable des bananes au cours de leur maturation en relation avec les jours après gazage. Les lignes correspondent aux courbes de régression établies par le modèle.**

**Tableau 6. Analyse du poids frais du fruit au cours de la croissance en relation avec l'IFC, la variété et le traitement par GLMM.**

Modèle	df	AIC	Log-likelihood	P-value
T, V, ifc, T:V, V:ifc, T:ifc, T:V:ifc	14	1877.3	-924.63	
- T:V:ifc	12	1882.8	-929.39	**
-ifc:T	11	1883.0	-930.51	NS
-ifc:V	10	2010.0	-994.97	***
-T:V	10	1887.8	-933.92	*
-ifc	6	2623.0	-1305.5	***
-T	6	2016.3	-1002.2	NS
-V	5	2053.6	-1021.8	***

Code des effets : V=variété, T= traitement, ifc=jours après floraison (Codes de significativité: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' Non significatif 'NS').

### **b. Teneur en matière sèche de la pulpe**

Les tests statistiques révèlent l'absence d'effet du facteur traitement (Annexe 4, Tableau 8). Il existe un effet très significatif du facteur quadratique IFC<sup>2</sup> (p<0.001) et de l'IFC (p<0.001) sur la TMS. L'interaction « IFC:traitement » est également significative (p< 0.05). La teneur en matière sèche des fruits des 3 variétés suit la même évolution au cours de leur croissance sur pied (Annexe 3, Graph 10).

### **c. Acidité titrable**

L'analyse statistique sur l'acidité titrable montre l'influence importante du facteur variété (p<0.001) et du facteur cubique IFC<sup>3</sup> (p<0.001), ainsi que l'interaction « variété:IFC » (p<0.05). Aucun effet traitement n'est relevé (Annexe 4, Tableau 9). L'acidité titrable des fruits évolue de façon différente pour chaque variété, et ce d'autant plus que l'IFC augmente (Graph 4).

### **d. pH**

L'ensemble des interactions doubles ont un effet très marqué sur le pH du fruit (p<0.001). Le facteur cubique IFC<sup>3</sup> et l'interaction triple « traitement:IFC:variété » ont également un impact significatif (Annexe 4, Tableau 10). Les profils de pH des différentes variétés sont très distincts au cours de la croissance des fruits sur pieds (Graph 3). Les interactions triples rendent difficile l'interprétation des résultats sur le pH de la pulpe.

### **e. Teneur en minéraux**

Les tests statistiques sur minéraux montrent que le traitement n'a eu aucun effet sur le taux de potassium dans les bananes en croissance. Seuls l'IFC, la variété et l'interaction « IFC:variété » ont un impact significatif sur le taux de K dans le fruit (Annexe 3, Graph 11).

L'interaction « IFC:traitement » a par contre un effet significatif sur le taux de calcium, tout comme les effets simples IFC, IFC<sup>2</sup> et IFC<sup>3</sup>. Dans le cas du magnésium, l'effet simple traitement exerce un impact important, ainsi que les effets IFC et « IFC:variété ».

### **3. Résultats de Suivi Maturation**

#### **a. Poids frais du fruit**

Un test ANOVA sur le poids des bananes au jour J0 précédent le gazage montre un effet du facteur variété ( $p < 0.001$ ) et de l'interaction « traitement:variété » ( $p < 0.05$ ). Le poids des bananes JB et PL est plus important sous une fertilisation K+. Dans le cas de la variété IDN, le poids des bananes sous fertilisation K+ s'avère inférieure au poids de fruits sous fertilisation K-. Ces résultats rejoignent ceux observés pour le poids frais des fruits en suivi croissance. Il existe par ailleurs une corrélation importante entre le poids des fruits à J0 et J9 ( $R^2 = 0.90$ ).

#### **b. Teneur en matière sèche de la pulpe**

Les bananes en maturation présentent une TMS soumise à l'influence importante du nombre de jours après gazage ( $p < 0.001$ ). L'interaction double « variété:jours » a également un effet significatif (Annexe 5, Tableau 11). La TMS de la pulpe est différente d'une variété à l'autre à un jour donné et diminue progressivement au cours de la maturation des fruits (Annexe 3, Graph 10).

#### **c. Fermeté du fruit**

Les jours J6, J9 et J13 ont été repérés comme étant les stades de maturation les plus importants en terme de variation de fermeté des fruits dans une précédente étude. Un test statistique (Annexe 5, Tableau 12) sur ces 3 différents stades montre l'absence d'effet du facteur traitement. Seul le facteur variété a un impact très significatif ( $p < 0.001$ ). Ces résultats sont visibles graphiquement (Graph 2).

#### **d. Acidité titrable et pH**

L'acidité titrable et le pH des bananes en maturation ne sont pas soumis à l'influence de la fertilisation potassique (Graph 5 et 6). Seuls les jours après gazage et la variété ont un effet significatif ( $p < 0.001$ ) sur ces paramètres d'acidité du fruit (Annexe 5, Tableau 13). L'AT augmente au cours de la maturation des fruits. En fin de maturité (entre J6 et J13), le pH augmente également.

