Confidentialité annulée au 09/12/2008
à la demande de M. Luc de Lapeyre

RP 15101
527869

L. de Lapeyre de Bellaire, M. Chillet, Y. Chilin, F. Dalle, E. Amiot, S. Heinry

GESTION DES RISQUES PHYTOSANITAIRES POUR LA CREATION D'UN NOUVEAU SEGMENT COMMERCIAL, « BANANE SANS TRAITEMENT CHIMIQUE APRES RECOLTE », AUX ANTILLES FRANÇAISES

Compte-rendu final d'une opération de recherche
financée par le Ministère de la Recherche

DATE : janvier 2005

Décision d'aide n° 01 P 0638
01 P 0639
01 P 0640

Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
(CIRAD)

POMONA Import

AMCOR Flexibles France

CONFIDENTIEL

Responsable scientifique :

Luc DE LAPEYRE DE BELLAIRE

CIRAD- Département Flhor,
Station de Neufchâteau
97130 CAPESTERRE BELLE EAU
Guadeloupe

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

CIRAD
000076500

Résumé

Ce projet visait à promouvoir une composante originale de la qualité des fruits liée à l'absence de traitement fongicide après la récolte. Il s'agit d'une approche nouvelle, car les standards de qualité actuels n'intègrent que des critères de présentation (absence de défauts visuels, calibre des fruits) sans prendre en compte la qualité sanitaire, la sécurité des consommateurs et la traçabilité du produit. Compte tenu de l'évolution actuelle du comportement des consommateurs, une communication sur de tels critères de qualité (banane STAR, sans traitement chimique après récolte) pourrait permettre de revaloriser la production de bananes antillaises.

Parmi les procédés étudiés en amont de la récolte, nous avons cherché à développer de nouvelles gaines étanches à l'eau de pluie, comme procédé permettant de réduire la contamination des fruits par le *Colletotrichum musae*. Si certaines gaines ont effectivement permis de réduire les niveaux de contamination des fruits, des essais d'exportation de banane STAR n'ont pas pu être mis en place en utilisant ces gaines comme méthode de lutte alternative à la lutte chimique. Toutefois, l'épistillage au champ a pu être évalué comme méthode de lutte alternative. Cette technique a effectivement permis de réduire la contamination des fruits au champ par le *C. musae*, et cette réduction s'est traduite, particulièrement dans les zones d'altitude, par un contrôle du chancre à l'arrivée équivalent à celui obtenu avec le traitement fongicide post-récolte.

Nous avons pu montrer que le niveau de contamination des fruits au champ est tributaire des conditions climatiques. Le rôle prépondérant de la pluviométrie a ici été confirmé. Toutefois, nous n'avons pas pu vérifier l'hypothèse d'un rôle limitant de basses températures dans les zones d'altitude. Nous avions par ailleurs émis l'hypothèse qu'il serait possible d'estimer les taux de chancre à l'arrivée par le niveau de contamination des fruits au champ, mais cette hypothèse n'est pas valide. En effet, si un niveau élevé de contamination au champ se traduit effectivement par un taux de chancre élevé à l'arrivée, de faibles niveaux de contamination au champ peuvent se traduire également par de forts taux de chancre à l'arrivée. Ainsi, un modèle de prévision des risques du taux de chancre à l'arrivée doit prendre en considération un plus grand nombre de facteurs intégrant notamment le niveau de sensibilité des fruits au chancre, mais aussi des facteurs techniques post-récolte.

Au stade post-récolte, le développement d'un nouveau carton a permis une meilleure maîtrise de la température, favorisant la conservation et le mûrissage homogène des fruits. Nous avons aussi montré que des sacs plastiques non perforés permettent de créer une atmosphère modifiée qui améliore la conservation des fruits et le contrôle des pourritures de couronnes. L'emploi de ces emballages plastiques pour l'exportation de banane STAR a effectivement limité significativement le développement des pourritures de couronne au stade vert. Toutefois, cette technique a montré, dans certaines situations, des limites pour assurer le contrôle des maladies de conservation en sortie de mûrisserie.

En mûrisserie, un nouveau protocole de mûrissage a été mis au point afin de réduire les doses d'éthylène supposées favorables au développement des maladies de conservation. L'effet bénéfique de cette réduction d'éthylène sur le développement des maladies de conservation n'a toutefois pas pu être démontré.

Enfin, une ébauche de cahier des charges a été élaborée pour l'exportation d'une banane STAR, et son avenir commercial est discuté.

Mots clés : bananes, Antilles, maladies de conservation, méthodes de lutte alternatives, prévision de risques, gainage, épistillage au champ, atmosphères modifiées, emballages, mûrissage artificiel, éthylène.

DK-527869

FICHE SIGNALETIQUE

I. IDENTIFICATION

Bénéficiaire	CIRAD-FLHOR	POMONA IMPORT	AMCOR FLEXIBLES
Décision n°	01 P 0638	01 P 0639	01 P 0640
Date de notification	20/11/01	20/11/01	20/11/01
Montant	40 000 euros	30 000 euros	8000 euros
Durée	36 mois	36 mois	36 mois

Objet de la décision :

Gestion des risques phytosanitaires pour la création d'un nouveau segment commercial, « banane sans traitement chimique après récolte », aux Antilles françaises.

Mots clefs :

Banane, Antilles françaises, segmentation du marché, labellisation, méthodes de lutte alternatives à la lutte chimique

Responsable scientifique :

Luc de Lapeyre de Bellaire
CIRAD-FLHOR
Station de Neufchateau
97130 Capesterre belle eau
Guadeloupe
tel : 0590 86 17 66
fax : 0590 86 80 77
Adel : luc.de_lapeyre@cirad.fr

II. CONFIDENTIALITE

non

Résumé signalétique

Ce projet visait à promouvoir une composante originale de la qualité des fruits liée à l'absence de traitement fongicide après la récolte. Il s'agit d'une approche nouvelle, car les standards de qualité actuels n'intègrent que des critères de présentation (absence de défauts visuels, calibre des fruits) sans prendre en compte la qualité sanitaire, la sécurité des consommateurs et la traçabilité du produit. Compte tenu de l'évolution actuelle du comportement des consommateurs, une communication sur de tels critères de qualité (banane STAR, sans traitement chimique après récolte) pourrait permettre de revaloriser la production de bananes antillaises.

Parmi les procédés étudiés en amont de la récolte, nous avons cherché à développer de nouvelles gaines étanches à l'eau de pluie, comme procédé permettant de réduire la contamination des fruits par le *Colletotrichum musae*. Si certaines gaines ont effectivement permis de réduire les niveaux de contamination des fruits, des essais d'exportation de banane STAR n'ont pas pu être mis en place en utilisant ces gaines comme méthode de lutte alternative à la lutte chimique. Toutefois, l'épistillage au champ a pu être évalué comme méthode de lutte alternative. Cette technique a effectivement permis de réduire la contamination des fruits au champ par le *C. musae*, et cette réduction s'est traduite, particulièrement dans les zones d'altitude, par un contrôle du chancre à l'arrivée équivalent à celui obtenu avec le traitement fongicide post-récolte.

Nous avons pu montrer que le niveau de contamination des fruits au champ est tributaire des conditions climatiques. Le rôle prépondérant de la pluviométrie a ici été confirmé. Toutefois, nous n'avons pas pu vérifier l'hypothèse d'un rôle limitant de basses températures dans les zones d'altitude. Nous avions par ailleurs émis l'hypothèse qu'il serait possible d'estimer les taux de chancre à l'arrivée par le niveau de contamination des fruits au champ, mais cette hypothèse n'est pas valide. En effet, si un niveau élevé de contamination au champ se traduit effectivement par un taux de chancre élevé à l'arrivée, de faibles niveaux de contamination au champ peuvent se traduire également par de forts taux de chancre à l'arrivée. Ainsi, un modèle de prévision des risques du taux de chancre à l'arrivée doit prendre en considération un plus grand nombre de facteurs intégrant notamment le niveau de sensibilité des fruits au chancre, mais aussi des facteurs techniques post-récolte.

Au stade post-récolte, le développement d'un nouveau carton a permis une meilleure maîtrise de la température, favorisant la conservation et le mûrissage homogène des fruits. Nous avons aussi montré que des sacs plastiques non perforés permettent de créer une atmosphère modifiée qui améliore la conservation des fruits et le contrôle des pourritures de couronnes. L'emploi de ces emballages plastiques pour l'exportation de banane STAR a effectivement limité significativement le développement des pourritures de couronne au stade vert. Toutefois, cette technique a montré, dans certaines situations, des limites pour assurer le contrôle des maladies de conservation en sortie de mûrisserie.

En mûrisserie, un nouveau protocole de mûrissage a été mis au point afin de réduire les doses d'éthylène supposées favorables au développement des maladies de conservation. L'effet bénéfique de cette réduction d'éthylène sur le développement des maladies de conservation n'a toutefois pas pu être démontré.

Enfin, une ébauche de cahier des charges a été élaborée pour l'exportation d'une banane STAR, et son avenir commercial est discuté.

Mots clés : bananes, Antilles, maladies de conservation, méthodes de lutte alternatives, prévision de risques, gainage, épistillage au champ, atmosphères modifiées, emballages, mûrissage artificiel, éthylène.

Compte-rendu synthétique

I. Enjeux

Dans un contexte de forte concurrence économique internationale, où la part de marché de la banane antillaise en France est en régression (perte de 10 % entre 1992 et 1999 : 286 000 tonnes en 1992 contre 236 000 en 1999), l'élimination du traitement chimique après récolte permettrait d'améliorer l'image de marque de la filière banane antillaise, en la démarquant sur un nouveau segment de marché, mais aussi de renforcer la sécurité alimentaire des consommateurs. Les bananes d'exportation font l'objet d'un traitement chimique fongicide après la récolte pour lutter contre les maladies de conservation que sont le chancre et les pourritures de couronnes. Cependant, cette lutte chimique ne correspond plus aux exigences nouvelles du marché. Cette évolution doit être replacée dans le contexte de la mise en place de nouveaux cahiers des charges pour l'agriculture dont les orientations sont d'assurer la viabilité économique des exploitations agricoles tout en préservant l'espace rural (respect de l'environnement) et en intégrant les attentes des consommateurs (respect de la santé humaine, satisfaction aux critères de qualité).

II. Objectifs

Le projet avait pour objectif de montrer qu'il est possible d'exporter des bananes sans traitement chimique après récolte (banane STAR) en adoptant une stratégie de lutte intégrée dans laquelle des actions sont menées très précocement au niveau du champ tout en se poursuivant aux différents niveaux de la filière : prévision de récolte, techniques de récolte, station de conditionnement, transport, conservation, mûrissage et mise en marché.

1. Au niveau du champ

L'état des connaissances sur le processus de contamination des fruits par le *Colletotrichum musae*, agent de l'anthracnose des bananes (chancre), ouvrait la porte à la mise au point de nouvelles techniques de réduction des niveaux de contamination des fruits au champ. En particulier, la protection des fruits par des gaines plastiques étanches à l'eau de pluie a été envisagée, comme méthode de lutte alternative à la lutte chimique. Un modèle de prévision des risques phytosanitaires devait aussi être développé afin de piloter la mise en œuvre de ces pratiques au champ, dans le cadre de l'exportation de banane STAR.

2. Au niveau de la récolte et du conditionnement des fruits

Un concept de hangar mobile où les fruits seraient conditionnés au bord de la parcelle de production devait être développé. Cette façon de procéder s'oppose aux pratiques actuelles où les régimes sont transportés des parcelles de production vers la station de conditionnement. Ce conditionnement au bord du champ aurait l'avantage de limiter les chocs occasionnés au cours du transport des régimes à la station d'emballage (ces chocs favorisent l'apparition du chancre) et par ailleurs faciliterait l'identification parcellaire sur les unités d'emballage, condition nécessaire à la traçabilité du produit.

3. Au niveau de la conservation des fruits

Ce projet visait aussi à définir des méthodes de lutte plus spécifiques contre les pourritures des couronnes, maladie d'étiologie plus complexe que l'anthracnose et fortement tributaire de la sénescence des pédoncules des fruits. Pour cela, nous avons envisagé d'utiliser des emballages plastiques permettant d'obtenir une atmosphère modifiée qui améliore la conservation des fruits et qui pourrait freiner le développement des pourritures de couronnes en l'absence de traitement fongicide. Après avoir défini un cahier des charges pour de tels emballages, il fallait, dans un deuxième temps, vérifier que ces techniques assurent un contrôle effectif du chancre à l'arrivée des fruits.

Un nouveau concept de carton moins haut, avec un principe de rangement qui réduit l'empilement des fruits, devait aussi être expérimenté, afin de limiter les meurtrissures des fruits durant l'emballage et le transport. Des aménagements de la perforation sur ces cartons devaient aussi permettre d'améliorer le contrôle de la température durant le transport et le mûrissage des fruits.

4. Au niveau des mûrisseries

Des doses importantes d'éthylène sont utilisées en mûrisserie (1000 µl/l) pour déclencher la maturation des fruits. Or il a aussi été supposé que l'éthylène puisse activer le développement des lésions d'anthracnose. Dans le cadre de ce projet, nous nous proposions donc de reconsidérer les pratiques de mûrissage : dose d'éthylène, temps de contact, rapidité d'injection, température de maturation. L'optimisation du mûrissage des fruits devait être réalisée dans une mûrisserie industrielle pilote dans laquelle température, O_2, CO_2, et éthylène pouvaient être contrôlés en continu. On analysera ensuite l'effet de ces nouvelles pratiques de mûrissage sur la qualité sanitaire (anthracnose et pourritures de couronnes), visuelle (coloration jaune) et gustative des fruits.

Enfin, l'ensemble de ces travaux devaient nous permettre de définir un cahier des charges pour l'exportation de banane STAR.

III. Résultats

1. Réalisations

1.1. Au niveau du champ

Dans le cadre de ce projet, il n'a pas été permis de valider l'hypothèse selon laquelle l'engainage des régimes avec une gaine étanche à l'eau pouvait être une alternative à la lutte chimique, tout au moins pour le contrôle du chancre. Toutefois, l'engainage des fruits avec une des gaines expérimentées (Danisco 2) a permis d'obtenir une réduction significative des niveaux de contamination des fruits par le *C. musae*.
Nous avons donc retenu l'épistillage au champ pour réduire la contamination des fruits par le *C. musae*. Au cours de ce projet, nous avons montré que, dans les conditions de Neufchâteau, cette réduction du niveau de contamination des fruits par l'épistillage au champ assurait un contrôle du chancre équivalent au traitement fongicide post récolte. Toutefois, dans les conditions de Douville où les fruits sont particulièrement sensibles aux maladies de conservation, la mise en œuvre de cette technique ne permet pas un contrôle du chancre équivalent à la lutte chimique. Le taux de chancre y reste toutefois dans des proportions acceptables. Les techniques permettant de réduire la contamination des fruits au champ peuvent donc constituer une alternative à la lutte chimique post-récolte pour le contrôle du chancre des bananes d'exportation. Cette alternative semble toutefois dépendante des lieux de production. Ainsi, la mise en œuvre de techniques permettant de limiter la contamination des fruits sera plus particulièrement suivie d'effet dans les zones d'altitude (Neufchâteau) que dans les zones de basse altitude où les fruits sont plus sensibles aux maladies de conservation (Douville).

Nous avons aussi montré que les niveaux de contamination des fruits au champ sont tributaires des conditions climatiques, et le rôle prépondérant de la pluviométrie a ici été confirmé. Il semble bien que l'on puisse élaborer un modèle de prévision des niveaux de contamination des fruits à partir des données climatiques. Cependant, l'intérêt de la mise au point d'un tel modèle de prévision climatique doit maintenant être relativisé. En effet, nous avions émis l'hypothèse qu'il serait possible d'estimer les taux de chancre à l'arrivée par le niveau de contamination des fruits au champ. Les résultats obtenus au cours de ce travail montrent clairement que cette hypothèse n'est pas valide. Si à des niveaux de contamination au champ élevés (> 20 nécroses par fruit) correspondent bien des taux de chancre élevés à l'arrivée (> à 4 %) ; pour des niveaux de contamination plus faibles, tous les cas de figures sont possibles et de forts taux de chancre ont également été observés à l'arrivée. Par ailleurs, à niveau de contamination égal, les taux de chancre à l'arrivée sont généralement plus élevés sur le site de Douville que sur le site de Neufchâteau. Ainsi, un modèle de prévision des risques du taux de chancre à l'arrivée doit prendre en considération un plus grand nombre de facteurs intégrant notamment le niveau de sensibilité des fruits au chancre, mais aussi les facteurs techniques post-récolte.

1.2. Au niveau de la récolte et du conditionnement des fruits

La construction du prototype de hangar mobile a connu des difficultés majeures. En effet, S. Bertaux, technologue du Cirad-Flhor qui a conçu le prototype, a été rapatrié de Martinique pour des raisons médicales et est décédé. Pour ne pas arranger les choses, les locaux de CITEP ont été incendiés, et même si la remorque et les bacs de collecte de l'eau ont échappé aux flammes, un certain nombre d'équipements qui devaient être montés sur le prototype ont été détruits (balance, batteries, circuit hydraulique, bâche). Ce prototype n'a pas vu le jour, et en resté au stade d'un châssis en aluminium sur lequel les bacs de collecte d'eau ont été ajustés.

1.3. Au niveau de la conservation des fruits

L'intérêt des emballages plastiques non perforés pour les exportations de banane STAR a été ici clairement démontré, à la fois en conditions contrôlées, mais aussi lors des essais de validation en plantations commerciales. Ces emballages permettent d'obtenir une atmosphère modifiée, appauvrie en O_2 et enrichie en CO_2. Ainsi, l'emballage des fruits dans des sacs plastiques non perforés présente des avantages manifestes par rapport aux emballages perforés ou prédécoupés :

- il améliore la conservation des fruits, pour autant que le point de coupe soit parfaitement maîtrisé : les fruits doivent être récoltés à un stade homogène, mesuré en sommes de températures, et inférieur à 1000 degrés.jours
- il limite le développement des pourritures de couronnes à l'arrivée, au stade vert. Lors des exportations de fruits non traités sur Douville, une réduction d'environ 60 à 80 % des pourritures de couronnes au stade vert a été observée sur les fruits emballés en sacs non perforés de 20 µm par rapport aux fruits emballés en sacs prédécoupés. Cet effet a aussi été observé dans les conditions de Neufchâteau. Des sacs épais de 50 µm permettent un meilleur contrôle des maladies de conservation en vert (80 % de réduction).