#### **e. Minéraux**

Les résultats d'une précédente étude montrent que les taux de minéraux dans la pulpe des bananes varient peu lors de la maturation. Seuls les taux relevés au jour J0 sont ainsi considérés.

Un test anova sur les taux de K, Ca, mg et P montre l'absence d'effet de la fertilisation sur ces minéraux. Le facteur variété exerce par contre un effet très significatif ( $p < 0.001$ ).

## Partie VII. Discussion

L'objectif de cette étude était d'analyser les effets d'une fertilisation potassique sur les caractéristiques physico-chimiques de la banane dessert. Le développement de la banane est subdivisé en deux phases, à savoir sa croissance sur pied et sa maturation post-récolte. Cette spécificité a été prise en compte dans l'étude. Les analyses sont réalisées sur les différents indicateurs de la qualité globale du fruit, sur le plan sensoriel (pH, AT, TMS, et fermeté du fruit), nutritionnel (teneur en minéraux et TMS), et commercial (poids frais).

L'apport de potassium par fertilisation a entraîné une augmentation du poids frais des deux variétés de bananes JB et PL lors de leur croissance sur pieds. Le poids des fruits à la récolte (J0) suit la même tendance et s'avère ainsi prédéterminée par les conditions de cultures instaurées au champ. Il en est de même pour les bananes au jour J9 après gazage, dont le poids est fortement corrélé à celui présenté à J0 ( $R^2=0.90$ ). L'apport de potassium s'avère ainsi positif en termes de rendement pour les bananes de variété PL et JB, en accord avec la bibliographie existante sur d'autres fruits (Hunsche et al., 2003 ; Lima et al., 2008 ; Lester et al., 2010 ; Yasin et al., 2010 ; Quaggio, 2011)

Le traitement n'a pas eu d'effet sur le poids frais des bananes IDN. Les résultats d'analyse de sol et de feuille de 2012 sur cette variété (Tableaux 5 et 6) permettent de supposer que les bananiers IDN sont moins sensibles à une carence potassique que les deux autres variétés. Des quantités moins importantes de potassium suffisent donc aux plants IDN pour assurer aux fruits un poids suffisant. En l'absence de fertilisation, c'est donc le potassium apporté par le sol qui est exploité par les bananiers IDN pour assurer la croissance du régime.

La fertilisation a un impact significatif sur les taux de Ca et de Mg des bananes en suivi croissance uniquement. Les bananiers sous une fertilisation «K+» ont des fruits à teneur plus faibles en Ca et Mg lors de leur développement sur pieds, confirmant l'existence d'un antagonisme entre K et ces deux minéraux (Lahav, 1995 ; Nava, 2009 ; Quaggio, 2011). Le traitement n'a cependant pas d'impact sur les taux de Ca et de Mg lors de la maturation post-récolte des bananes.

Le taux de potassium dans les fruits en croissance et en maturation n'est pas influencé par le traitement administré. Il était attendu que l'apport de K au sol entrainerait une augmentation du taux de K des fruits. La fertilisation a fonctionné, révélant des taux de K plus importants au niveau des feuilles de bananiers sous fertilisation « K+ », mais pas au niveau de leurs fruits. Ces résultats peuvent être imputables au faible nombre de répétitions utilisées pour les mesures de minéraux. Il est également possible, d'après la bibliographie, que le mode d'application et la nature du fertilisant, ainsi que le moment et la fréquence du traitement soient à l'origine de ces résultats (Hofman, 1997). Il est à noter que les bananiers étudiés poussent sur un sol de type alluvionnaire, capable de stocker du potassium sur de longues périodes même en l'absence de fertilisation.

En termes de qualité sensorielle, il est intéressant de noter que le traitement n'a eu aucun impact sur l'acidité titrable des fruits en croissance et en maturation. Le choix de trois variétés présentant des acidités contrastées laissait supposer un effet direct du potassium sur l'AT du fruit ou un effet indirect via une modification de l'accumulation de l'acide malique dans la pulpe, surtout pour la variété PL malate dominante. L'absence de variation des taux de K dans les bananes suivant le traitement pourrait être à l'origine de ces résultats.

Le petit nombre de répétitions disponibles pour ces mesures d'acidité peuvent également ajouter un biais. Ces observations sont donc différentes de celles réalisées sur la pêche (Lobit, 1999 ; Lobit et al., 2002).

L'impact significatif du potassium sur le pH des fruits en croissance permet de supposer un effet relatif de la fertilisation sur la qualité sensoriel du fruit par modification directe du pH de la pulpe suite à diverses réactions biochimiques ayant lieu dans le fruit sur pieds. L'absence d'effet du traitement sur le pH des fruits en maturation laisse cependant place aux mêmes suppositions que pour l'acidité titrable. Il reste que ces résultats sont dans l'ensemble contradictoires de ceux d'autres études portées sur la banane qui constatent que le potassium induit une augmentation des sucres solubles totaux (TSS) et une diminution de l'acidité du fruit (Hofman, 1997).