Toutefois, en sortie de mûrisserie, l'effet bénéfique de ces emballages sur les maladies de conservation s'estompe, et plus particulièrement pour des emballages épais de 50 µm. Si l'emploi d'emballages plastiques non perforés s'avère indispensable pour l'exportation de banane STAR, dans certaines situations où l'incidence des maladies de conservation (notamment les pourritures de couronnes) est forte, il peut être insuffisant pour permettre un contrôle de ces maladies qui soit commercialement acceptable, en sortie de mûrisserie.

Un nouveau carton au format multipack avec des perforations d'angle a été développé. La maîtrise de la température de conservation et au cours du mûrissage est bien meilleure avec ce type de carton qu'avec le carton standard. Suite aux résultats obtenus dans le cadre de ce projet, Pomona a demandé à ses fournisseurs antillais de remplacer les multipack standards par les nouveaux multipacks perforés dans les angles. Au-delà de ces producteurs, et devant la nette amélioration observée depuis 2 ans en mûrisserie, l'emploi de ces cartons multipack avec perforations d'angle a maintenant été généralisé aux Antilles.

1.4. Au niveau des mûrisseries

Le travail effectué dans les mûrisseries a permis de montrer, que contrairement aux recommandations initiales qui étaient d'utiliser une dose de 1000 à 1500 ppm, les doses réellement employées dans les mûrisseries du groupe Pomona étaient de 400 à 500 ppm d'éthylène pour un temps de contact de 32 heures. Un nouveau protocole de mûrissage plus économe en éthylène (30 % de réduction de la quantité d'azéthyl injecté) et plus rapide (10 heures de contact au lieu de 32 heures initialement) a été défini dans le cadre de ce projet. Cette nouvelle pratique est sans incidence sur l'évolution physiologique des fruits après le mûrissage : évolution de la fermeté, de la coloration, de la teneur en sucres et des qualités gustatives. Par ailleurs, nous attendions un effet bénéfique de cette nouvelle pratique sur le développement des maladies de conservation, mais cet effet n'a pas pu être démontré. Ce protocole est maintenant validé de manière pratique par les mûrisseurs du groupe Pomona eux-mêmes. En effet, suite à ces essais, le nouveau protocole a été mis en place sur l'ensemble d'une mûrisserie depuis fin 2003 (28 chambres de mûrissage) et depuis plus d'un an, 30 000 tonnes de bananes ont été mûries selon ce protocole. Le constat des mûrisseurs est le suivant : le mûrissage est plus homogène (en coloration) et plus rapide, sans perte de durée de vie jaune.

Enfin, une ébauche de cahier des charges a été définie, à partir d'actions à mener au champ, à la récolte et en station de conditionnement.

2. Publications

- L. de Lapeyre de Bellaire, F. Dalle, S. Heinry, J.P. Marion, S. Bertaux, M. Chillet, M.N. Ducamp. 2002. Des méthodes de lutte alternatives contre les maladies de conservation des bananes aux Antilles françaises. In : ANPP, FREDEC ed. Proceedings de la 2ème conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux. 4-7 mars 2002. Lille, France. Annales des communications affichées, 298-305.

- C. Gilles. 2002. Relations entre la maladie de la pourriture de couronne, le stockage sous atmosphère modifiée et l'âge physiologique à la récolte des bananes d'exportation. Mémoire DESS : Productivité végétale, biotechnologie, génome : Paris 7. 51 p.

- Une publication sur l'intérêt des emballages plastiques non perforés pour le contrôle des pourritures de couronnes est en cours de préparation.

3. Développement de relations de coopération scientifique

A l'occasion de la 2ème conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux qui s'est tenue du 4-7 mars 2002 à Lille, une collaboration de coopération scientifique a vu le jour entre la Faculté agronomique de Gembloux (équipe de H. Jijakli) et le Cirad-Flhor, sur le thème de la lutte biologique contre les pourritures de couronnes. L'objectif de cette collaboration est de vérifier si les méthodes de lutte biologique adaptées au cas des maladies de conservation des pommes peuvent aussi permettre de lutter contre les pourritures de couronnes des bananes.

FICHE BIBLIOGRAPHIQUE

Bénéficiaire	**CIRAD-FLHOR**	**POMONA IMPORT**	**AMCOR FLEXIBLES**
Décision n°	01 P 0638	01 P 0639	01 P 0640
Date de notification	20/11/01	20/11/01	20/11/01
Montant	40 000 euros	30 000 euros	8000 euros
Durée	36 mois	36 mois	36 mois

Objet de la décision :

Gestion des risques phytosanitaires pour la création d'un nouveau segment commercial, « banane sans traitement chimique après récolte », aux Antilles françaises.

Auteurs :

L. de Lapeyre de Bellaire, M. Chillet, Y. Chilin, F. Dalle, E. Amiot, S. Heinry

Date de rédaction du compte rendu de fin de recherche :

30 janvier 2005

Sommaire

I. Description des travaux réalisés 3
1. Mise au point de techniques et de procédés, au niveau de la parcelle de production 3
1.1. Mise au point et expérimentation de nouveaux procédés permettant de diminuer la contamination des fruits au champ par les champignons responsables des maladies de conservation. 3
Matériel et méthodes 3
Résultats 4
Essai n°1 4
Essai n°2 4
Essai n°3 5
1.2. Mise au point d'un modèle de prévision des risques phytosanitaires 5
1.2.1. Relation climat et niveau de contamination des fruits à la récolte 6
Matériel et méthodes 6
Résultats 7
1.2.2. Relation entre niveaux de contamination des fruits au champ et % de chancre à l'arrivée 11
Matériel et méthodes 11
Neufchâteau 11
Douville 12
Résultats 13
Neufchâteau 13
Douville 14
2. Mise au point de techniques et de procédés au niveau de la conservation des fruits 15
2.1. Mise au point de nouveaux emballages et de techniques de conditionnement afin d'obtenir une atmosphère modifiée favorable à la conservation des fruits et au contrôle des maladies de conservation 15
Matériel et méthodes 15
Mesures d'atmosphères modifiées au terme de 17 jours de conservation, pour une large gamme d'emballages 15
Mesure de l'effet de l'atmosphère modifiée et du stade de récolte sur la conservation des fruits 15
Mesure de l'effet du type d'emballage sur le développement des pourritures de couronnes 16
Résultats 16
Mesures d'atmosphères modifiées au terme de 17 jours de conservation, pour une large gamme d'emballages 16
Mesure de l'effet de l'atmosphère modifiée et du stade de récolte sur la conservation des fruits 17
Mesure de l'effet du type d'emballage sur le développement des pourritures de couronnes 18
2.2. Mise au point de nouveaux cartons pour réduire les chocs lors du transport et améliorer la présentation du nouveau produit 19
Matériel et méthodes 19
Résultats 19
3. Validation des procédés dans la filière commerciale d'exportation 21
3.1. Effet de l'épistillage au champ pour réduire le développement des maladies de conservation 21
Matériel et méthodes 22
Résultats 23

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

3.2 Influence du type d'emballage sur le développement des maladies de conservation 25
Matériel et méthodes 26
Essais de sacs plastiques polyéthylène BD non perforés de 20 µm 26
Essais de sacs plastiques polyéthylène BD non perforés de 50 µm 27
Résultats 27
Essais en sac plastique polyéthylène BD non perforé de 20 µm 27
Essais en sac plastique polyéthylène BD non perforé de 50 µm 29
4. Mise au point de nouveaux procédés en mûrisseries 34
4.1. ***Evaluation des pratiques de mûrissage dans les mûrisseries industrielles de Pomona*** 34
Matériel et méthodes 34
Résultats 34
4.2. Mise au point d'un nouveau protocole de mûrissage 35
Matériel et méthodes 35
Fermeté des fruits et évolution de la coloration 36
Cinétique de maturation 36
Evaluations sensorielles 36
Effet des nouvelles pratiques sur le développement des maladies de conservation 36
Résultats 37
Fermeté des fruits et évolution de la coloration 37
Cinétique de maturation 37
Evaluations sensorielles 39
Effet des nouvelles pratiques sur le développement des maladies de conservation 39
II. Discussion des résultats par rapport aux objectifs annoncés 40
1. Intérêt de procédés permettant de réduire les niveaux de contamination des fruits au champ 40
2. Outils de prévision des risques phytosanitaires 40
3. Réduction des meurtrissures à la récolte et traçabilité des fruits 42
4. Amélioration des emballages : nouveaux cartons avec perforations d'angle et atmosphères modifiées 42
5. Amélioration des pratiques de mûrissage 43
6. Est il possible d'exporter de la banane STAR aux Antilles ? Une ébauche de cahier des charges 43
7. Quel avenir pour un segment commercial 'banane STAR' aux Antilles ? 45
III. Références bibliographiques 46
IV. Publications 47
V. Annexes 48

Rapport scientifique

I. Description des travaux réalisés

1. Mise au point de techniques et de procédés, au niveau de la parcelle de production

1.1. Mise au point et expérimentation de nouveaux procédés permettant de diminuer la contamination des fruits au champ par les champignons responsables des maladies de conservation.

Il a été démontré, au début des années 70, que le gainage des régimes avec des sacs plastiques en polyéthylène permettait d'accélérer la croissance des fruits et de prévenir les dégâts des thrips sur les fruits (Berril, 1956; Lachenaud, 1972). Le gainage des régimes, qui entrave le ruissellement de l'eau de pluie sur les pièces florales, est une pratique culturale qui a un effet très marqué sur la contamination des fruits par le *Colletotrichum musae* (de Lapeyre de Bellaire et al., 2000), pour autant que la gaine soit posée précocement (Mouen Bedimo et al., 2003). Les gaines qui sont commercialisées aujourd'hui sont dotées de larges perforations (trous de 5 mm de diamètre répartis sur toute la surface de la gaine) qui laissent néanmoins pénétrer suffisamment d'eau. Même si elle est très significative (de l'ordre de 80%), la réduction des niveaux de contamination par le gainage n'est pas suffisante en cas de fortes précipitations. Dans le cadre de ce projet, nous nous proposions de mettre au point de nouvelles gaines répondant au cahier des charges suivant :

- elles ne doivent pas laisser circuler l'eau de pluie ;
- elles doivent être très perméables à la vapeur d'eau pour qu'il n'y ait pas de condensation sous la gaine ;
- elles ne doivent pas altérer les caractéristiques qualitatives des fruits (potentiel de conservation, caractéristiques mécaniques, sensibilité aux parasites)

Les nouvelles gaines ont été conçues par Danisco (qui est devenu Armcor-Flexibles suite à une restructuration de l'entreprise). Les évaluations au champ des gaines ont été conduites par le Cirad-Flhor sur le domaine expérimental de Neufchâteau (Capesterre belle eau, Guadeloupe).

Matériel et méthodes

Différentes gaines ont été comparées à la gaine polyéthylène perforée bleue de référence :

- Essai n°1 (novembre 2000 - janvier 2002) :

* gaine Danisco 1 : sur cette gaine, on a cherché à améliorer la perméabilité à la vapeur d'eau par une micro-perforation réalisée par laser.
* gaine Soplaril : sur cette gaine non perforée, on a utilisé un matériau plus perméable à la vapeur d'eau.

- Essai n° 2 (décembre 2000 – février 2002) :

* gaine Danisco 2 : sur cette gaine non perforée, on a utilisé un matériau plus perméable à la vapeur d'eau.

- Essai n°3 (novembre 2003 – février 2004):

* gaine ARMCOR : sur cette gaine non perforée, on a utilisé un matériau plus perméable à la vapeur d'eau.

Les essais de gaines se sont déroulés sur la station expérimentale de Neufchâteau. Les essais ont été initiés en période de forte pluviométrie, sur des bananiers de la variété Grande Naine. Ces bananiers ont été choisis à un stade de floraison synchrone, correspondant au stade de floraison standard 'doigts horizontaux' qui est normalement recommandé dans les plantations commerciales (Anonyme, 2003). A chaque essai, trois répétitions ont été réalisées à trois semaines d'intervalle, sur une même parcelle. Au cours de chaque répétition, chaque traitement a concerné un groupe de 10 bananiers choisis aléatoirement sur la parcelle.

Quelque soit le type de gaine, tous les régimes ont été récoltés à la même date lorsque les fruits avaient accumulé 900 degrés.jours à partir de la floraison : on a effectué la somme des températures moyennes journalières au dessus de 14°C à partir de la date de gainage, et on a récolté les régimes lorsque cette somme était de 900 degrés.jours (Anonyme, 2003).

Après la récolte, on a mesuré :

- le niveau de contamination des fruits : deux fruits (un interne et un externe) ont été prélevés sur les mains de rang 1 à 8. Les fruits ont ensuite été exposés à une dose d'éthylène de 1200 ppm pendant cinq jours, dans une enceinte régulée à 32°C et humidifiée (de Lapeyre de Bellaire et al., 2000). Le nombre de nécroses par fruit a été comptabilisé à la sortie, et on a calculé, pour chaque traitement, la moyenne du nombre de nécroses par fruit **(MNEC)**, qui détermine le niveau de contamination par le *Colletotrichum musae* (anthracnose).
- la durée de vie verte des fruits : un fruit a été prélevé sur la main de rang 3. Ce fruit a été conservé à 20°C dans une enceinte de plastique ventilée chaque jour. La fin de la phase préclimactérique qui est l'intervalle de temps entre la récolte et le début de la maturation est marquée par un fort dégagement de CO_2. Une mesure journalière de la teneur de l'atmosphère en O_2 et en CO_2 a permis de repérer le début de la crise climactérique. La DVV est alors le nombre de jours entre la date de récolte et la date à laquelle on a constaté le pic de dégagement de CO_2 (Chillet & de Lapeyre de Bellaire, 1996).
- le grade (mm) et la longueur (cm) des fruits
- les caractéristiques rhéologiques des fruits : dureté de la pulpe, dureté et fermeté de la pulpe mesurées au moyen d'un analyseur de texture TA-XT2 (Chillet & de Lapeyre de Bellaire, 1996).

Les moyennes des 3 répétitions ont été soumises à une analyse de variance.

Résultats

Essai n°1

Au cours de la première série d'essai, aucune différence significative n'est apparue entre les deux gaines testées et la gaine de référence bleue en polyéthylène (tableau 1). Les micro-perforations présentes sur la gaine Danisco1 n'ont pas permis d'assurer des échanges gazeux suffisants, et une importante condensation a été observée à l'intérieur de la gaine. Cela s'est traduit par des niveaux de contamination plus élevés, même si les différences ne sont pas significatives dans cet essai. Les mauvais résultats obtenus avec la gaine Soplaril sont probablement à relier à la fragilité de cette gaine qui s'est déchirée au cours de la croissance des fruits.

Tableau 1. Effet du gainage des régimes avec les gaines Danisco1, Soplaril et référence polyéthylène bleu sur la contamination des fruits par le *Colletotrichum musae* et quelques caractéristiques pomologiques et physiologiques

	Gaine de référence bleue	Gaine Danisco1	Gaine Soplaril	Résultat de l'analyse de variance
anthracnose (MNEC)	**23,3**	**43,5**	**37,9**	**NS**
DVV (jours)	**17,4**	**16**	**19**	**NS**
Grade (mm)	**35,4**	**35,5**	**36,1**	**NS**
Longueur (cm)	**18,3**	**18,3**	**18,4**	**NS**
Dureté de la peau	**57**	**49,1**	**52,5**	**NS**
Dureté de la pulpe	**22,2**	**21,5**	**22,5**	**NS**
Fermeté de la pulpe	**39,2**	**39,4**	**38,3**	**NS**

NS, il n'y a aucune différence significative entre les deux traitements

Essai n°2

Au cours de la deuxième série d'essai, la gaine Danisco2 a permis de réduire le niveau de contamination des fruits par le *Colletotrichum musae,* sans que les autres caractéristiques des fruits ne soient trop affectées, à l'exception de la dureté de la peau (tableau 2). Cette gaine Danisco2 était par ailleurs très résistante et il n'a pas été observé de déchirures au cours de la croissance des fruits.

Tableau 2. Effet du gainage des régimes avec les gaines Danisco2 et référence polyéthylène bleu sur la contamination des fruits par le *Colletotrichum musae* et quelques caractéristiques pomologiques et physiologiques

	Gaine de référence bleue	Gaine Danisco2	Résultat de l'analyse de variance
anthracnose (MNEC)	14,3	6,5	* (0,048)
DVV (jours)	18	17,4	NS
Grade (mm)	35,6	36,7	NS
Longueur (cm)	18	18,6	NS
Dureté de la peau	55,7	53,7	* (0,042)
Dureté de la pulpe	21,7	20,6	NS
Fermeté de la pulpe	39,8	40,1	NS

NS, il n'y a aucune différence significative entre les deux traitements ; * différence significative au seuil de 5%, () probabilité associée

Essai n°3

Une restructuration au sein de la société Danisco (signataire du projet), devenue Armcor-Flexibles, n'a pas permis de poursuivre les essais avec la gaine Danisco2 qui avait donné des résultats intéressants en terme de possibilité de réduction des niveaux de contamination. Un troisième essai a donc été mis en place avec un nouveau produit. Cette nouvelle gaine n'a pas permis de réduire significativement les niveaux de contamination (tableau 3). Il faut probablement aussi relier cette mauvaise performance à la condensation importante qui a été observée sous la gaine.

Tableau 3. Effet du gainage des régimes avec les gaines Armcor et référence polyéthylène bleu sur la contamination des fruits par le *Colletotrichum musae* et quelques caractéristiques pomologiques et physiologiques

	Gaine de référence bleue	Gaine Armcor	Résultat de l'analyse de variance
anthracnose (MNEC)	50,2	54,6	NS
DVV (jours)	22,3	20,4	NS
Grade (mm)	35,1	37	* (0,006)
Longueur (cm)	25,5	26,2	NS
Dureté de la peau	55,6	52,2	NS
Dureté de la pulpe	21,4	20,2	NS
Fermeté de la pulpe	40,8	39,5	NS

NS, il n'y a aucune différence significative entre les deux traitements ; * différence significative au seuil de 5%, () probabilité associée

1.2. Mise au point d'un modèle de prévision des risques phytosanitaires

L'objectif recherché était ici d'être en mesure d'adapter un cahier des charges aux différentes situations pédo-climatiques, et plus particulièrement de raisonner l'emploi des fongicides en fonction des risques phytosanitaires. Le modèle de prévision envisagé portait principalement sur un modèle de prévision du chancre, maladie provoquée par le *C. musae* (Meredith, 1960; Muirhead & Deverall, 1981). En effet, concernant cette pathologie, la connaissance de la bio-écologie du *Colletotrichum musae*, permettait de formuler un certain nombre d'hypothèses concernant les facteurs à prendre en considération pour élaborer un modèle prévision de risques (de Lapeyre de Bellaire et al., 2000; de Lapeyre de Bellaire & Mourichon, 1997). Dans un premier temps, nous avions envisagé de réaliser un modèle climatique de prévision des niveaux de contamination des fruits à la récolte, en supposant que la prévision de ce niveau de contamination nous permettrait effectivement d'estimer le taux de chancre à l'arrivée. Nous avons toutefois souhaité vérifier cette relation supposée entre niveau de contamination des fruits à la récolte et taux de chancre à l'arrivée.

1.2.1. Relation climat et niveau de contamination des fruits à la récolte

Des travaux antérieurs nous ont permis de montrer que l'eau de pluie est un élément indispensable à la dispersion des conidies du *C. musae* (de Lapeyre de Bellaire et al., 2000). Par ailleurs, la présence d'eau libre et de températures élevées (l'optimum thermique est de 30°C) est aussi indispensable à la formation des structures infectieuses et de conservation que sont les appressoria (de Lapeyre de Bellaire, 1999). Nous avons donc entrepris de définir comment les conditions climatiques pouvaient permettre de prévoir les niveaux de contamination des fruits observés à la récolte. En effet, le niveau de contamination des fruits traduit la quantité d'appressoria présentes à la surface des fruits (de Lapeyre de Bellaire et al., 2000).
Ce travail a été réalisé par le Cirad-Flhor dans différentes situations pédoclimatiques de la Guadeloupe.

Matériel et méthodes

Trois parcelles expérimentales plantées avec la variété Grande Naine ont été choisies :

- Douville (Goyave), plantation Beauvarlet. Basse altitude de la côte au vent : 35 m. Cette situation se caractérise par un sol de type ferralitique et un climat sec (la pluviométrie annuelle est de 1800 mm/an, et les pluies sont généralement peu importantes pendant 5-6 mois de l'année)
- Neufchâteau (Capesterre belle eau), domaine expérimental du Cirad-Flhor. Moyenne altitude de la côte au vent : 250 m. Cette situation se caractérise par un sol de type brun andique et un climat humide (la pluviométrie annuelle est de 3500 mm/an, et il n'y a pas de saison sèche très marquée)
- Matouba, plantation Dambas. Haute altitude de la côte sous le vent : 650 m. Cette situation se caractérise par un sol de type brun andique et un climat humide (la pluviométrie annuelle est de 3000 mm/an, et il n'y a pas de saison sèche très marquée). Par rapport à la situation de Neufchâteau, l'altitude confère à cette situation un climat moins chaud. Cette situation a dû être abandonnée fin 2003 car le producteur a décidé de détruire la parcelle expérimentale. Or, à cette altitude, il n'est pas aisé de trouver des parcelles plantées avec la variété Grande Naine (la plupart des parcelles sont plantées avec la variété Poyo). Un nouveau site a été trouvé début 2004 à Saint Louis (Baillif), plantation Lignières située à 530 m dans des conditions similaires au site de Matouba. Mais le suivi de cette situation s'est heurté à de nouvelles difficultés : grève des ouvriers agricoles, vol de la station météo.

Pour chaque parcelle, chaque mois, on a effectué un marquage de 20 régimes au stade de floraison doigts horizontaux avec un ruban de couleur qui permettait d'identifier la semaine de floraison. 10 de ces bananiers ont été gainés et 10 autres de ces bananiers n'étaient pas gainés. En effet, nous avons souhaité différencier l'effet des conditions climatiques en fonction de la mise en œuvre de cette pratique qui a des incidences à la fois sur le ruissellement de l'eau de pluie, mais aussi sur la température et le statut hydrique des fruits : il y a une augmentation de la température et de la durée d'humectation sous la gaine (données non publiées). Les niveaux de contamination sur les fruits de ces régimes ont été mesurés de la manière suivante :

- 8 semaines après cette date de marquage, un fruit a été prélevé sur les mains 1 à 8 de tous les régimes, en position médiane. Les fruits d'un même traitement, 80 fruits prélevés sur les régimes gainés ou 80 fruits prélevés sur les régimes non gainés, ont été regroupés dans un même lot.
- Les différents lots ont ensuite été exposés à une dose d'éthylène de 1200 ppm pendant cinq jours, dans une enceinte régulée à 32°C et humidifiée. Le nombre de nécroses par fruit (**MNEC**), qui détermine le niveau de contamination par le *Colletotrichum musae* (anthracnose),a été comptabilisé à la sortie de la chambre de maturation. La moyenne pour chaque traitement (fruits gainés ou non gainés) a ensuite été calculée sur les 10 bananiers, pour chaque semaine de marquage.

Sur chaque site, une station météorologique automatique a été installée. Cette station mesurait en continu la température, la pluviométrie, et l'humidité relative. Ces données ont été corrélées avec les niveaux de contamination observés à la récolte des fruits. Des travaux antérieurs ayant montré que la majorité des infections au champ se produisaient au cours des 35 premiers jours qui suivent la floraison (de Lapeyre de Bellaire & Mourichon, 1997), nous avons aussi corrélé les niveaux de contamination aux conditions climatiques durant cette période critique. Nous avons ainsi retenu les paramètres climatiques suivants :

- Pluvio_M-R : la pluviométrie cumulée du marquage des fruits à la récolte
- Pluvio_PC : la pluviométrie au cours de la période critique
- J>10_M-R : le nombre de jours où la pluviométrie a été supérieure à 10 mm, de la date de marquage des fruits à la date de récolte. Avec ce paramètre, nous avons essayé de déterminer le rôle prépondérant de certains évènements pluvieux par rapport à d'autres. Nous avons pour cela émis l'hypothèse qu'en dessous d'un certain niveau de précipitations le ruissellement sur les régimes était faible (le feuillage intercepte une partie importante de la pluie qui est ensuite canalisée le long du pseudotronc). Ainsi, la dissémination des conidies de *C. musae* sur les fruits serait conditionnée par l'intensité de la

pluviométrie. Un seuil de 10 mm journalier a été fixé arbitrairement pour dissocier les différentes catégories d'évènements pluvieux.

- J>10_PC : le nombre de jours où la pluviométrie a été supérieure à 10 mm durant la période critique.
- NJS_M-R : le nombre de jours secs (pluviométrie < 5 mm), de la date de marquage des fruits à la date de récolte. Nous avons pour cela émis l'hypothèse que de faibles évènements pluvieux entraînent un faible ruissellement sur les régimes (le feuillage intercepte une partie importante de la pluie qui est ensuite canalisée le long du pseudotronc) et donc une faible dissémination des conidies de *C. musae* sur les fruits. Cette variable est l'opposée de la précédente, avec un seuil fixé ici à 5 mm.
- NJS_PC : le nombre de jours secs (pluviométrie < 5 mm) durant la période critique.
- PGPS_M-R : la 'plus grande période sèche', de la date de marquage des fruits à la date de récolte. Nous avons pour cela émis l'hypothèse que la persistance de conditions sèches pouvait avoir une influence sur l'abondance des sources d'inoculum. Une période sèche a pour cela été définie comme des jours consécutifs où la pluviométrie est inférieure à 5 mm.
- PGPS_PC : la 'plus grande période sèche' durant la période critique.
- Temp_M-R : la température journalière moyenne de la date de marquage des fruits à la date de récolte.
- Temp_PC : la température journalière moyenne durant la période critique.
- HR_M-R : l'humidité relative journalière moyenne de la date de marquage des fruits à la date de récolte.
- HR_PC : l'humidité relative journalière moyenne durant la période critique.

L'expérimentation devait être mise en place sur une durée d'un an, afin de couvrir toutes les périodes climatiques de l'année. Elle a débuté en semaine 9 de l'année 2003, mais suite à une défaillance technique de la chambre de maturation dans laquelle ont été révélés les niveaux de contamination des fruits, elle a été interrompue et n'a repris qu'à partir de la semaine 30 de l'année 2003. Elle s'est achevée avec un dernier marquage en semaine 35 de l'année 2004, et toutes les saisons de l'année ont ainsi été couvertes au cours de ces deux années d'essais.

Résultats

Sur les sites de Neufchâteau, Douville, et Saint Louis, les niveaux de contamination ont été mesurés au cours de respectivement 11, 10, et 3 semaines de marquage (tableaux 4, 5, 6). Le vol de la station météo sur le site de Saint Louis, à la fin du mois de juin 2004 n'a pas permis d'avoir les informations météorologiques complètes pour les fruits marqués au cours des deux dernières semaines de marquage. Compte tenu du manque de données disponibles, il n'a pas été possible d'analyser l'influence des conditions climatiques dans cette situation, ce qui est bien dommage au regard de sa spécificité climatique (faibles températures liées à l'altitude).

Tableau 4. Tableau récapitulatif des niveaux de contamination, mesurés sur les fruits gainés et non gainés, et des différents paramètres climatiques, au cours des différentes semaines de marquage sur le site de Neufchâteau, de la semaine 9 de l'année 2003 à la semaine 35 de l'année 2004.

Semaine de marquage	Semaine de récolte	Chancre_NG	Chancre_G	Pluvio_M-R	Pluvio_PC	J>10_M-R	J>10_PC	PGPS_M-R	PGPS_PC	NJS_M-R	NJS_PC	Temp_M-R	Temp_PC	HR_M-R	HR_PC
S9	**S19**	35,2	5,0	215	69	7	3	21	21	65	31	23,6	23,1	79,3	78
S30	**S38**	46,7	4,3	461	264	18	11	9	5	37	22	25,7	25,6	83,8	85
S45	**S7**	75,8	10,5	1693	992	49	19	5	3	38	11	23,5	24,2	84,5	86
S51	**S12**	79,9	14,7	874	363	36	18	5	4	44	10	22,9	22,9	83,3	84
S7	**S17**	84,4	16,1	580	283	20	11	5	4	46	20	23,1	22,7	82,3	83
S13	**S22**	91,1	22,6	1384	257	26	9	4	4	37	21	23,7	23,7	84,2	82
S17	**S26**	88,2	7,6	1325	1158	25	19	10	4	33	14	24,4	23,9	85,9	87
S22	**S30**	64,2	9,3	1426	241	24	8	10	10	34	21	24,9	25,1	86,6	86
S27	**S36**	125,0	10,2	1075	631	32	18	5	4	32	15	25,3	25,0	85,3	86
S31	**S38**	79,8	21,9	943	537	27	16	5	5	23	16	25,3	25,4	84,9	85
S35	**S43**	68,7	9,5	1241	529	25	12	8	8	32	17	25,4	25,4	83,3	83

Tableau 5. Tableau récapitulatif des niveaux de contamination, mesurés sur les fruits gainés et non gainés, et des différents paramètres climatiques, au cours des différentes semaines de marquage sur le site de Douville, de la semaine 9 de l'année 2003 à la semaine 35 de l'année 2004.

semaine de marquage	semaine de récolte	Chancre_NG	Chancre_G	Pluvio_M-R	Pluvio_PC	J>10_M-R	J>10_PC	PGPS_M-R	PGPS_PC	NJS_M-R	NJS_PC	Temp_M-R	Temp_PC	HR_M-R	HR_PC
S9	**S19**	10,6	0,9	146	73	3	2	28	25	73	33	25,6	24,9	72,6	72,8
S30	**S36**	7,7	0,0	204	165	8	7	9	9	36	25	27,9	27,8	77,1	77,2
S45	**S6**	55,3	15,5	1047	643	33	18	8	6	52	16	24,7	25,3	81,5	83,8
S7	**S17**	83,8	15,5	300	128	10	4	11	6	62	28	24,4	23,9	76,6	77,3
S13	**S21**	74,9	23,7	683	137	13	5	16	11	45	29	25,2	25,1	76,7	76,2
S17	**S26**	118,5	40,7	1076	985	15	12	13	7	50	20	26	25,4	77,4	78,8
S22	**S30**	104,6	12,0	749	91	16	3	13	13	44	31	26,7	27,1	78,2	75,4
S27	**S36**	144,8	29,6	521	306	18	11	8	4	45	20	27,3	27,1	78,3	78,8
S31	**S38**	107,0	16,6	478	237	12	5	8	8	37	24	27,3	27,4	79	78,6
S35	**S43**	186,4	48,4	830	332	19	9	12	12	41	25	27,1	27,2	79,9	78,6

Tableau 6. Tableau récapitulatif des niveaux de contamination, mesurés sur les fruits gainés et non gainé,s et des différents paramètres climatiques, au cours des différentes semaines de marquage sur le site de Saint Louis, de la semaine 17 de l'année 2003 à la semaine 27 de l'année 2004.

semaine de marquage	semaine de récolte	Chancre_NG	Chancre_G	Pluvio_M-R	Pluvio_PC	J>10_M-R	J>10_PC	PGPS_M-R	PGPS_PC	NJS_M-R	NJS_PC	Temp_M-R	Temp_PC	HR_M-R	HR_PC
S17	**S26**	18,2	6,1	536,2	341,6	20	10	7	5	24	18	22,3	21,3	57,4	56,5
S22	**S30**	32,3	11,8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
S27	**S36**	52,5	7,1	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Dans la première partie de l'expérimentation (les marquages effectués en semaines 9 et 30 de l'année 2003), les niveaux de contamination ont été nettement plus faibles que pour le reste de l'essai, sur les sites de Douville et de Neufchâteau, à la fois pour les régimes non gainés et pour les régimes gainés (figures 1 & 2). Dans cette première partie, les niveaux de contamination ont été plus élevés à Neufchâteau qu'à Douville. A partir de la semaine n° 45, les niveaux de contamination ont considérablement augmenté quel que soit le site et que les fruits soient gainés ou pas. A partir de la semaine 17 de l'année 2004, les niveaux de contamination observés à Douville deviennent supérieurs à ceux qui sont observés à Neufchâteau. Ainsi, sur toute la durée de l'expérimentation les niveaux de contamination moyens ont été plus élevés à Douville (89 et 20 nécroses par fruit, respectivement pour les fruits non gainés et pour les fruits gainés) qu'à Neufchâteau (76 et 12 nécroses par fruit, respectivement pour les fruits non gainés et pour les fruits gainés). Ce résultat est plutôt surprenant, car le climat plus sec de Douville n'est à priori pas favorable à la dissémination du *C. musae*. Il faut toutefois noter que l'année 2004 a été particulièrement pluvieuse, même à Douville (annexes 1 et 2), et que dans ces conditions la dispersion de spores n'a probablement pas été fortement limitée sur ce site. Par ailleurs, sur les 3 semaines d'essai effectuées à Saint Louis, les niveaux de contamination observés ont été plus faibles que sur les deux autres sites (figures 1 & 2). Enfin, comme on pouvait s'y attendre, les niveaux de contamination sont très nettement supérieurs sur les fruits non gainés que sur les fruits gainés (Mouen Bedimo et al., 2003). Ainsi, il y a eu en moyenne 80% de nécroses en moins sur les régimes gainés que sur les régimes non gainés, quel que soit le site.

Figure 1. Évolution des niveaux de contamination sur les fruits non gainés, dans les différentes situations pédoclimatiques et au cours des différentes semaines de marquage

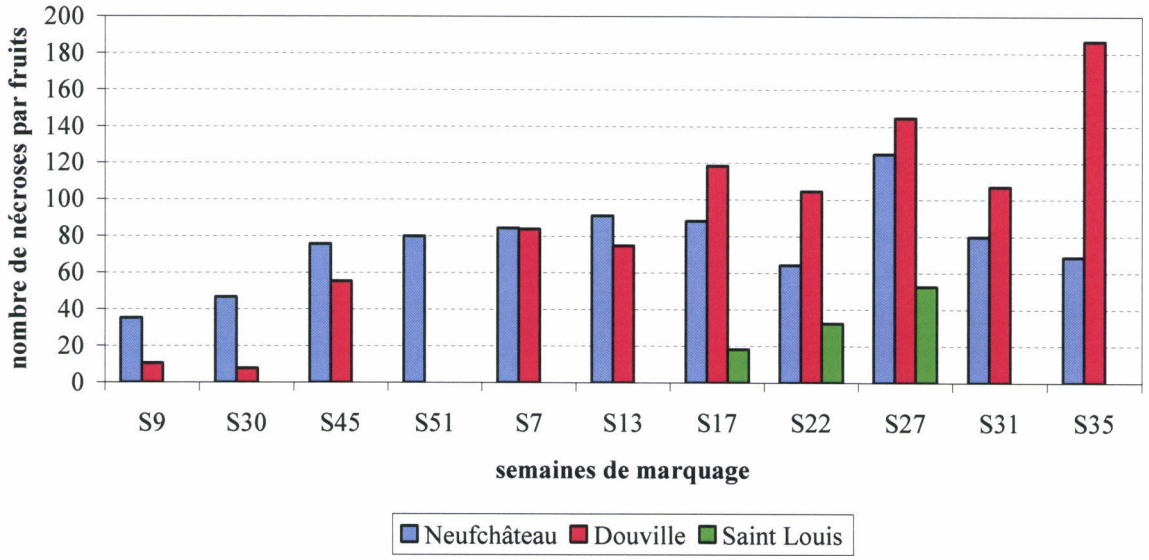
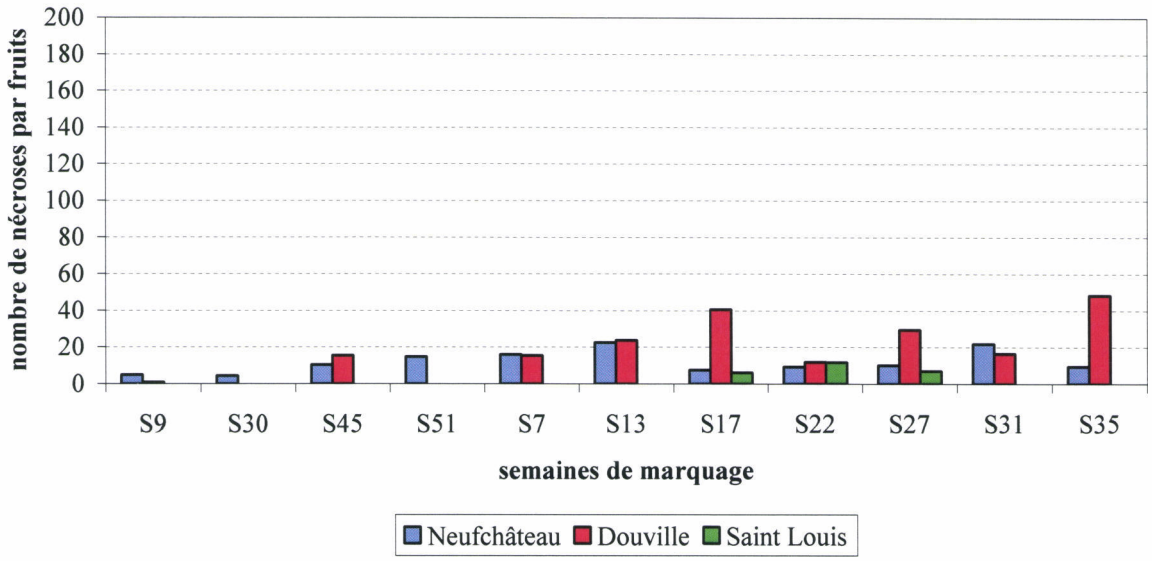