Enfin, le traitement n'a eu aucun impact sur la teneur en matière sèche des trois variétés étudiées lors de la croissance et de la maturation des fruits. La fermeté du fruit est corrélée à la TMS de la pulpe (Bugaud et al., 2011). Le calcium joue un rôle majeur dans la conservation du fruit en améliorant la fermeté de la pulpe et la maturation du fruit (Junior et al., 2009). L'antagonisme minéral entre K et Ca relevé dans la bibliographie laissait supposer qu'une fertilisation potassique diminuerait donc indirectement la TMS des fruits et modifierait ainsi leur fermeté et leur durée de conservation. Le traitement a un impact sur le taux de calcium des fruits lors de leur croissance uniquement mais pas lors de leur maturation, expliquant probablement ces résultats. La DVV des fruits mis en maturation n'a elle-même subi aucune modification sous fertilisation potassique. La maturation des bananes et leur conservation lors des transports s'avèrent donc inchangés dans les conditions de l'étude.

## **Conclusion**

Les trois variétés de bananes étudiées s'avèrent sensibles à une fertilisation potassique. En interaction avec cette pratique culturale, ces variétés permettent en effet l'obtention de bananes de poids accru sur les étalages. Les teneurs en calcium et en magnésium sont par ailleurs affectées par une telle fertilisation lors de la croissance des fruits. Un tel effet se dissipe lors de la maturation post-récolte des bananes.

L'impact de telles combinaisons génotype\*pratique est réduit concernant la teneur en matière sèche, la fermeté et la Durée de Vie Verte des bananes. La conservation des fruits n'est pas modifiée par une fertilisation potassique des bananiers.

Il s'avère de plus que l'acidité titrable et le pH des fruits, critères d'acidité majeurs des bananes, ne sont pas influencés par l'apport de potassium au champ. Cette pratique culturale n'a donc pas d'impact sur la qualité sensorielle des bananes. Dans le cadre de la thèse en cours sur les effets de facteurs génétiques et écophysologiques sur les acides organiques, il est possible que cette pratique n'ait donc aucun impact sur l'accumulation des acides majeurs de la banane, à savoir le malate et le citrate.

Sur le marché, l'enjeu des producteurs est tourné vers la productivité tandis que les attentes des consommateurs sont ciblées sur la qualité sensorielle des fruits. De telles combinaisons de variétés et de pratiques peuvent ainsi satisfaire les exigences de différents contextes de production en termes de rendement plus particulièrement, sans altérer les qualités gustatives des fruits.

## **Références bibliographiques**

- ABADIE, C., CHILIN-CHARLES, Y., HUAT, J., SALMON, F., PIGNOLET, P., CARLIER, J., LESCOT, T., COTE, F., JENNY, C. New approaches to select durable resistant varieties of bananas against *Mycosphaerella* leaf spots diseases. In: Jones D., Van den Bergh I., (Eds.). *ProMusa Symp.:Recent advances in banana crop protection for sustainable production and improved livelihoods. Acta Hort.* White River, South Africa: ISHS, 2009. 828: 171-178.
- BERÜTER, J., 2004. Carbohydrate metabolism in two apple genotypes that differ in malate accumulation. *J Plant Physiol.* 161, 1011-1029.
- BUGAUD, C., ALTER, P., DARIBO, M.O., BRIOULLET, J.M., 2009a. Comparison of the physico-chemical characteristics of a new triploid banana hybrid, FLHORBAN 920, and the Cavendish variety. *J Sci Food Agric.* 89 (3), 407-413.
- BUGAUD, C., BELLEIL, T., DARIBO, M.O., GENARD, M., 2012a. Does bunch trimming affect dry matter content in banana? *Sci. Hort.* In press.
- BUGAUD, C., CHILLET, M., BEAUTE, M.P., DUBOIS, C., 2006. Physicochemical analysis of mountain bananas from the French West Indies. *Sci. Hort.* 108 (2), 167-172.
- BUGAUD, C., DARIBO, M.O., DUBOIS, C., 2007. Climatic conditions affect the texture and colour of Cavendish bananas (Grande Naine cultivar). *Sci. Hort.* 113 (3), 238-243.
- BUGAUD, C., DARIBO, M.O., BEAUTÉ, M.P., TELLE, N., DUBOIS, C., 2009b. Relative importance of location and period of banana bunch growth in carbohydrate content and mineral composition of fruit. *Fruits.* 64 (2), 63-74.
- BUGAUD, C., DEVERGE, E., DARIBO, M.O., RIBEYRE, F., FILS-LYCAON, B., MBÉGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D., 2011. Sensory characterization enabled the first classification of dessert bananas. *J Sci Food Agric.* 91(6), 992-1000.
- BUGAUD, C., DEVERGE, E., DARIBO, M.O., FILS-LYCAON, B., MBÉGUIÉ-A-MBÉGUIÉ, D., 2012b. Chemical predictors of sweetness and sourness in banana. *Acta Hort.* 928, 211-215.
- CARRÉ, M., COTTEUX, E., ROMBAUT, M., GRIMBUHLER, S., DIDELOT, D., 2011. Lutte contre les cercosporioses du bananier aux Antilles françaises - Évaluation et amélioration des techniques disponibles d'épandage aérien et terrestre. *Revue SET, Numéro spécial.* [Online]. [consulté en juillet 2012]. <URL :[http://www.set-revue.fr/sites/default/files/archives/pages\\_4\\_9\\_0.pdf](http://www.set-revue.fr/sites/default/files/archives/pages_4_9_0.pdf).
- FORSTER, M.P., RODRIGUEZ RODRIGUEZ, E., DIAZ ROMERO, C., 2002. Differential characteristics in the chemical composition of Bananas from Tenerife (Canary Islands) and Ecuador. *J. Agric. Food Chem.* 50, 7586-7592.
- GANRY, J., MEYER, J.P., 1975. Recherche d'une loi d'action de la température sur la croissance des fruits du bananier. *Fruits.* 30(6), 375- 387.