Figure 2. Évolution des niveaux de contamination sur les fruits gainés, dans les différentes situations pédoclimatiques et au cours des différentes semaines de marquage



Les fluctuations des niveaux de contamination peuvent être reliées aux facteurs climatiques. Ainsi, pour le site de Neufchâteau, c'est la plus grande période sèche du marquage à la récolte qui est le mieux corrélée avec les niveaux de contamination, à la fois pour les régimes gainés, et pour les régimes non gainés (tableau 7). Les probabilités associées à ces coefficients de corrélation sont inférieures à 0,05 ce qui indique que ces corrélations sont significatives. Pour le site de Douville, la meilleure corrélation a été obtenue avec la pluviométrie cumulée du marquage à la récolte. Ce sont donc, pour ces deux sites, des facteurs climatiques liés aux conditions hydriques qui sont prépondérants. La température qui n'est probablement pas limitante n'est pas fortement corrélée dans aucun des deux sites. Par ailleurs, que les fruits soient gainés ou pas, le facteur climatique prépondérant a été le même dans ces deux situations. Pour le site de St Louis, ces corrélations n'ont pas été établies, mais on peut observer que les températures observées sont plus basses que sur les deux autres sites (4°C de moins en moyenne à Saint Louis qu'à Douville !), tout comme l'humidité relative. On peut raisonnablement se demander si ces deux paramètres jouent un rôle plus important dans les zones de montagne qui sont plus fraîches, et si ils peuvent expliquer les plus faibles niveaux de contamination observés sur le site de St Louis.

Tableau 7. Coefficients de corrélation entre les variables climatiques et les niveaux de contamination mesurés à Douville et à Neufchâteau. () Probabilité associée à ce coefficient de corrélation

Variable climatique	Fruits non gainés Neufchâteau	Fruits gainés Neufchâteau	Fruits non gainés Douville	Fruits gainés Douville
Pluvio_M-R	0,465 (0,150)	0,239 (0,478)	0,512 (0,130)	0,664 (0,036)
Pluvio_PC	0,452 (0,163)	-0,091 (0,791)	0,271 (0,449)	0,551 (0,099)
J>10_M-R	0,52 (0,101)	0,265 (0,431)	0,365 (0,299)	0,396 (0,258)
J>10_PC	0,641 (0,034)	0,152 (0,656)	0,213 (0,555)	0,412 (0,237)
PGPS_M-R	-0,704 (0,016)	-0,648 (0,031)	-0,388 (0,268)	-0,260 (0,467)
PGPS_PC	-0,669 (0,024)	-0,437 (0,179)	-0,390 (0,266)	-0,364 (0,301)
NJS_M-R	-0,516 (0,104)	-0,349 (0,293)	-0,381 (0,278)	-0,276 (0,440)
NJS_PC	-0,605 (0,048)	-0,261 (0,438)	-0,278 (0,437)	-0,407 (0,243)
Temp_M-R	0,002 (0,995)	-0,253 (0,454)	0,243 (0,500)	0,068 (0,852)
Temp_PC	0,009 (0,979)	-0,176 (0,605)	0,273 (0,445)	0,062 (0,865)
HR_M-R	0,531 (0,093)	0,163 (0,633)	0,513 (0,129)	0,441 (0,203)
HR_PC	0,522 (0,099)	-0,056 (0,871)	0,281 (0,431)	0,364 (0,302)

L'analyse graphique de la relation entre la pluviométrie cumulée, de la date du marquage à la date de récolte, et les niveaux de contamination au champ montre que cette relation est linéaire et croissante en dessous d'une valeur seuil (figures 3 et 4). Au dessus de cette valeur seuil, les niveaux de contamination ont plutôt tendance à décroître, et il semble que cette valeur seuil soit située entre 800 et 1000 mm. Il est possible que lors de très fortes précipitations il y ait un lessivage des sources d'inoculum, ou bien qu'un ruissellement trop important ne permette pas l'adhésion des spores sur les fruits. En effet, au cours de cette année 2004, des évènements pluvieux exceptionnels ont été observés (annexes 1 et 2).

Figure 3. Relation entre la pluviométrie cumulée de la date du marquage à la date de récolte et les niveaux de contamination au champ, pour les fruits non gainés des sites de Douville et de Neufchâteau

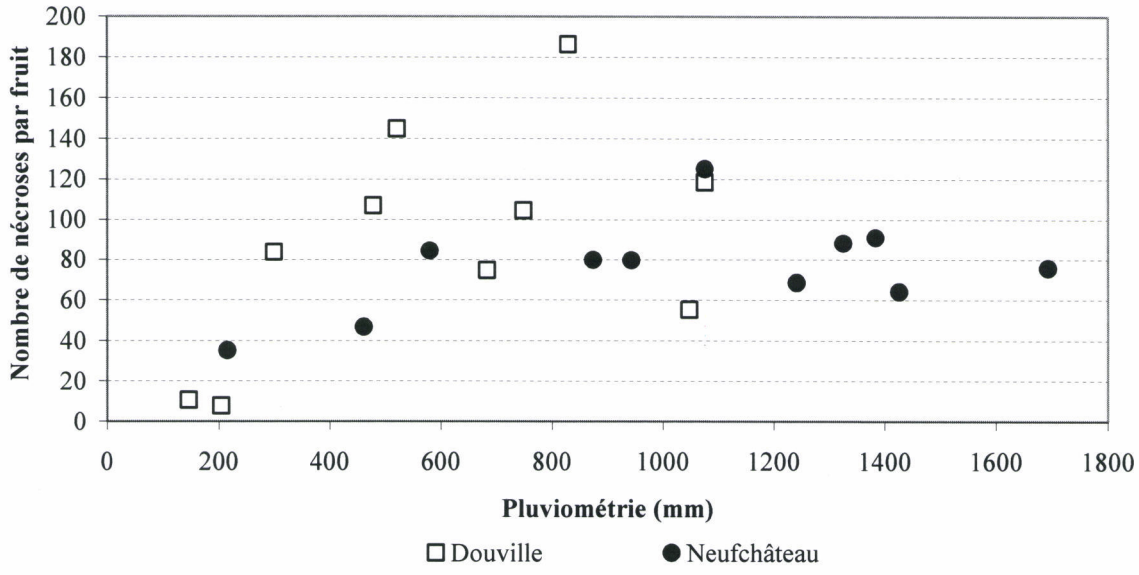
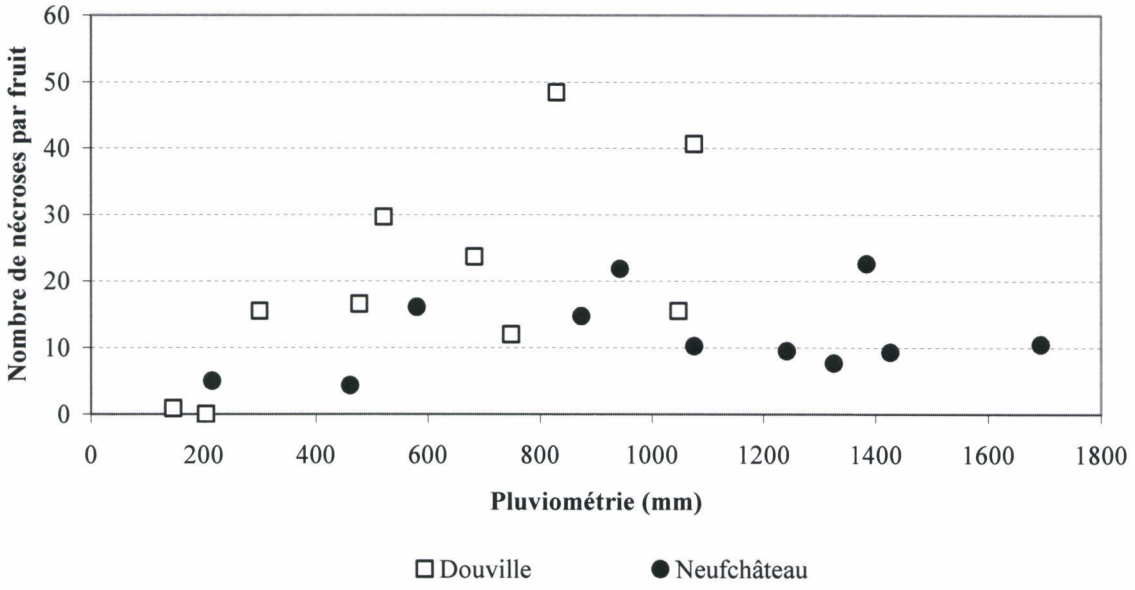


Figure 4. Relation entre la pluviométrie cumulée de la date du marquage à la date de récolte et les niveaux de contamination au champ, pour les fruits gainés des sites de Douville et de Neufchâteau



1.2.2. Relation entre niveaux de contamination des fruits au champ et % de chancre à l'arrivée

Nous avons souhaité vérifier la relation existant entre les niveaux de contamination au champ mesurés avant la récolte, et le taux de chancre à l'arrivée. Si cette corrélation était bonne, on pourrait envisager d'utiliser cet indicateur comme élément de prévision de risques phytosanitaires. Ce travail a été réalisé dans deux plantations exportant de la banane STAR. La mise en place des essais au champ et des expéditions a été réalisée par le Cirad-Flhor, les observations des fruits à l'arrivée ont été réalisées par Pomona.

Matériel et méthodes

Des suivis continus ont été mis en place sur deux sites. L'un en moyenne altitude, le domaine expérimental du Cirad-Flhor et l'autre en basse altitude, la plantation Beauvarlet à Douville.

Neufchâteau

De la semaine 16 de l'année 2001 à la semaine 10 de l'année 2002, deux parcelles du domaine expérimental ont été épistillées de façon à avoir, lors de chaque semaine d'exportation, une quantité suffisante de régimes épistillés au champ pour constituer une palette de 45 cartons. Sur les autres parcelles, l'épistillage au champ n'a pas été mis en oeuvre. Les régimes ont été gainés au stade 'doigts horizontaux'. A ce stade, un ruban de couleur a été posé sur la hampe du régime afin d'identifier la semaine de floraison qui constitue le point de départ pour le calcul des sommes de température. Un code de 12 couleurs a été utilisé selon une séquence qui a été répétée consécutivement au cours de l'année. Les régimes ont été récoltés à 900 degrés.jours.

Les niveaux de contamination sur les fruits de ces régimes ont été mesurés de la manière suivante :

- Pour chaque date de floraison et sur toutes les parcelles du domaine expérimental, un fruit a été prélevé sur la 3ème main de 20 régimes, 3 semaines avant la date de récolte.
- Les différents lots de 20 fruits ont ensuite été exposés à une dose d'éthylène de 1200 ppm pendant cinq jours, dans une enceinte régulée à 32°C et humidifiée. Le nombre de nécroses par fruit a été comptabilisé à la sortie, et on a calculé pour chaque parcelle la moyenne du nombre de nécroses par fruit **(MNEC)**, qui détermine le niveau de contamination par le *Colletotrichum musae* (anthracnose). La moyenne des deux parcelles ayant fait l'objet de l'épistillage nous a permis de calculer le niveau de contamination au champ pour les fruits épistillés. Pour les fruits non épistillés nous avons affecté comme valeur du niveau de contamination la valeur correspondant à l'origine parcellaire des fruits. En effet, l'ordre de récolte des parcelles nous a permis de procéder à cette identification.

Les exportations de bananes se sont déroulées de la semaine 28 de l'année 2001 à la semaine 23 de l'année 2002. Chaque semaine d'exportation, deux palettes de fruits non traités ont été exportées :

- palette 1- STAR_ENT : une première palette a été réalisée à partir des fruits épistillés au champ. Ces fruits n'ont pas subi de traitement fongicide post-récolte. Pour cela, les 2 parcelles sur lesquelles l'épistillage au champ a été mis en œuvre ont été récoltées en premier. Ces régimes ont suivi le processus normal de la chaîne d'emballage (découpe des mains, lavage, découpe des bouquets, lavage, pré-pesage, mise en carton), sans que le traitement fongicide ne soit appliqué avant la mise en carton. Pour garantir l'origine parcellaire des fruits dans les cartons constitués avec ces régimes, tant que la palette n'était pas constituée, aucun régime provenant d'une autre parcelle n'était introduit dans la chaîne d'emballage.
- traitement 2 – STAR_NENT : une deuxième palette a été réalisée à partir de fruits n'ayant pas été épistillés au champ. Ces fruits n'ont pas subi de traitement fongicide post-récolte. Pour cela, une fois que tous les régimes provenant des parcelles épistillées au champ ont été évacués de la chaîne d'emballage, les régimes non épistillés au champ ont été introduits dans la chaîne d'emballage. Ces régimes ont suivi le processus normal de la chaîne d'emballage (épistillage en station, découpe des mains, lavage, découpe des bouquets, lavage, pré-pesage, mise en carton), sans que le traitement fongicide ne soit appliqué avant la mise en carton.

Tous les cartons (format multipack) ont été emballés en utilisant un sac plastique en polyéthylène BD de 18 µm, non perforé. Chaque palette a été repérée par un marquage particulier afin d'identifier facilement les traitements à l'arrivée. Les palettes ont été introduites dans un conteneur de type reefer de 20 pieds qui a été mis à froid (13°C) le jour même, même lorsque ce conteneur a été complété sur plusieurs journées d'emballage. Le conteneur a par la suite été embarqué sur le bateau et remis à froid. Après un transport maritime de 10 jours en moyenne, les conteneurs ont été débarqués au port de Dunkerque. Les observations ont été réalisées au port de Dunkerque ou à la mûrisserie de Rungis, généralement 15 jours après la constitution des palettes, et toujours avant le mûrissage artificiel. La méthode de contrôle était la suivante :

- 3 colis ont été prélevés sur chaque palette de fruits non traités
- pour chaque colis on a observé tous les fruits, et on a compté le nombre de chancre sur tous les fruits
- pour chaque palette on a calculé le % de chancre (nombre total de chancres observés sur les 3 colis/nombre total de fruits dans les 3 colis)

Douville

Sur la plantation de Douville, l'épistillage au champ était mis en œuvre par le planteur en continu sur toutes les parcelles de l'exploitation. Toutefois, afin de s'affranchir d'effets liés à la parcelle, cet essai a été conduit sur une même parcelle suffisamment grande de façon à avoir, lors de chaque semaine d'exportation, une quantité suffisante de régimes pour constituer une palette de 45 cartons. Le gainage a été effectué au stade doigts horizontaux avec des gaines de couleurs différentes afin d'identifier la semaine de floraison qui constitue le point de départ pour le calcul des sommes de température : un code de 8 couleurs a été utilisé selon une séquence qui a été répétée consécutivement au cours de l'année. Les régimes ont été récoltés à 900 degrés.jours.

Pour les régimes marqués de la semaine 13 de l'année 2002 à la semaine 50 de l'année 2002, les niveaux de contamination ont été mesurés de la manière suivante :

- Pour une même date de floraison un fruit a été prélevé sur la main 3 de 20 régimes de la parcelle suivie, 3 semaines avant la date de récolte.
- Le lot de 20 fruits a ensuite été exposé à une dose d'éthylène de 1200 ppm pendant cinq jours, dans une enceinte régulée à 32°C et humidifiée. Le nombre de nécroses par fruit a été comptabilisé à la sortie, et on a calculé la moyenne du nombre de nécroses par fruit **(MNEC)**, qui détermine le niveau de contamination par le *Colletotrichum musae* (anthracnose).

Les exportations de bananes se sont déroulées de la semaine 23 de l'année 2002 à la semaine 8 de l'année 2003. Chaque semaine, 10 cartons de fruits non traités ont été exportés à partir des fruits provenant de la parcelle d'essai qui a toujours été récoltée en premier. Aucun régime provenant d'une autre parcelle n'était introduit dans la chaîne d'emballage tant que la palette d'essai n'était pas achevée. Les fruits ont été emballés dans un sac plastique prédécoupé, en carton multipack. La palette d'essai a été repérée par un marquage particulier afin d'identifier facilement les traitements à l'arrivée. La palette a été introduite dans un conteneur de type conair qui a été mis à froid (13°C) le jour même. Le conteneur a par la suite été embarqué sur le bateau et remis à froid.