- HOFMAN, P.J., Production factors influence fruit quality and response to postharvest treatments. In COATES, L.M., HOFMAN, P.J., JOHNSON, G.I. (Ed.). Disease control and storage life extension in fruit. Canberra, Australia: ACIAR. International Workshop held at Chiang Mai, Thailand, 22-23 May 1997. p.6-18.
- HOPKINS, W.G, 2003. Les plantes et les nutriments inorganiques. In: HOPKINS W.G. (éd.). *Physiologie Végétale*. Bruxelles, Belgique: De Boeck, 61-76
- HUNSCHE, M., BRACKMANN, A., ERNANI, P.R., 2003. Effect of potassium fertilization on the postharvest quality of 'Fuji' apples. *Pesq. Agropec. bras., Brasilia*. 38 (4), 489-496.
- JOHN, P., MARSHAL, J. Ripening and biochemistry of the fruit. In GOWEN, S. (Ed.). *Bananas and Plantains*. London, U.K.: Chapman and Hall, 1995. p.434-467.
- JUNIOR, D.M., MILANEZE, T.F., AZEVEDO, F.A., QUAGGIO, J.A., 2009. Soil nutrient availability and its impact on fruit quality of Tahiti acid lime. *Rev. Bras. Fruitic., Jaboticabal-SP*. 32(1), 335-342.
- LAHAV, E. Banana nutrition. In GOWEN, S. (Ed.). *Bananas and Plantains*. London, U.K.: Chapman and Hall, 1995. p.259-315.
- LASSOIS, L., BUSOGORO, J.P., JIJAKLI, H., 2009. La banane : de son origine à sa commercialisation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 13(4), 575-586
- LASSOUDIÈRE, A., 2007. Le bananier et sa culture. Versailles: Editions Quae.
- LESTER, G.E., JIFON, J.L., MAKUS, D.J., 2010. Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L) case study. *Plant Soil*. 335, 117-131.
- LIMA, M.A., BASSOI, L.H., SILVA, D.J., DE SA SANTOS, P., DE CASTROPAES, P., DE ALMEIDA RIBEIRO, P.R., DANTAS, B.F., 2008. Effects of levels of nitrogen and potassium on yield and fruit maturation of irrigated guava trees in the Sao Francisco Valley. *Rev. Bras. Fruitic., Jaboticabal- SP*. 30(1), 246-250.
- LOBIT, P. Etude et modélisation de l'acidité des pêches (*prunus persica* l.batsch, cv. fidelia) Application à l'étude des effets de la nutrition azotée. Thèse. 1999. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier, 237pp.
- LOBIT, P., SOING, P., GENARD, M., HABIB, R., 2002. Theoretical analysis of relationships between composition, pH, and titratable acidity of peach fruit. *J Plant Hort.* 25(12), 2275-2792
- LOEILLET, D., 2008. Fiche pays producteur : la banane en Martinique. *Fruitrop*. 155, 23-28
- MOREAU-RIO, M., SCANDELLA, D., VENIEN, S., 1995. Pêches et nectarines. Image et perception de la qualité, analyse sensorielle. *Infos-Ctifl*. 108, 12-7.
- NAVA, G., DECHEN, A.R., 2009. Long-term annual fertilization with nitrogen and potassium affect yield and mineral composition of 'Fuji' apple. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. 66(3), 377-385.

QUAGGIO, J.A., JUNIOR, D.M., BOARETTO, R.M., 2011. Sources and rates of potassium for sweet orange production. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*. 68(3), 369-375.

SARADHULDHAT, P., PAULL, R.E., 2007. Pineapple organic acid metabolism and accumulation during fruit development. *Sci. Hort.* 112 (3), 297-303

SOUTY, M., PERRET, A., ANDRE, P., 1967. Premières observations sur quelques variétés de pêches destinées à la conserve. *Ann. Agron.* 6, 775-791.

UMBER, M., PAGET, B., HUBERT, O., SALAS, I., SALMON, F., JENNY, C., CHILLET, M., BUGAUD, C., 2011. Application of thermal sums concept to estimate the time to harvest new banana hybrids for export. *Sci. Hort.* 129, 52-57.

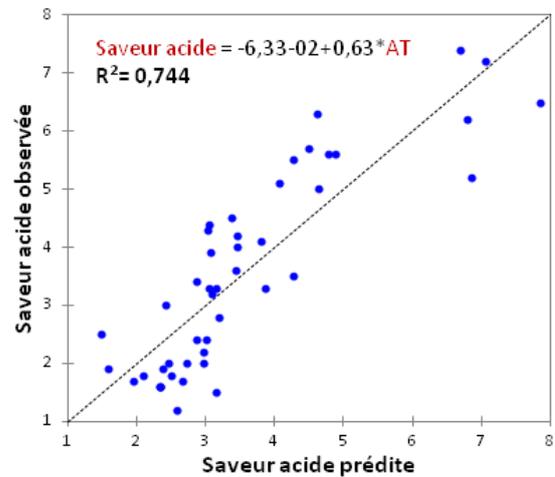
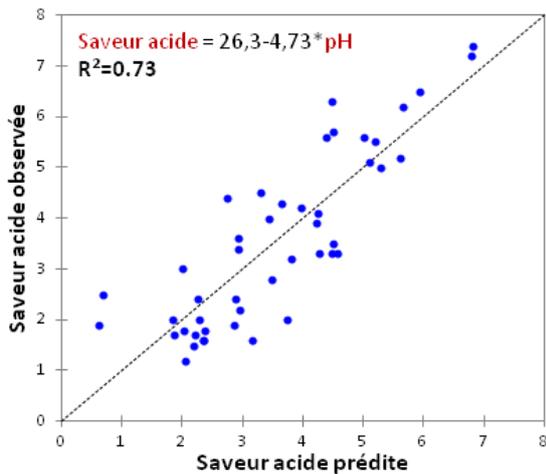
WILLS, R.B.H., LIM, J.S.K., GREENFIELD, H., 1984. Changes in chemical composition of 'Cavendish' banana (*Musa acuminata*) during ripening. *J Food Biochem.* 8, 69-77.

YASIN A.M., GUL, A., ASHRAF, M., HUSSAIN, F., EBERT, G., 2010. Improvement in yield and quality of kinnow (*Citrus deliciosa* x *Citrus nobilis*) by potassium fertilization. *J Plant Nutri.* 33, 1625-1637.

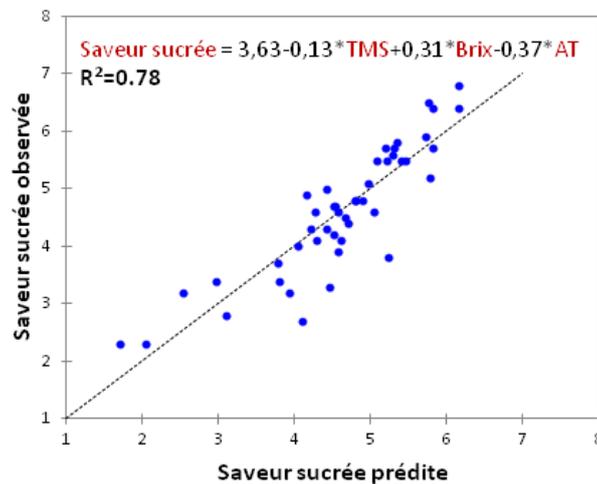
### **Sites Webs**

FAOSTAT 2010. [On line]. [Consulté en Mai 2012]. <URL : <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

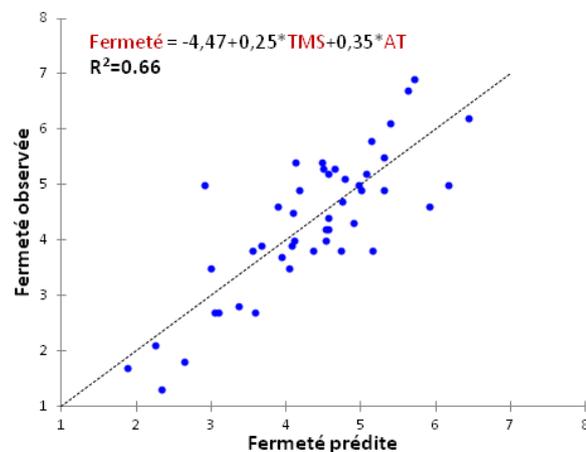
## Annexe 1



Graph 7. Prédiction de la saveur acide par l'acidité titrable (AT) et le pH (Bugaud et al., 2011). La saveur observée correspond à la note, comprise entre 0 et 9, attribuée par 10 dégustateurs entraînés.