Après un transport maritime de 10 jours en moyenne, les containers ont été débarqués au port de Dunkerque. Les observations ont été réalisées au port de Dunkerque ou à la mûrisserie de Metz, généralement 15 jours après la constitution des palettes, et toujours avant le mûrissage artificiel. La méthode de contrôle était la suivante :

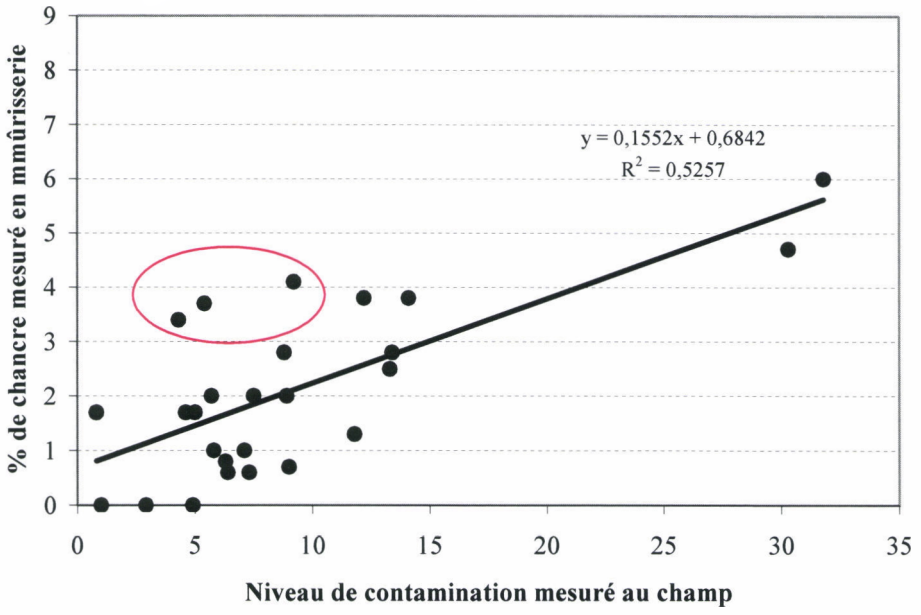
- 3 colis ont été prélevés sur chaque palette de fruits non traités
- pour chaque colis on a observé tous les fruits, et on a compté le nombre de chancre par fruit
- pour chaque palette on a calculé le % de chancre (nombre total de chancres observés sur les 3 colis/nombre total de fruits dans les 3 colis)

Résultats

Neufchâteau

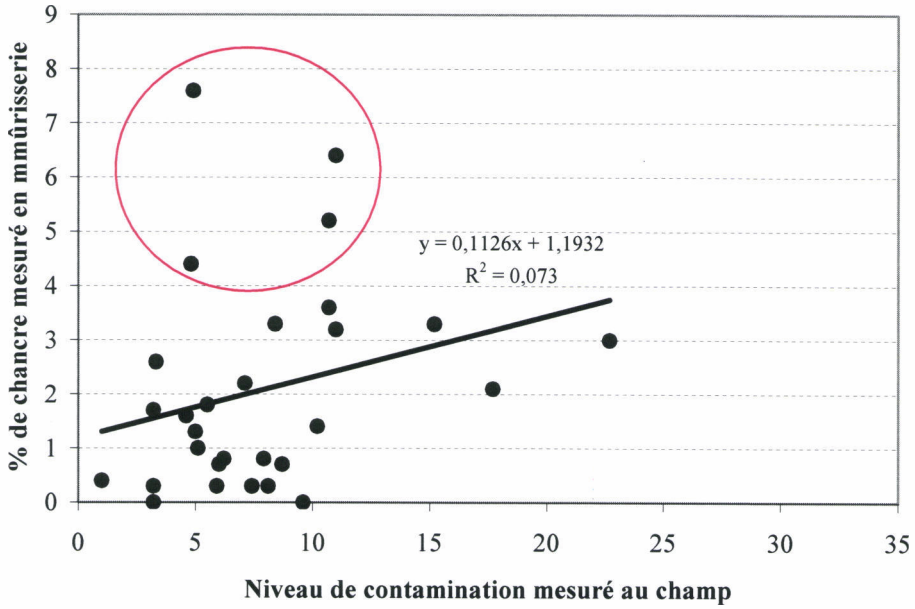
Pour les fruits non épistillés, la corrélation entre le niveau de contamination des fruits à la récolte et le % de chancre en entrée de mûrisserie est relativement bonne (figure 5). Cette relation est perturbée par certains points pour lesquels le % de chancre est élevé alors que le niveau de contamination est faible.

Figure 5. Relation entre le niveau de contamination mesuré au champ et le % de chancre mesuré en mûrisserie, pour les fruits non epistillés au champ du site de Neufchâteau



Pour les fruits épistillés au champ, cette correlation est faible (figure 6) et elle est encore perturbée par certains points pour lesquels le % de chancre est élevé alors que le niveau de contamination est faible. Il semble toutefois, que pour des niveaux de contamination inférieurs à 5 nécroses par fruit, la probabilité d'avoir un taux élevé de chancre à l'arrivée soit faible, tout comme elle est élevée lorsque les niveaux de contamination sont supérieurs à 10-15 nécroses par fruit.

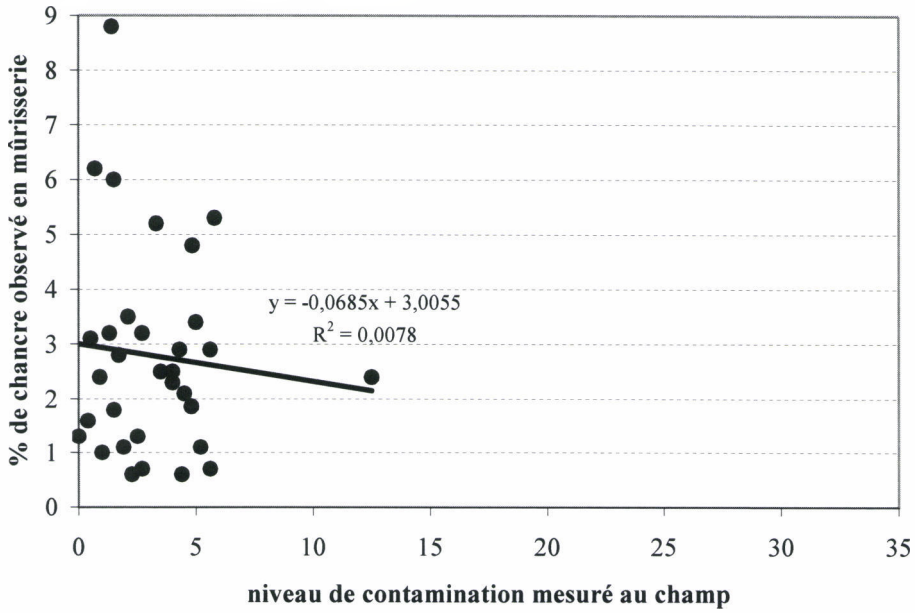
Figure 6. Relation entre le niveau de contamination mesuré au champ et le % de chancre mesuré en mûrisserie, pour les fruits epistillés au champ du site de Neufchâteau



Douville

Sur Douville, les niveaux de contamination ont été relativement faibles durant toute la période de l'essai (figure 7). Toutefois les niveaux de chancre ont été élevés à certains moments, et ainsi la corrélation entre les niveaux de contamination au champ et le % de chancre en entrée de mûrisserie est mauvaise.

Figure 7. Relation entre le niveau de contamination mesuré au champ et le % de chancre mesuré en mûrisserie, pour les fruits epistillés au champ du site de Douville



Le taux de chancre est globalement plus élevé sur Douville (2,8 % en moyenne) que sur Neufchâteau (2,1 % pour les fruits non épistillés et 2,1 % pour les fruits épistillés) alors que les niveaux de contamination sont nettement plus faibles à Douville (3,2 nécroses par fruit en moyenne) qu'à Neufchâteau (9 et 7 nécroses par fruits respectivement pour les fruits non épistillés et épistillés). Il semble que l'on puisse relier cette plus forte

incidence du chancre sur Douville à un plus grand niveau de sensibilité des fruits dans cette zone (Chillet, 2003; Chillet et al., 2000). **Ainsi, on ne peut pas directement utiliser le niveau de contamination des fruits à la récolte pour estimer à priori le taux de chancre à l'arrivée**. Lorsque les niveaux de contamination au champ sont élevés, comme on a pu l'observer ponctuellement sur les fruits non épistillés de Neufchâteau, alors le risque d'avoir du chancre en mûrisserie est élevé. Par contre, comme on peut l'observer à Douville et à Neufchâteau sur les fruits épistillés, lorsque les niveaux de contamination sont faibles ont peut encore avoir un taux de chancre élevé, et plus particulièrement dans les zones comme Douville où les fruits sont plus sensibles au chancre. Ainsi, l'évaluation du risque de développement du chancre au stade commercial est plus complexe et ne peut pas se limiter à l'évaluation du degré d'infection parasitaire au champ. **D'autres facteurs comme la sensibilité des fruits au chancre, mais aussi les techniques post-récoltes (meurtrissures à la récolte et au conditionnement, conditions de conservation des fruits, durée du transit, etc...) doivent aussi être intégrés dans un modèle de prévision de risques forcément plus complexe.**

2. Mise au point de techniques et de procédés au niveau de la conservation des fruits

2.1.Mise au point de nouveaux emballages et de techniques de conditionnement afin d'obtenir une atmosphère modifiée favorable à la conservation des fruits et au contrôle des maladies de conservation

En dehors de la réfrigération des fruits à 13°C, qui est une pratique courante, une atmosphère modifiée ou contrôlée améliore la conservation des fruits et pourrait freiner le développement des pourritures de couronnes en absence de traitement fongicide, l'optimum étant 5-7% de CO_2 et 2-5% d'O_2 (Thompson, 1998). Un conditionnement en sac plastique fermé permet de créer une atmosphère modifiée enrichie en CO_2 et appauvrie en O_2. L'objectif, dans le cadre de ce projet, était de définir un cahier des charges pour des emballages permettant d'améliorer la conservation des fruits et de limiter le développement des pourritures de couronnes.
Une partie des nouveaux emballages plastiques a été mise au point par Danisco. Une autre partie de ces emballages a été récupérée chez des revendeurs déjà présents sur le marché. L'évaluation de l'effet de ces emballages sur la conservation des fruits et le développement des pourritures de couronnes a été réalisée par le Cirad-Flhor, en Guadeloupe.

Matériel et méthodes

Mesures d'atmosphères modifiées au terme de 17 jours de conservation, pour une large gamme d'emballages

Une large gamme d'emballages a été évaluée. Ces emballages comprenaient des sacs polyéthylènes non perforés, de basse densité (PEHD) de 18 µm d'épaisseur (les plus utilisés aux Antilles françaises), des sacs polyéthylènes BD plus épais, des sacs polyéthylènes haute densité de différentes épaisseurs, des sacs polyéthylènes BD micro perforés, un sac en polyamide micro perforé et un sac polyéthylène BD contenant des adjuvants qui limitent les échanges gazeux. Pour chaque type d'emballage on a constitué 4 cartons de 18,5 kg qui ont été conservés en chambre froide à 13°C durant 17 jours, pour simuler le transport maritime. Au terme de cette simulation, les teneurs en O_2 et en CO_2 ont été mesurées à l'intérieur des sacs.

Mesure de l'effet de l'atmosphère modifiée et du stade de récolte sur la conservation des fruits

Cette étude a porté sur quatre types d'emballages choisis en fonction des atmosphères modifiées qu'ils permettent d'obtenir :

- un sac polyéthylène BD de 18 µm qui correspond à celui qui est principalement utilisé par les producteurs antillais
- un sac polyéthylène BD de 50 µm qui n'est pas utilisé par les producteurs antillais. Toutefois, les mesures précédentes ont indiqué qu'il permet d'obtenir une atmosphère modifiée idéale pour la conservation des bananes (1-2 % d'O_2 et 5-7 % de CO_2)
- un sac en polyamide qui est peu perméable et permet d'obtenir une atmosphère très enrichie en CO_2 (6-9 %) mais peu appauvrie en O_2 (12-14 %).
- un sac polyéthylène BD de 18 µm perforé. Dans ce type d'emballage il n'y a pas de modification des teneurs en O_2 et en CO_2. Ce traitement a servi de témoin.

Nous avons mesuré la durée de conservation des fruits (durée de vie verte) à 13°C sur des bouquets individuels emballés dans les différents emballages étudiés. Cette mesure a été réalisée sur des échantillons de fruits récoltés à différents âges physiologiques : 800, 900, 1000, 1100 et 1200 degrés.jours.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Sur une même parcelle dix régimes ayant fleuri le même jour ont été récoltés à 800, 900, 1000, 1100 et 1200 degrés.jours. Quatre bouquets de 4 fruits ont été prélevés sur la main n°3 de chaque régime, et chacun de ces bouquets a été emballé individuellement dans un des 4 emballages testés, après avoir été préalablement immergé dans une solution de bitertanol à 200 ppm. Les bouquets ont alors été conservés à 13°C, et la fin de la phase climactérique a été repérée par un test manuel de perte de fermeté. En effet, il n'était pas possible de mesurer le pic de CO_2 dégagé par les fruits à l'intérieur de chaque emballage sans rompre l'atmosphère modifiée. La DVV a donc été évaluée par le nombre de jours entre la date de la chute de la fermeté des fruits et la date de récolte.

Mesure de l'effet du type d'emballage sur le développement des pourritures de couronnes

L'effet du type d'emballage a été mesuré sur des bouquets inoculés artificiellement (annexe 3) avec différents pathogènes impliqués dans cette pathologie : *Colletotrichum musae*, *Fusarium moniliforme*, *Fusarium pallidoroseum*, *Botryodiplodia sp*, *Cephalosporium sp* (Finlay & Brown, 1993; Greene & Goos, 1963; Griffee, 1976; Griffee & Burden, 1976; Knight, 1982; Wallbridge, 1981). Pour chaque pathogène inoculé, 10 régimes ont été récoltés à 900 degrés.jours. 6 bouquets de 4 fruits ont été prélevés sur les mains n° 2 et 3 de chaque régime, et ils ont subi les traitements suivants :

- inoculation – emballage dans un sac polyéthylène BD de 18 µm
- inoculation – emballage dans un sac polyéthylène BD de 50 µm
- inoculation – emballage dans un sac en polyamide microperforé
- inoculation – emballage dans un sac polyéthylène BD de 18 µm perforé.
- inoculation – traitement fongicide avec du thiabendazole à 500 ppm.
- pas d'inoculation - emballage dans un sac polyéthylène BD de 18 µm perforé.

Après inoculation, les 10 bouquets d'un même traitement sont réunis dans un même carton et conservés 10 jours à 13°C pour simuler le transport en bateau. Une première observation a été réalisée sur la surface des couronnes à l'issue de cette simulation de transport, et elle correspond à l'évaluation en « entrée de mûrisserie ».
Lors de cette observation, une note de 0 à 4 est attribuée à chaque bouquet selon l'echelle suivante :

- 0: pas de lésion
- 1: moins de 25 % de la surface de la couronne est nécrosé
- 2: 25-50 % de la surface de la couronne est nécrosé
- 3: 50-75 % de la surface de la couronne est nécrosé
- 4: plus de 75 % de la surface de la couronne est nécrosé

Les sacs ont alors été ouverts, et les cartons aérés avant d'être traités à l'éthylène (1000 ppm) pendant 24 h à 20°C pour provoquer la maturation des fruits. Trois jours après, une évaluation de la progression interne de la pourriture de couronne a été réalisée, ce qui correspond à une évaluation faite en « sortie mûrisserie ». Lors de cette observation, après avoir séparé le bouquet en 2 au niveau de la couronne, on a mesuré la surface interne de la couronne (longueur x largeur d'un rectangle), la surface de la couronne qui est nécrosée (longueur x largeur d'un rectangle), et on a calculé le % de la surface de la couronne qui était nécrosé.

Chaque expérience d'inoculation a été répétée trois fois à une date de récolte différente, et les moyennes de ces 3 répétitions ont été soumises à une analyse de variance.

Résultats

Mesures d'atmosphères modifiées au terme de 17 jours de conservation, pour une large gamme d'emballages

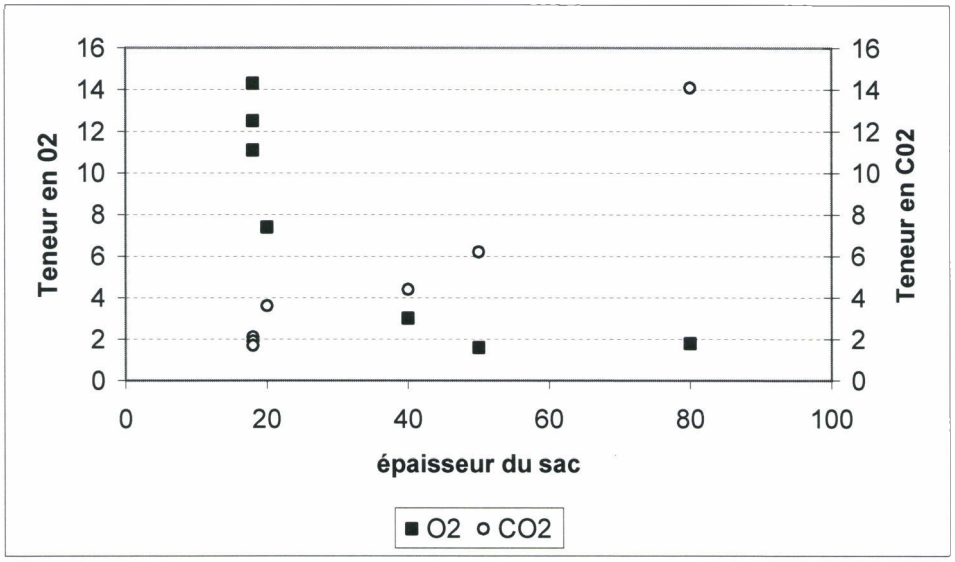
Le type d'emballage qui permet de s'approcher au mieux des conditions idéales est un sac non perforé en polyéthylène (basse densité ou haute densité) épais de 40 à 50 µm (tableau 8). L'atmosphère obtenue avec les sacs couramment utilisés aux Antilles françaises n'est pas optimale car elle est peu appauvrie en O_2 et peu enrichie en CO_2. Par ailleurs, ces plastiques sont souvent déchirés au cours de l'emballage, ce qui ne permet pas l'établissement d'une atmosphère modifiée.