Graph 8. Prédiction de la saveur sucrée par la teneur en matière sèche (TMS), l'extrait sec soluble (brix) et l'acidité titrable (AT) (Bugaud et al., 2011). La saveur observée correspond à la note, comprise entre 1 et 8, attribuée par les dégustateurs.



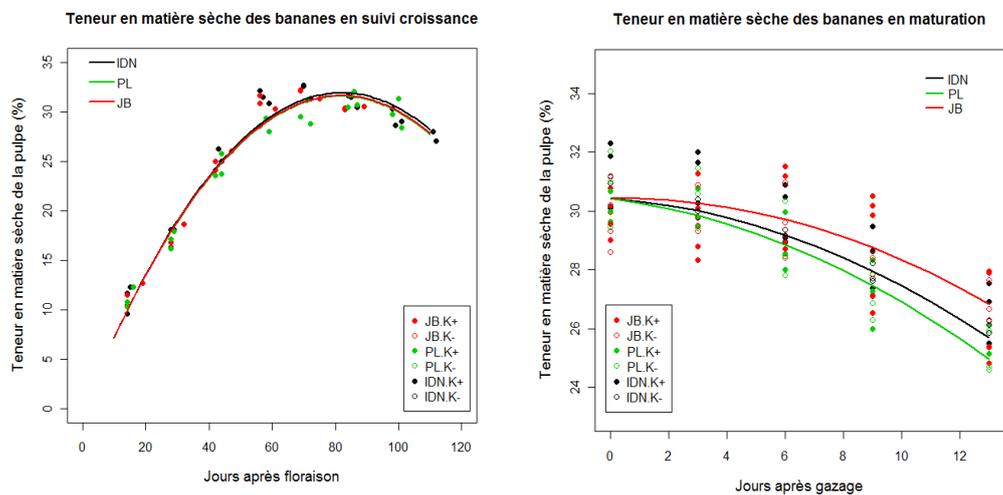
Graph 9. Prédiction de la fermeté par la teneur en matière sèche (TMS) et l'acidité titrable (AT) (Bugaud et al., 2011). La fermeté observée correspond à la note, comprise entre 1 et 8, attribuée par les dégustateurs.

## Annexe 2

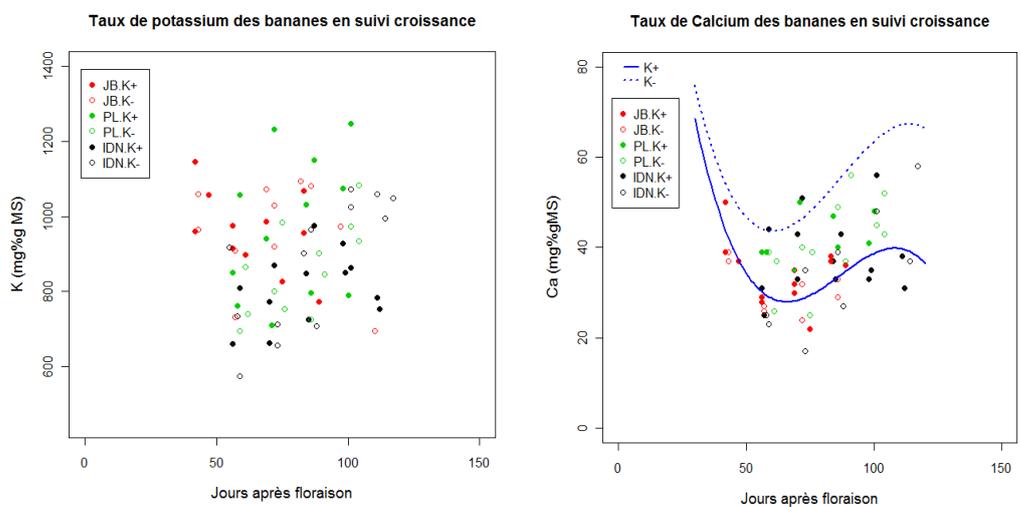
Tableau 7. Ensemble des analyses réalisées sur les fruits au cours des suivis croissance et maturation.