Tableau 8. Effet de différents types d'emballage plastique sur la teneur de l'atmosphère en O_2 et CO_2 au terme de 17 jours de conservation des fruits à 13°C

Type de sac		Teneur en O_2	Teneur en CO_2
Polyéthylènes de basse densité (épaisseur variable)	**PE BD1 18 µm**	11,1	2,1
	PE BD2 18 µm	12,5	1,9
	PE BD3 18 µm	14,3	1,7
	PE BD 20 µm	7,4	3,6
	PE BD 40 µm	3	4,4
	PE BD 50 µm	1,6	6,2
	PE BD 80 µm	1,8	14,1
Polyéthylènes de haute densité (épaisseur variable)	**PE HD1 20 µm**	9,3	2,9
	PE HD2 20 µm	11	3
	PE HD 36 µm	3,7	5,8
Polyéthylènes de basse densité avec des micro perforations	**Danisco P100**	13	4
	Danisco P180A	16,1	3,4
	Danisco P180B	15	3,7
	Danisco P240	18,2	2,2
Polyamide micro perforé		13,7	8,2
PE BD 25 µm + adjuvants imperméabilisants		2,3	17

Pour un même matériau, l'épaisseur du plastique conditionne la teneur de l'atmosphère à l'équilibre. La teneur en CO_2 augmente avec l'épaisseur du sac, contrairement à la teneur en O_2 qui diminue (figure 8).

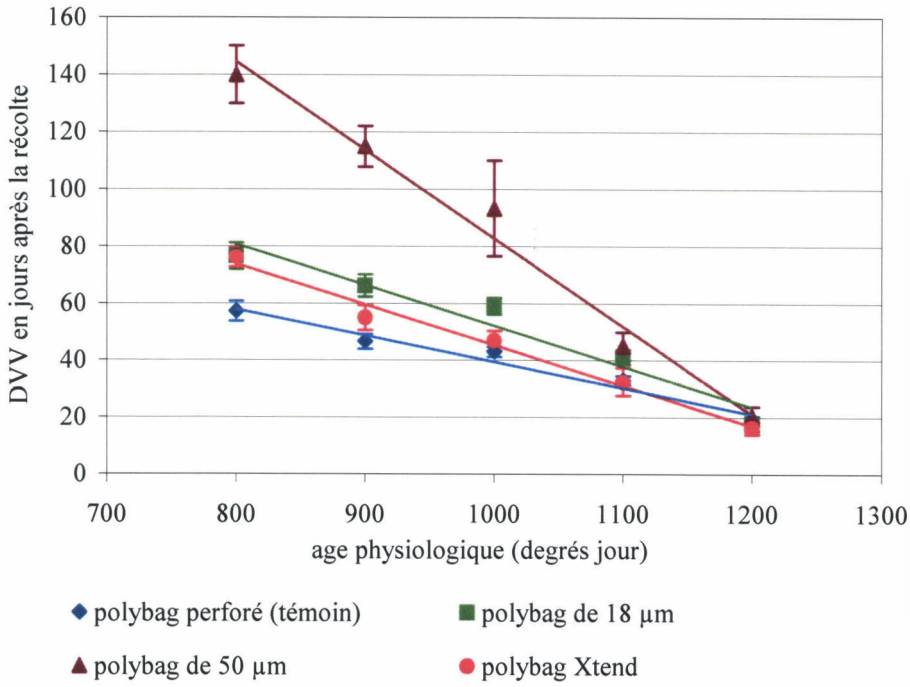
Figure 8. Evolution de la teneur en O_2 et en CO_2 au terme de 17 jours de conservation à 13°C, en fonction de l'épaisseur du sac (polyéthylène basse densité).



Mesure de l'effet de l'atmosphère modifiée et du stade de récolte sur la conservation des fruits

Le conditionnement en sac fermé a un effet très significatif sur la durée de conservation des fruits (figure 9). Les trois types de sacs testés ont permis d'allonger la durée de conservation des fruits par rapport aux fruits emballés dans un sac perforé. Cet effet est significativement plus important pour un sac en polyéthylène épais de 50 µm. Cet effet s'estompe pour des fruits ayant un stade physiologique avancé (au delà de 1000 degrés.jours). Ainsi, il est important de bien maîtriser le point de coupe pour bien utiliser ces emballages : il faut récolter les fruits à un stade homogène sans dépasser les 1000-1050 degrés.jours.

Figure 9. Evolution de la DVV en fonction de l'âge physiologique des fruits à la récolte pour différents emballages. Les barres représentent l'erreur type de chaque moyenne calculée sur les 10 répétitions que constituent les 10 régimes.



Mesure de l'effet du type d'emballage sur le développement des pourritures de couronnes

Les trois types d'emballages testés permettent toujours de limiter le développement des pourritures de couronnes, par rapport au sac perforé (tableau 9). Cet effet de l'emballage non perforé est mesurable en entrée et aussi en sortie de mûrisserie. Il a été noté avec tous les pathogènes impliqués dans cette pathologie.
Les sacs polyéthylène épais de 50 µm ont un effet plus marqué, par rapport au polybag de 18 µm qui est le plus employé (tableau 9). Toutefois, le traitement fongicide a un effet plus prononcé sur le développement des pourritures de couronnes, notamment lors des évaluations réalisées en sortie de mûrisserie.

Tableau 9. Comparaison de l'effet de divers types d'emballages sur le développement des pourritures de couronnes, sur des fruits artificiellement inoculés avec différents pathogènes. Les évaluations ont eu lieu après la simulation du transport (entrée mûrisserie) et après le mûrissage artificiel des fruits (sortie mûrisserie)

		18 µm	50 µm	Xtend	perforé	traité (TBZ)
C. musae	entrée murisserie	0,9 (B)	0,5 (C)	0,6 (C)	1,4 (A)	0,4 (C)
	sortie murisserie	35 (B)	32 (B)	29 (B)	50 (A)	4 (C)
autres pathogènes	entrée murisserie	0,8 (B)	0,3 (C)	0,3 (C)	1,9 (A)	0,3 (C)
	sortie murisserie	13 (B)	6 (C)	8 (C)	44 (A)	2 (D)

* les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes, sur une même ligne du tableau

2.2. Mise au point de nouveaux cartons pour réduire les chocs lors du transport et améliorer la présentation du nouveau produit

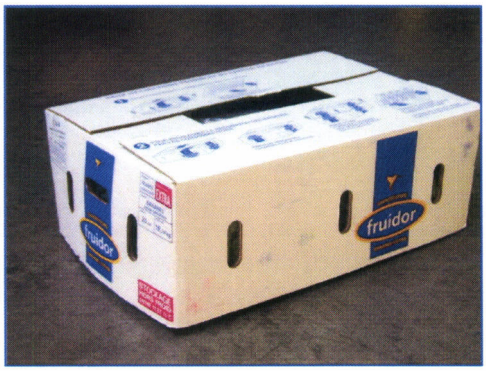
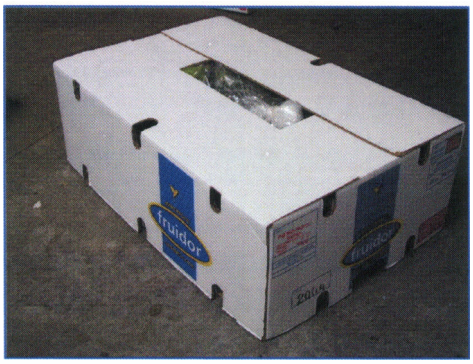
Le transport de la banane fait depuis longtemps l'objet d'études précises pour réduire les chocs et améliorer au final la présentation du produit au consommateur. Ainsi, Pomona a participé au développement de nouveaux cartons et notamment les cartons open top (plateau) et multipack où le rangement des fruits en 3 rangées, contre 4 à 5 rangées auparavant, a permis une réduction des blessures de fruits à l'arrivée. Afin d'améliorer la présentation du nouveau produit , banane STAR, « banane sans traitement chimiquement après récolte », des tests ont été menés dans le cadre de ce projet sur les aérations des cartons (nombre et emplacement des perforations)

L'objectif était de trouver la perforation qui permette de répondre à une double contrainte :

- une descente en froid dans le conteneur avec un flux d'air vertical (du bas vers le haut) ;
- une traversée d'air pour le mûrissage avec un flux d'air horizontal.

Matériel et méthodes

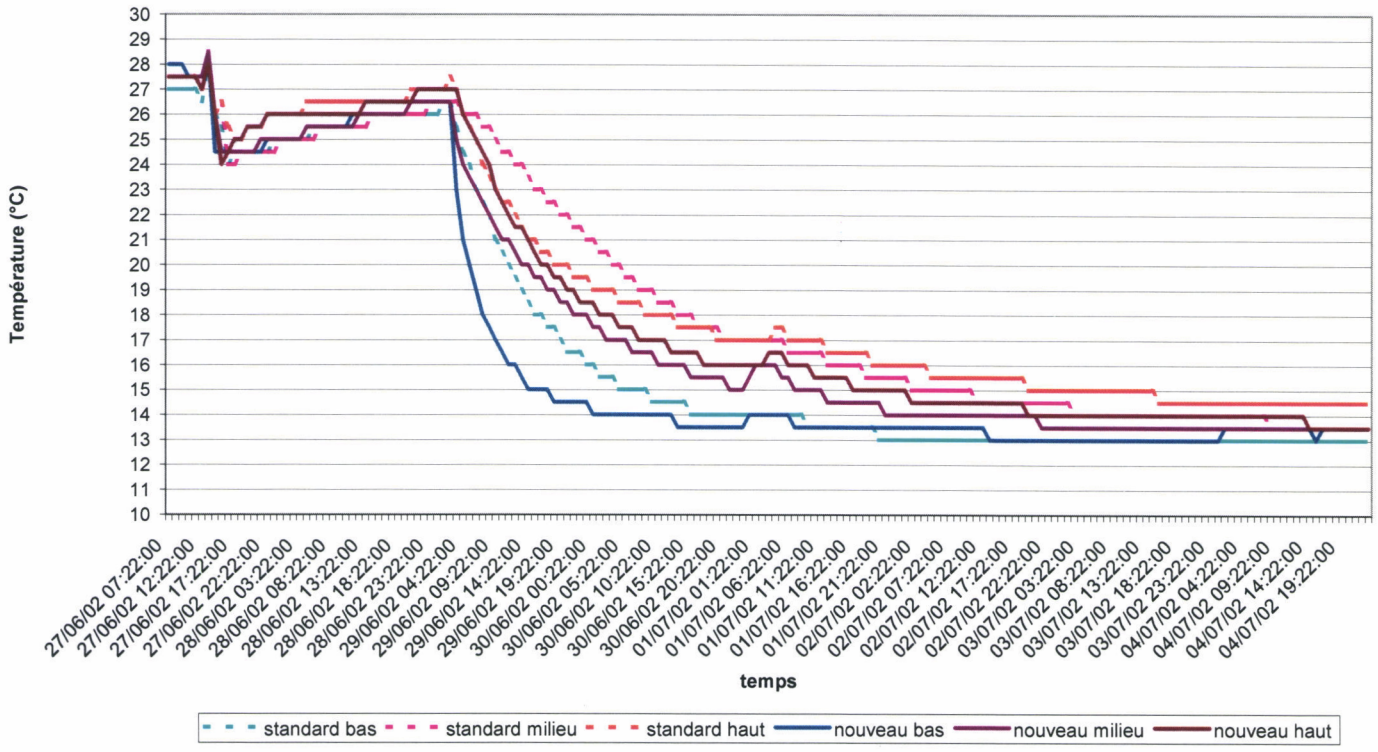
Les perforations des cartons sont souvent obstruées par la banane à l'intérieur même du colis. Ainsi, des cartons standards avec des opercules d'aération sur les milieux des faces ont été comparés à de nouveaux cartons avec des opercules d'aération dans les angles (voir photos).

	
1 – carton « multipack » standard	2 – nouveau carton multipack

Des capteurs de température ont été placés dans 2 palettes (1 palette de carton standard et 1 palette de carton avec perforations d'angles) au départ des Antilles, avant la mise en conteneur. Ces capteurs ont été positionnés à l'intérieur des cartons d'une face de la palette, sur 3 niveaux différents (bas, milieu et haut de palette). Les températures ont été enregistrées durant tout le transport maritime puis à l'arrivée jusqu'à la sortie de chambre de mûrissage. Afin de limiter les biais résultant d'une position différente des palettes dans le conteneur, les deux palettes ont été mises face à face, de chaque côté du conteneur et au milieu de celui-ci.

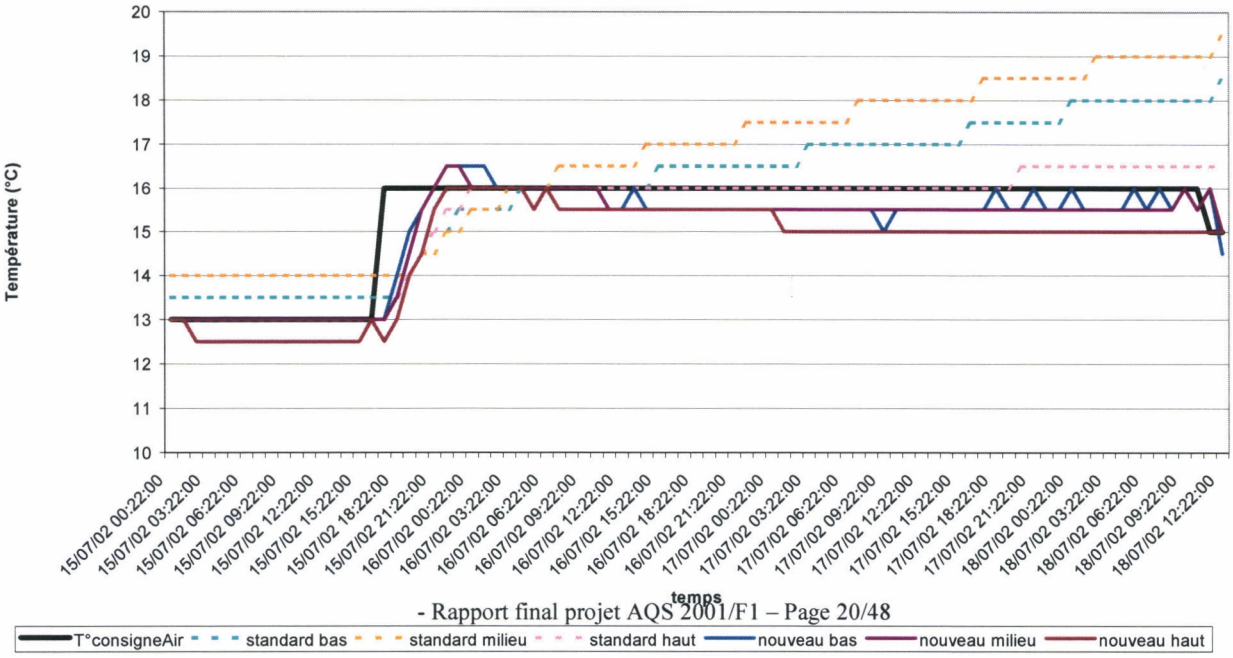
Résultats

Figure 10. Comparaison de la descente en froid pour les deux types de cartons, pendant le transport maritime. La température est mesurée à 3 niveaux d'une palette.



Les cartons avec des perforations d'angles descendent plus vite en température que les cartons standards (figure 10) : la température de 14°C est atteinte 24 heures plus tôt avec les nouveaux cartons (moyenne des 3 capteurs).

Figure 11. Evolution de la température dans les deux types de cartons au cours du mûrissage des fruits. La température est mesurée à 3 niveaux d'une palette.



Dans ce cycle de mûrissage, la température de chauffage choisie (température de consigne) était de 16°C. Les relevés de températures effectués au cours du cycle de mûrissage (figure 11) appellent les commentaires suivants :

- les cartons standard arrivent en chambre de mûrissage avec une température plus élevée (de l'ordre de 0.5 à 1°C) que les nouveaux cartons,
- la montée en température des nouveaux cartons est plus rapide que celle des cartons standards : 1h20 en moyenne avec les nouveaux cartons contre 4 heures en moyenne avec les cartons standard pour monter d'1°C
- à partir du moment où la banane a commencé sa maturation, elle s'échauffe, et la maîtrise de la température est plus délicate : dans ce test, à partir de cet instant, les cartons standards ne respectent plus la température de consigne (jusqu'à 3°C au dessus de la température de consigne) contrairement aux nouveaux cartons.
- enfin, la température des colis standards à l'intérieur de la palette est plus hétérogène : en fin de cycle, les écarts entre cartons standards vont jusqu'à 2.5°C contre 0.5 à 1°C dans le cas des nouveaux colis.

Le carton avec des perforations d'angles est mieux régulé en température que le carton standard : c'est un carton plus performant en matière de conservation et de mûrissage car ses perforations permettent une bonne maîtrise de la température :

- pendant la phase de transport (stade vert), sa descente en froid est plus rapide, ce qui favorise l'allongement de la durée de vie verte des bananes;
- pendant la phase de mûrissage, les consignes de température sont respectées et les variations de température sont moins élevées. En sortie, les fruits sont plus homogènes en coloration, et leur durée de vie à l'étalage est allongée.

3. Validation des procédés dans la filière commerciale d'exportation

Afin de valider les acquis techniques et les nouveaux procédés, des exportations de banane sans traitement après récolte (STAR) ont été réalisées de 2002 à 2004 sur le domaine expérimental du Cirad-Flhor de Neufchâteau, et chez un producteur privé (plantation Beauvarlet). Ces deux implantations se distinguent par leurs conditions pédoclimatiques. Le site de Neufchâteau (Capesterre belle eau) est situé sur la côte au vent, à 250 m d'altitude, sur des sols bruns andiques. Le site de Douville (Goyave) est situé sur la côte au vent, à 35 m d'altitude, sur des sols ferralitiques. Des travaux antérieurs ont montré que les fruits produits dans les conditions de Douville ont un niveau de sensibilité plus élevé aux maladies de conservation que ceux produits dans les conditions de Neufchâteau. En revanche, le climat de Neufchâteau est plus humide (la pluviométrie annuelle est de 3500 mm/an, et il n'y a pas de saison sèche très marquée) et les conditions y sont plus favorables à la dispersion des spores de *Colletotrichum musae* que sur le site de Douville où le climat est plus sec (la pluviométrie annuelle est de 1800 mm/an, et les pluies sont généralement peu importantes pendant 5-6 mois de l'année).

Ainsi, les techniques visant à améliorer l'état sanitaire des fruits à la récolte ont été mises en œuvre sur le site de Neufchâteau. En revanche, les techniques visant à améliorer les caractéristiques post-récoltes des fruits ont été mises en œuvre à Douville, là où les fruits sont réputés plus sensibles aux maladies de conservation.

3.1. Effet de l'épistillage au champ pour réduire le développement des maladies de conservation

Les résultats obtenus avec les nouvelles gaines ne nous ont pas permis d'envisager des essais d'exportation de bananes STAR en utilisant de nouvelles techniques de gainage pour réduire la contamination des fruits au champ. Nous avons donc pris le parti d'adopter l'épistillage au champ dans un essai de validation d'une technique de réduction du niveau de contamination des fruits au champ. En effet, des travaux antérieurs nous ont permis de montrer que cette technique permet de réduire significativement les niveaux de contamination des fruits par le *Colletotrichum musae* (de Lapeyre de Bellaire et al., 2000; de Lapeyre de Bellaire & Mourichon, 1997). Par ailleurs, même si elle est coûteuse en main d'œuvre, cette technique est utilisée par certains planteurs, et il n'avait jamais été vérifié auparavant que la mise en œuvre de l'épistillage au champ puisse permettre de s'affranchir des traitements fongicides post-récolte. C'était donc l'objectif de cette expérimentation qui a été mise en place sur le domaine expérimental du Cirad-flhor de Neufchâteau.
L'épistillage au champ sur des parcelles de production, la récolte et le conditionnement des fruits ont été mis en œuvre par le Cirad-Flhor. Les observations des fruits à l'arrivée, après environ 15 jours de transport maritime et de délais d'acheminement en mûrisserie, ont été réalisées par Pomona.

Matériel et méthodes

L'épistillage au champ a été mis en œuvre en continu sur deux parcelles du domaine expérimental, de façon à avoir, lors de chaque semaine d'exportation, une quantité suffisante de régimes épistillés au champ pour constituer une palette de 45 cartons. Sur ces deux parcelles, les pièces florales et la bractée inférieure du régime ont été éliminées manuellement au cours de deux passages hebdomadaires. Généralement, lors du premier passage, il n'est pas possible d'éliminer les pièces florales sur les mains inférieures du régime, car elles sont encore soudées aux fruits. L'épistillage des mains inférieures est donc réalisé 3 à 4 jours après. Les régimes ont été gainés au cours de ce deuxième passage qui a été réalisé au stade 'doigts horizontaux'. A ce stade, un ruban de couleur a été posé sur la hampe du régime afin d'identifier la semaine de floraison qui constitue le point de départ pour le calcul des sommes de température : un code de 12 couleurs a été utilisé selon une séquence qui a été répétée consécutivement au cours de l'année. Les régimes ont été récoltés à 900 degrés.jours.

L'épistillage au champ a été mis en oeuvre de la semaine 1 de l'année 2002 à la semaine 8 de l'année 2003. Le niveau de contamination des fruits au champ a été évalué 6 semaines après la floraison pour vérifier l'effet de l'épistillage au champ sur la contamination des fruits par le *C. musae*. Ainsi, pour chaque semaine de marquage et pour chacune des parcelles du domaine expérimental de Neufchâteau, on a prélevé 1 fruit sur la 3ème main de 20 régimes ayant cette même date de floraison. Chaque lot de 20 fruits représentatif d'une même parcelle a été exposé à une dose d'éthylène de 1200 ppm pendant cinq jours, dans une enceinte régulée à 32°C et humidifiée. Le nombre de nécroses par fruit a été comptabilisé à la sortie, et on a calculé, pour chaque parcelle, la moyenne du nombre de nécroses par fruit **(MNEC)**, qui détermine le niveau de contamination par le *Colletotrichum musae* (anthracnose). On a par la suite calculé la moyenne des deux parcelles sur lesquelles l'épistillage au champ a été mis en œuvre et la moyenne des autres parcelles du domaine expérimental sur lesquelles les fruits n'ont pas été épistillés au champ.

Les exportations de bananes se sont déroulées de la semaine 18 de l'année 2002 à la semaine 21 de l'année 2003. Chaque semaine d'exportation, trois traitements ont été comparés. Chaque traitement était constitué d'un lot de fruits correspondant à une palette :

- traitement 1- STAR_ENT : une première palette a été réalisée à partir des fruits épistillés au champ. Ces fruits n'ont pas subi de traitement fongicide post-récolte. Pour cela, les 2 parcelles sur lesquelles l'épistillage au champ a été mis en œuvre ont été récoltées en premier. Ces régimes ont suivi le processus normal de la chaîne d'emballage (découpe des mains, lavage, découpe des bouquets, lavage, pré-pesage, mise en carton), sans que le traitement fongicide ne soit appliqué avant la mise en carton. Pour garantir l'origine parcellaire des fruits dans les cartons constitués avec ces régimes, tant que la palette n'était pas constituée, aucun régime provenant d'une autre parcelle n'était dépatté et introduit dans la chaîne d'emballage.
- traitement 2 – STAR_NENT : une deuxième palette a été réalisée à partir de fruits n'ayant pas été épistillés au champ. Ces fruits n'ont pas subi de traitement fongicide post-récolte. Pour cela, une fois que tous les régimes provenant des parcelles épistillées au champ ont été évacués de la chaîne d'emballage, les régimes non épistillés au champ ont été introduits dans la chaîne d'emballage. Ces régimes ont suivi le processus normal de la chaîne d'emballage (épistillage en station, découpe des mains, lavage, découpe des bouquets, lavage, pré-pesage, mise en carton), sans que le traitement fongicide ne soit appliqué avant la mise en carton.
- traitement 3 – REF_NET : une troisième palette servait de référence, à partir de fruits n'ayant pas été épistillés au champ et ayant fait l'objet d'un traitement fongicide post récolte. Ces régimes ont suivi le processus normal de la chaîne d'emballage : épistillage en station, découpe des mains, lavage, découpe des bouquets, lavage, pré-pesage, traitement fongicide appliqué en pulvérisation grossière (débit 8 litres/min) pendant au moins 20 secondes, mise en carton. De la semaine 18 de l'année 2002 à la semaine 36 de l'année 2002, les traitements fongicides ont été effectués avec du thiabendazole à la dose de 500 ppm. De la semaine 37 de l'année 2002 à la semaine 21 de l'année 2003, les traitements fongicides ont été effectués avec du bitertanol à la dose de 200 ppm.

Tous les cartons, au format multipack, ont été emballés en utilisant un sac plastique en polyéthylène BD de 18 µm, non perforé. Chaque palette a été repérée par un marquage particulier afin d'identifier facilement les traitements à l'arrivée. Les palettes ont été introduites dans un conteneur de type reefer de 20 pieds qui a été mis à froid (13°C) le jour même, même lorsque ce conteneur a été complété sur plusieurs journées d'emballage. Le conteneur a par la suite été embarqué sur le bateau et remis à froid. Après un transport maritime de 10 jours en

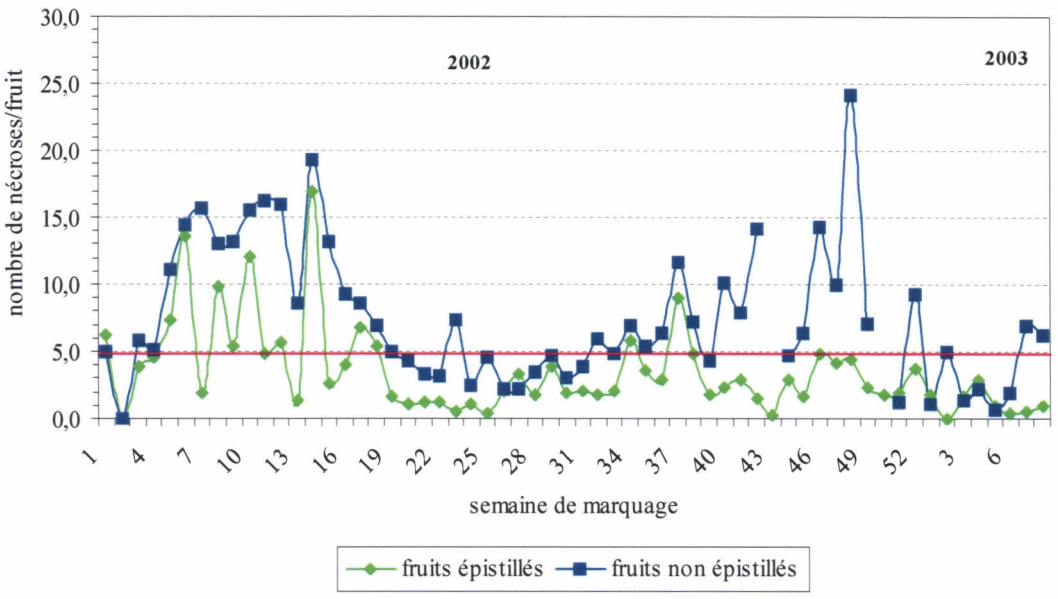
moyenne, les conteneurs ont été débarqués au port de Dunkerque. Les observations ont été réalisées au port de Dunkerque ou à la mûrisserie de Rungis, généralement 15 jours après la constitution des palettes, et toujours avant le mûrissage artificiel. La méthode de contrôle était la suivante :

- 3 colis ont été prélevés sur chaque palette représentant chacun des 3 traitements
- pour chaque colis on a observé tous les fruits, et on a compté le nombre de chancre et le nombre de fruits
- pour chaque colis on a observé toutes les couronnes et on a compté le nombre de couronnes moisies et le nombre de bouquets de bananes
- pour chaque traitement on a calculé le % de chancre (nombre total de chancres observés sur les 3 colis/nombre total de fruits dans les 3 colis) et le % de pourritures de couronnes (nombre total de couronnes moisies/nombre total de bouquets dans les 3 colis)

Résultats

La mise en œuvre de l'épistillage au champ a effectivement permis de réduire le niveau de contamination des fruits observés 6 semaines après la floraison (figure 12). Sur toute la durée de l'essai le niveau de contamination observé sur les fruits épistillés a généralement été inférieur à 5 et peu élevé (sauf en semaines 6, 10 et 15). Sur ces fruits on a compté une moyenne de 3,6 nécroses par fruit contre 7,6 nécroses par fruits pour les fruits non épistillés au champ. Pour les fruits non épistillés au champ, le nombre de semaines où le nombre de nécroses/fruit est supérieur à 10 a été beaucoup plus élevé : 16 semaines au lieu de 4 semaines pour les fruits épistillés au champ.

Figure 12. Comparaison des niveaux de contamination par le *C. musae*, mesurés 6 semaines après la floraison, entre des régimes ayant été épistillés au champ à la floraison et des régimes n'ayant pas été épistillés au champ



Il y a eu des observations en entrée de mûrisserie pour un total de 37 semaines d'exportation.

Au cours de ces 37 semaines d'exportation, les niveaux de chancre mesurés à l'arrivée ont toujours été supérieurs pour les fruits non traités qui avaient été épistillés au hangar (Figure 13). Pour ces derniers, le niveau de chancre est régulièrement plus élevé : il y a 20 semaines où il est supérieur à 2 %, contre 9 semaines pour les fruits non traités épistillés au champ et 8 semaines pour les fruits traités. De même, l'incidence moyenne du chancre sur toute la durée de l'expérimentation a été nettement plus élevée pour les fruits non traités épistillés au hangar (2,4%) que pour les deux autres traitements qui ont des niveaux moyens similaires (tableau 10). Il faut par ailleurs noter que l'incidence du chancre n'est jamais nulle, même pour les fruits qui ont fait l'objet d'un traitement fongicide post-récolte.

Dans les conditions de Neufchâteau, l'épistillage au champ a permis de réduire l'incidence du chancre à l'arrivée dans les mêmes proportions que le traitement fongicide post-récolte (42% pour l'épistillage au champ et 46% pour le traitement fongicide).

Figure 13. Evolution du % de chancre en entrée de mûrisserie, au cours des différentes semaines d'exportation de banane STAR, sur le domaine expérimental de Neufchâteau

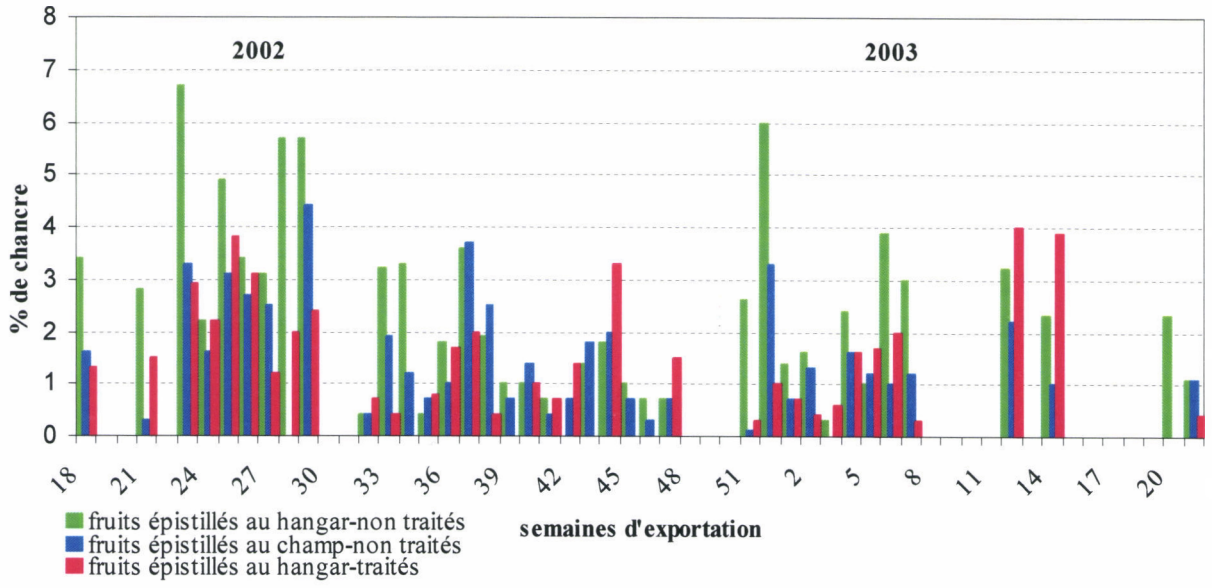


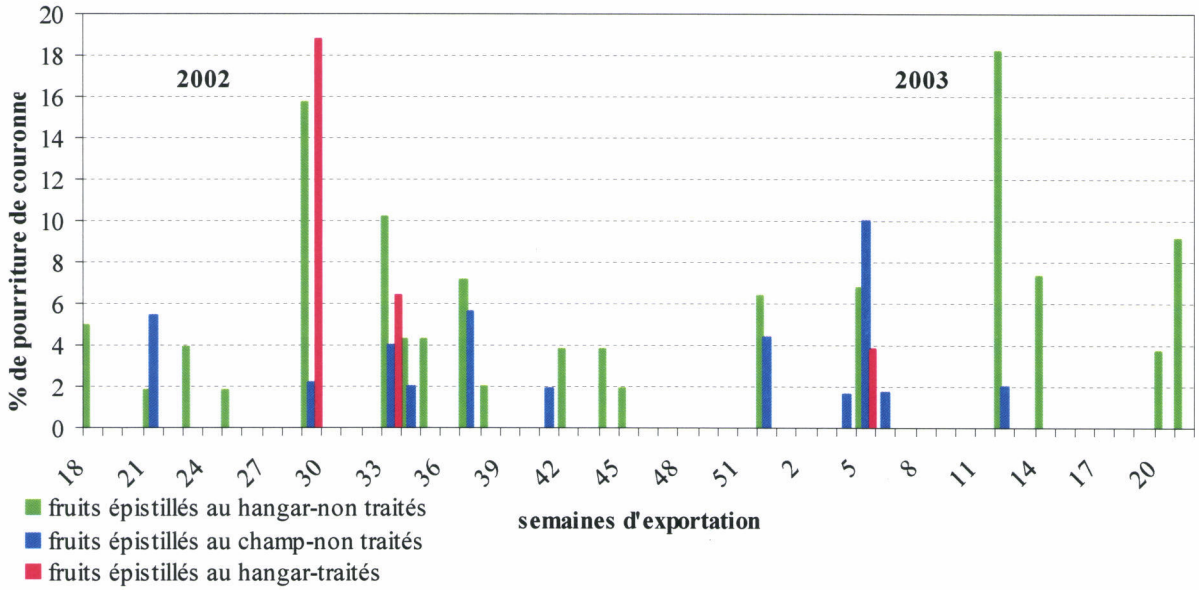
Tableau 10. Comparaison de l'incidence moyenne des maladies de conservation (chancre et pourritures de couronnes) au cours des semaines d'exportation banane STAR, sur le domaine expérimental de Neufchâteau. (valeur minimale-valeur maximale)

	Fruits non traités - épistillés en station	**Fruits non traités - épistillés au champ**	**Fruits traités - épistillés en station**
Taux de chancre (%)	**2,4** (0-6,7)	**1,4** (0-4,4)	**1,3** (0-4)
Taux de pourritures de couronnes (%)	**3,1** (0-18,2)	**1,1** (0-10)	**0,8** (0-18,8)

Au cours des 37 semaines d'exportation, les pourritures de couronnes mesurées à l'arrivée ont toujours été supérieures pour les fruits non traités qui avaient été épistillés au hangar (figure 14). Pour ces derniers, le % de couronnes moisies est régulièrement plus élevé : il y a 8 semaines où il est supérieur à 5 %, contre 3 semaines pour les fruits non traités épistillés au champ et 2 semaines pour les fruits traités. De même, l'incidence moyenne des pourritures de couronnes sur toute la durée de l'expérimentation a été nettement plus élevée pour les fruits non traités épistillés au hangar (3,1 %) que pour les deux autres traitements qui ont des niveaux moyens similaires (tableau 10). Il faut là encore noter que l'incidence des pourritures de couronnes n'est jamais nulle, même pour les fruits qui ont fait l'objet d'un traitement fongicide post-récolte. La manifestation des pourritures de couronnes sur les fruits traités a toutefois été plus faible (3 semaines/37) que sur les fruits épistillés au champ non traités (11 semaines/37). Il convient aussi de noter qu'au-delà de 1 bouquet touché par carton (5 %), la commercialisation des fruits devient problématique.

Dans les conditions de Neufchâteau, l'épistillage au champ a permis de réduire l'incidence des pourritures de couronnes à l'arrivée dans une proportion légèrement inférieure au traitement fongicide post-récolte (64% pour l'épistillage au champ et 74% pour le traitement fongicide).