Suivi Croissance		Suivi Maturation	
Analyses réalisées immédiatement après le prélèvement d'un doigt de banane afin de suivre le développement du fruit sur pieds	<p><b>Poids frais</b> du fruit, de la pulpe et de la peau</p> <p><b>Diamètre</b> : la mesure s'effectue à l'aide d'un pied à coulisse</p> <p><b>Longueurs internes et externes</b> du fruit</p> <p><b>Surface de la peau</b> : un disque de peau de surface connue est découpée avec un emporte pièce, puis pesé. La totalité de la peau du fruit est pesé, et sa surface calculée.</p>	Analyses réalisées à partir du gazage (J0), jusqu'au jour J13	<p><b>Poids</b> : Un fruit est pesé tout au long de la maturation. <i>Fréquence de mesures : J0, J1, J2, J3, J6, J9, et J13.</i></p> <p><b>Respiration du fruit</b> : une banane est mise à respirer dans une bouteille hermétique durant 1 heure. Les taux de CO<sub>2</sub> et O<sub>2</sub> sont alors relevés à l'aide d'une pompe Vigaz canal 120. <i>Fréquence de mesures : J0, J1, J2, J3, J6, J9, et J13.</i></p> <p><b>Rhéologie</b> : un analyseur de texture TA-XT2 permet de relever la dureté de la peau ainsi que la fermeté du fruit et de la pulpe d'une banane. <i>Fréquence de mesures : Tous les 3 jours</i></p> <p><b>Durée de Vie Verte (DVV)</b> : la récolte est considérée comme la date d'entrée. Deux fruits sont alors enfermés dans des bouteilles semi-perméables limitant la concentration en CO<sub>2</sub> inhibant la respiration. La concentration en CO<sub>2</sub> est suivie régulièrement à l'aide d'une pompe Vigaz canal 120. Le jour où un pic est enregistré, caractéristique du début de la crise climactérique, et donc du déclenchement de la maturation, il s'agit de la date de sortie. Le temps écoulé entre la date d'entrée et la date de sortie correspond à la DVV du fruit. <i>Fréquence de mesures : 1 fois par semaine.</i></p>
	Après le passage au lyophilisateur les échantillons secs sont broyés en poudre		<p><b>Teneur en matière sèche (TMS) de la pulpe</b> : la pulpe d'un fruit qui a été préalablement congelée est pesée. Une fois passée à l'azote liquide, la pulpe est disposée au lyophilisateur pendant 72h, puis repesée.</p> <p><b>pH</b> : mesuré à l'aide d'un pH-mètre</p> <p><b>Acidité titrable (AT)</b> : Elle est mesurée à partir d'1 g de poudre de banane diluée dans 30 ml d'eau ultra-pure. La solution est agitée pour l'obtention d'un mélange homogène et le pH est mesuré tout au long de la titration. Le système de titration est automatisé et ajoute du NaOH à une vitesse de 1ml par minute. Le pH est enregistré à chaque ajout de 0.3ml de NaOH. L'appareil calcul le volume de NaOH nécessaire pour atteindre un pH de 8.1.</p> <p><b>Teneur en minéraux solubles (K, Ca, Mg, P)</b></p>

## Annexe 3



Graph 10. Teneur en matière sèche des bananes au cours de leur croissance et de leur maturation en relation avec les jours après floraison, et après gazage Les lignes correspondent aux courbes de régression établies par le modèle.



Graph 11. Teneurs en potassium (K) et en calcium (Ca) des bananes au cours de leur croissance. Les lignes correspondent aux courbes de régression établies par le modèle.

## Annexe 4

Tableau 8. Analyse de la teneur en matière fraîche du fruit au cours de la croissance en relation avec l'IFC, la variété et le traitement par GLMM.

Modèle	df	AIC	Log-likelihood	P-value
T, V, ifc, T:V, V:ifc, T:ifc, T:V:ifc, ifc <sup>2</sup>	16	409.80	-188.90	
-ifc <sup>2</sup>	14	698.57	-335.28	***
-T:V:ifc	12	696.25	-336.13	NS
- V:ifc	10	699.98	-339.99	*
-T:ifc	11	694.55	-336.28	NS
-T:V	10	693.53	-336.76	NS
-ifc	6	838.25	-413.12	***
-T	6	694.08	-341.04	NS
-V	5	692.20	-341.10	NS

Code des effets : V=variété, T= traitement, ifc=jours après floraison (Codes de significativité: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' Non significatif 'NS').

Tableau 9. Analyse de l'acidité titrable du fruit au cours de la croissance en relation avec l'IFC, la variété et le traitement par GLMM.

Modèle	df	AIC	Log-likelihood	P-value
T, V, ifc, T:V, V:ifc, T:ifc, T:V:ifc, ifc <sup>2</sup> , ifc <sup>3</sup>	16	27.183	2.4084	
-ifc <sup>3</sup>	15	42.860	-6.4299	***
-ifc <sup>2</sup>	14	41.144	-6.5718	NS
- T:V:ifc	12	40.994	-8.4970	NS
- V:ifc	12	45.645	-12.823	*
-T:ifc	11	41.038	-9.5188	NS
-T:V	10	41.554	-10.777	NS
-ifc	6	45.513	-16.756	NS
-V	5	78.008	-34.004	***
-T	6	46.184	-17.092	NS

Code des effets : V=variété, T= traitement, ifc=jours après floraison (Codes de significativité: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' Non significatif 'NS')

Tableau 10. Analyse du pH du fruit au cours de la croissance en relation avec l'IFC, la variété et le traitement par GLMM.

Modèle	df	AIC	Log-likelihood	P-value
T, V, ifc, T:V, V:ifc, T:ifc, T:V:ifc, ifc <sup>2</sup> , ifc <sup>3</sup>	16	-122.67	77.334	
-ifc <sup>3</sup>	15	-116.82	73.409	**
-ifc <sup>2</sup>	14	-118.82	73.409	NS
- T:V:ifc	12	-114.44	69.222	*
- V:ifc	10	-52.848	36.424	***
-T:ifc	11	-102.75	62.373	***
-T:V	10	-100.60	60.301	***
-ifc	6	-35.500	23.750	**
-V	5	-29.480	19.740	***
-T	6	-43.726	27.863	NS

Code des effets : V=variété, T= traitement, ifc=jours après floraison (Codes de significativité: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' Non significatif 'NS').

## Annexe 5

Tableau 11. Analyse de la teneur en matière fraîche des fruits en maturation en relation avec les jours après gazage, la variété et le traitement par GLMM.

Modèle	df	AIC	Log-likelihood	P-value
T, V, jr, T:V, V:jr, T:jr, T:V:jr, jr <sup>2</sup>	15	239.87	-104.93	
-jr <sup>2</sup>	14	287.77	-129.89	***
-V:jr	10	300.54	-140.27	***
-T:jr	11	285.40	-131.70	NS
-T:V	10	282.94	-131.47	NS
-jr	6	445.04	-216.52	***
-V	5	294.88	-142.44	NS
-T	6	294.86	-141.43	NS

Code des effets : V=variété, T= traitement, jr=jours après gazage (Codes de significativité: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' Non significatif 'NS').

Tableau 12. Analyse de la fermeté de la pulpe des fruits en maturation en relation avec les jours après gazage, la variété et le traitement par GLMM.

Modèle	df	AIC	Log-likelihood	P-value
T, V, jr, T:V, V:jr, T:jr, T:V:jr, jr <sup>2</sup>	15	363.52	-166.76	
-jr <sup>2</sup>	14	372.21	-172.10	**
-T:V:jr	12	376.31	-176.15	*
-V:jr	10	386.72	-183.36	***
-T:jr	11	375.94	-176.97	NS
-T:V	10	377.08	-178.54	NS
-jr	6	442.48	-215.24	***
-V	5	388.29	-189.15	NS
-T	6	386.11	-187.05	NS

Code des effets : V=variété, T= traitement, jr=jours après gazage (Codes de significativité: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' Non significatif 'NS').

Tableau 13. Analyse de l'acidité titrable des fruits en maturation en relation avec les jours après gazage, la variété et le traitement par GLMM.

Modèle	df	AIC	Log-likelihood	P-value
T, V, jr, T:V, V:jr, T:jr, jr <sup>2</sup>	15	425.45	-197.73	
-jr <sup>2</sup>	14	560.98	-266.49	***
-V:jr	10	582.21	-281.11	***
-T:jr	11	556.30	-267.15	NS
-T:V	10	557.93	-268.96	NS
-jr	6	628.02	-308.01	***
-V	5	614.26	-302.13	***
-T	6	578.83	-283.42	NS

Code des effets : V=variété, T= traitement, jr=jours après gazage (Codes de significativité: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' Non significatif 'NS').

## Résumé

---

Le programme d'amélioration variétale du Cirad a permis la mise au point de variétés hybrides de bananiers dessert présentant de nouvelles caractéristiques de qualité. Leur adaptation à différents contextes de production (milieu, pratiques culturales) et à différents marchés (locaux ou d'export) exige une meilleure connaissance des effets des facteurs génétiques et écophysologiques sur la qualité du fruit. Cette étude s'intéresse aux effets d'une fertilisation potassique sur les principaux indicateurs physico-chimiques de la banane, étroitement liés à son acidité et à sa texture, critères gustatifs importants pour le consommateur : le pH et l'acidité titrable, liés au goût « sucré » et « acide », la teneur en matière sèche et la fermeté du fruit, liés à sa texture, et enfin sa teneur en minéraux. Trois variétés de bananes présentant des acidités contrastées ont été choisies : Indonesia 110 (IDN), Pisang Lilin (PL) et Pisang Jary Buaya (JB). L'apport de potassium a eu un effet favorable sur le poids frais au cours de la croissance sur pieds et à maturation. La fertilisation n'a eu aucun effet significatif sur les autres indicateurs de qualité des fruits.

Mots clés : Banane, potassium, acidité titrable, pH, minéraux, poids frais.

## Abstract

---

The CIRAD breeding program developed dessert banana hybrids with new quality traits. Their adaptation to various contexts of production and markets requires enhanced knowledge of genetic and ecophysiological effects on fruit quality. This study focused on the effects of potassium fertilization on banana physicochemical characteristics, linked to acidity and texture: pH and titratable acidity linked to fruit sweetness and sourness, dry matter content and firmness linked to fruit texture, and mineral amount. Three banana varieties were chosen, with contrasted acidity: Indonesia-110 (IDN), Pisang-Lilin (PL) and Pisang-Jary-Buaya (JB). Potassium input had positive effects on fresh weight during fruit growth and maturation. No significant effect was recorded on other fruit quality indicators.

Keywords: Banana fruit, potassium, titratable acidity, pH, minerals, fresh weight.