Figure 14. Evolution du % de pourritures de couronnes en entrée de mûrisserie, au cours des différentes semaines d'exportation de banane STAR sur le domaine expérimental de Neufchâteau



3.2 Influence du type d'emballage sur le développement des maladies de conservation

Au cours de l'année 2002, de la semaine 23 à la semaine 37, nous avions commencé à organiser des expéditions de bananes STAR à partir d'une plantation de basse altitude de Goyave (Douville), chez un producteur qui mettait déjà en pratique l'épistillage au champ dans sa plantation. Cette situation qui se caractérisait par un climat peu propice à la dissémination du *C. musae* et par la mise en pratique de techniques visant à limiter la contamination des fruits (épistillage au champ) nous semblait idéale pour réaliser des exportations de fruits non traités. Au cours de ces expéditions, une palette de fruits non traités était comparée à une palette de fruits traités après la récolte avec du bitertanol à 200 ppm. Les fruits étaient emballés dans des cartons multipack de la marque Fruidor, et selon le cahier des charges de la marque, ils étaient emballés dans un sac polyéthylène prédécoupé afin de faciliter le mûrissage et la présentation des fruits sur les présentoirs des magasins. En effet, la prédécoupe facilite les échanges gazeux en mûrisserie et permet un arrachage facile de l'emballage lors de la mise à l'étalage.

Les résultats obtenus lors des évaluations à l'arrivée des fruits en mûrisserie nous ont vite montré que les niveaux de pourritures de couronnes étaient extrêmement élevés (tableau 11) et représentaient un réel obstacle à l'exportation de fruits non traités pour cette plantation. L'importance des pourritures de couronnes dans cette situation en faisait donc un site de choix pour valider les résultats obtenus antérieurement avec les atmosphères modifiées.

Tableau 11. Comparaison de l'incidence moyenne des maladies de conservation (chancre et pourritures de couronnes) au cours des semaines d'exportation de banane STAR sur l'exploitation de Douville, de la semaine 23 à la semaine 37 de l'année 2002. (valeur minimale-valeur maximale)

	Fruits non traités - emballage pré-découpé	**Fruits traités – emballage pré-découpé**
Taux de chancre (%)	**3,1** (0,7-5,2)	**1,2** (0-4,4)
Taux de pourritures de couronnes (%)	**25,5** (0-30,8)	**3,1** (0-22,6)

En effet, ces études nous ont permis de montrer que les emballages plastiques non perforés permettent d'obtenir des atmosphères modifiées qui améliorent la conservation des fruits et le contrôle des pourritures de couronnes. L'objectif des essais qui ont été menés était donc de valider l'intérêt de ces emballages plastiques non perforés dans la situation de la plantation de Douville, où les pourritures de couronnes sont un problème majeur.

L'épistillage au champ sur les parcelles de production, les soins aux régimes, la récolte et le conditionnement des fruits ont été mis en œuvre par le producteur. Ces opérations ont été supervisées par le Cirad-Flhor qui a par ailleurs mis en place la prévision de récolte chez ce producteur pour que la récolte des fruits soit réalisée en fonction des bons indicateurs du stade physiologique que sont les sommes de températures. Les observations des fruits à l'arrivée, après environ 15 jours de transport maritime et de délais d'acheminement en mûrisserie, ont été réalisées par Pomona.

Matériel et méthodes

Sur la plantation de Douville, l'épistillage au champ est mis en œuvre par le planteur en continu sur toutes les parcelles de cette exploitation. Toutefois, afin de s'affranchir d'effets liés à la parcelle, ces essais ont été conduits sur une même parcelle suffisamment grande de façon à avoir, lors de chaque semaine d'exportation, une quantité suffisante de régimes pour constituer une palette de 45 cartons. Cette parcelle était toujours récoltée en premier, et aucun régime provenant d'une autre parcelle n'était introduit dans la chaîne d'emballage tant que la palette d'essai n'était pas achevée. Les pièces florales et la bractée inférieure du régime ont été éliminées manuellement au cours de deux passages hebdomadaires. Généralement, lors du premier passage, il n'est pas possible d'éliminer les pièces florales sur les mains inférieures du régime, car elles sont encore soudées aux fruits. L'épistillage des mains inférieures est donc réalisé 3 à 4 jours après. Les régimes ont été gainés 1 ou 2 jours après ce deuxième passage qui a été réalisé au stade 'doigts horizontaux'. Le gainage a été effectué avec des gaines de couleurs différentes afin d'identifier la semaine de floraison qui constitue le point de départ pour le calcul des sommes de température : un code de 8 couleurs a été utilisé selon une séquence qui a été répétée consécutivement au cours de l'année. Les régimes ont été récoltés à 900 degrés.jours.

Essais de sacs plastiques polyéthylène BD non perforé de 20 µm

Dans un premier temps, nous avons comparé l'intérêt d'un emballage non perforé en polyéthylène BD de 20 µm par rapport à un emballage prédécoupé. Les exportations de bananes se sont déroulées de la semaine 38 de l'année 2002 à la semaine 8 de l'année 2003. Chaque semaine d'exportation, trois traitements ont été comparés. Chaque traitement était constitué d'un lot de 10 cartons de fruits, et tous les traitements de l'essai ont été réunis sur une même palette :

- traitement 1- STAR_prédécoupé : un premier lot de 10 cartons a été réalisé à partir de fruits non traités. Ces fruits ont été emballés dans un sac plastique prédécoupé, en carton multipack.
- traitement 2 – STAR_20 µm : un deuxième lot de 10 cartons a été réalisé à partir de fruits non traités. Ces fruits ont été emballés dans un sac plastique non perforé en polyéthylène BD de 20 µm, en carton multipack.
- traitement 3 – FONG_prédécoupé : un troisième lot de 10 cartons a été réalisé à partir de fruits ayant fait l'objet d'un traitement fongicide post-récolte. Ces fruits ont été emballés dans un sac plastique prédécoupé, en carton multipack. Le traitement fongicide a été appliqué en pulvérisation moyenne pendant une dizaine de secondes, avec un mélange de bitertanol à la dose de 200 ppm, et d'imazalil à la dose de 500 ppm.

La palette et les cartons d'essai ont été repérés par un marquage particulier afin d'identifier facilement les traitements à l'arrivée. La palette a été introduite dans un conteneur de type conair qui a été mis à froid (13°C) le jour même. Le conteneur a par la suite été embarqué sur le bateau et remis à froid. Après un transport maritime de 10 jours en moyenne, les containers ont été débarqués au port de Dunkerque. Les observations ont été réalisées au port de Dunkerque ou à la mûrisserie de Metz, généralement 15 jours après la constitution des palettes, et toujours avant le mûrissage artificiel. La méthode de contrôle était la suivante :

- 3 colis ont été prélevés sur chaque palette représentant chacun des 3 traitements
- pour chaque colis on a observé tous les fruits, et on a compté le nombre de chancre et le nombre de fruits
- pour chaque colis on a observé toutes les couronnes et on a compté le nombre de couronnes moisies et le nombre de bouquets de bananes
- pour chaque traitement on a calculé le % de chancre (nombre total de chancres observés sur les 3 colis/nombre total de fruits dans les 3 colis) et le % de pourritures de couronnes (nombre total de couronnes moisies/nombre total de bouquets dans les 3 colis)

Essais de sacs plastiques polyéthylène BD non perforé de 50 µm

Dans un second temps, nous avons comparé l'intérêt d'un emballage non perforé en polyéthylène plus épais (50 µm) par rapport à un emballage prédécoupé et à un sac non perforé de 20 µm. Chaque semaine d'exportation, 4 traitements parmi les suivants ont été comparés. Chaque traitement était constitué d'un lot de 10 cartons de fruits, et tous les traitements de l'essai ont été réunis sur une même palette :

- traitement 1- STAR_prédécoupé : un premier lot de 10 cartons a été réalisé à partir de fruits non traités. Ces fruits ont été emballés dans un sac plastique prédécoupé, en carton multipack.
- traitement 2 – STAR_20 µm : un deuxième lot de 10 cartons a été réalisé à partir de fruits non traités. Ces fruits ont été emballés dans un sac plastique non perforé en polyéthylène BD de 20 µm, en carton multipack.
- traitement 3 – STAR_50 µm : un troisième lot de 10 cartons a été réalisé à partir de fruits non traités. Ces fruits ont été emballés dans un sac plastique non perforé en polyéthylène BD de 50 µm, en carton multipack.
- traitement 4 – FONG_prédécoupé : un quatrième lot de 10 cartons a été réalisé à partir de fruits ayant fait l'objet d'un traitement fongicide post-récolte. Ces fruits ont été emballés dans un sac plastique prédécoupé, en carton multipack. Le traitement fongicide a été appliqué en pulvérisation moyenne pendant une dizaine de secondes, avec un mélange de bitertanol à la dose de 200 ppm et d'imazalil à la dose de 500 ppm.

Les exportations de bananes se sont déroulées en deux séries d'essais :

- série 1 : les traitements 1, 2, 3 et 4 ont été comparés de la semaine 22 à la semaine 34 de l'année 2003
- série 2 : les traitements 2, 3 et 4 ont été comparés de la semaine 4 à la semaine 24 de l'année 2004

La palette et les cartons d'essai ont été repérés par un marquage particulier afin d'identifier facilement les traitements à l'arrivée. La palette a été introduite dans un conteneur de type conair qui a été mis à froid (13°C) le jour même. Le conteneur a par la suite été embarqué sur le bateau et remis à froid. Après un transport maritime de 10 jours en moyenne, les containers ont été débarqués au port de Dunkerque. Les observations ont été réalisées au port de Dunkerque ou à la mûrisserie de Metz, généralement 15 jours après la constitution des palettes, et toujours avant le mûrissage artificiel. La méthode de contrôle était la suivante :

- 3 colis ont été prélevés sur chaque palette représentant chacun des 3 traitements
- pour chaque colis on a observé tous les fruits, et on a compté le nombre de chancre et le nombre de fruits
- pour chaque colis on a observé toutes les couronnes et on a compté le nombre de couronnes moisies et le nombre de bouquets de bananes
- pour chaque traitement on a calculé le % de chancre (nombre total de chancres observés sur les 3 colis/nombre total de fruits dans les 3 colis) et le % de pourritures de couronnes (nombre total de couronnes moisies/nombre total de bouquets dans les 3 colis)

Pour la deuxième série d'essais, une deuxième observation a été réalisée après le mûrissage artificiel des fruits lorsque les fruits étaient mûrs. Le protocole de mûrissage retenu correspondait aux nouveaux paramètres de mûrissage décrits dans le paragraphe suivant :

- un gazage avec une dose globale d'éthylène réduite (de 30 % par rapport aux standards habituels) ;
- un temps de contact réduit avec l'éthylène (10 heures contre 32 heures en standard).

Remarque : au cours de la deuxième série d'essais, les test avec les sacs de 20 µm n'ont pu démarrer qu'à partir de la 5ème expédition ; en conséquence, 8 semaines d'exportation seulement (contre 12) ont été réalisées avec ce type de d'emballage .

Résultats

Essais en sac plastique polyéthylène BD non perforé de 20 µm

Il y a eu des observations en entrée de mûrisserie pour un total de 21 semaines d'exportation.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Au cours de ces 21 semaines d'exportation, le taux de chancre mesuré à l'arrivée a régulièrement été supérieur pour les fruits non traités qui ont été emballés en sacs prédécoupés (figure 15). Pour ces derniers, le niveau de chancre a régulièrement été plus élevé : il y a eu 14 semaines où il a été supérieur à 2 %, contre 8 semaines pour les fruits non traités emballés dans les sacs non perforés de 20 µm et 8 semaines pour les fruits traités. De même, l'incidence moyenne du chancre sur toute la durée de l'expérimentation (tableau 12) a été plus élevée pour les fruits non traités qui ont été emballés en sacs prédécoupés (3,1%), mais elle a aussi été plus élevée pour les fruits non traités emballés dans les sacs non perforés de 20 µm (2 %) que pour les fruits traités (1,2 %). Il faut par ailleurs noter que l'incidence du chancre n'a jamais été nulle, même pour les fruits qui ont fait l'objet d'un traitement fongicide post-récolte. Toutefois, pour les fruits traités, le % de chancre n'a jamais atteint des valeurs élevées (4%) comme on a pu l'observer ponctuellement sur les fruits non traités, même emballés en sacs non perforés de 20 µm.

Figure 15. Evolution du % de chancre en entrée de mûrisserie, au cours de l'essai d'exportation de banane STAR sur l'exploitation de Douville avec un emballage non perforé en PE BD de 20 µm, de la semaine 38 de l'année 2002 à la semaine 8 de l'année 2003

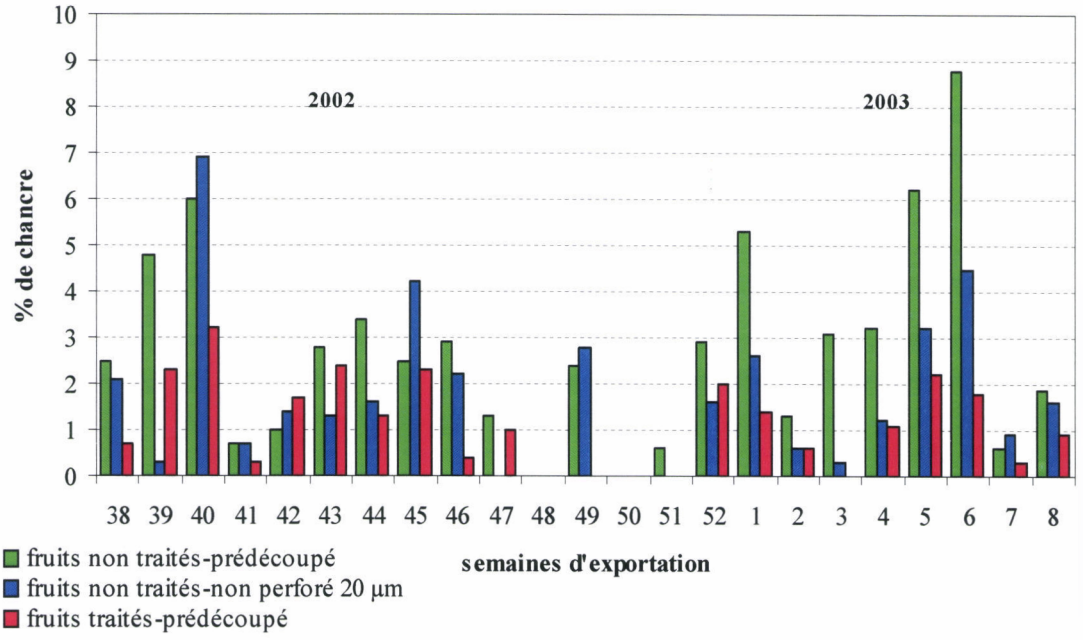


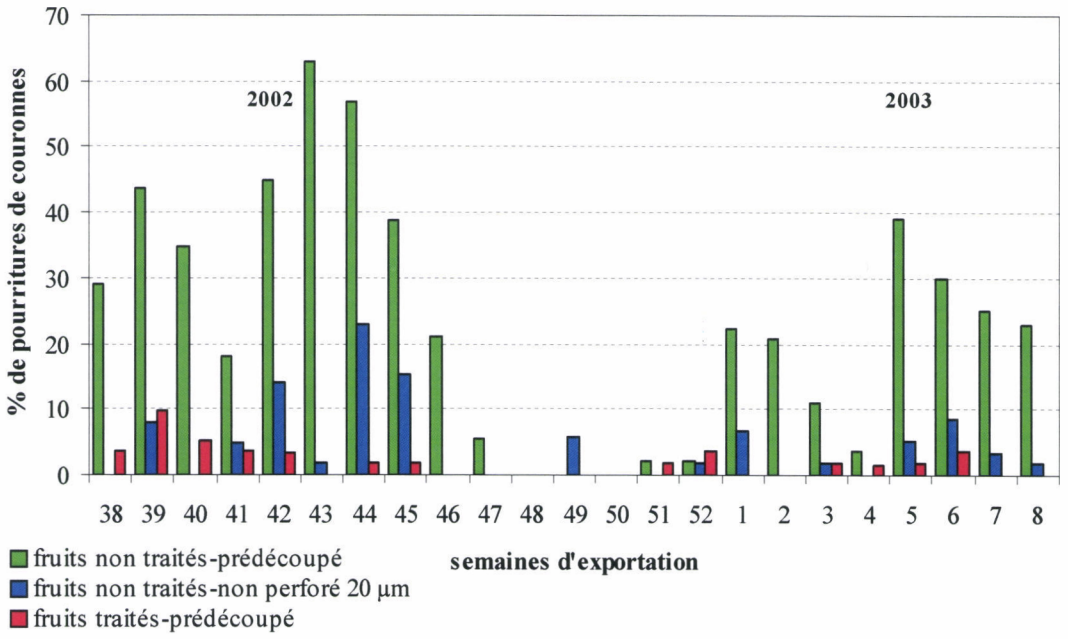
Tableau 12. Comparaison de l'incidence moyenne des maladies de conservation (chancre et pourritures de couronnes) au cours de l'essai d'exportation de banane STAR sur l'exploitation de Douville avec un emballage non perforé en PE BD de 20 µm, de la semaine 38 de l'année 2002 à la semaine 8 de l'année 2003 (valeur minimale-valeur maximale)

	Fruits non traités - emballage pré-découpé	**Fruits non traités - emballage PE-BD non perforé de 20 µm**	**Fruits traités – emballage pré-découpé**
Taux de chancre (%)	**3,1** (0,6-8,8)	**2,0** (0-6,9)	**1,2** (0-3,2)
Taux de pourritures de couronnes (%)	**25,5** (0-63)	**5,1** (0-23)	**2,1** (0-9,8)

Au cours de ces 21 semaines d'exportation, les niveaux de pourritures de couronnes mesurés à l'arrivée ont été très nettement supérieurs pour les fruits non traités qui ont été emballés en sacs prédécoupés (figure 16). Pour ces derniers, le % de pourritures a régulièrement été très élevé : il y a eu 17 semaines où il a été supérieur à 5 %, contre 8 semaines pour les fruits non traités emballés dans les sacs non perforés de 20 µm et seulement 2 semaines pour les fruits traités. De même, l'incidence moyenne des pourritures de couronnes sur toute la durée de l'expérimentation (tableau 12) a été considérablement plus élevée pour les fruits non traités qui ont été

emballés en sac prédécoupé (25,5 %), mais elle a aussi été plus élevée pour fruits non traités emballés dans les sacs non perforés de 20 µm (5,1 %) que pour les fruits traités (2,1 %). Il faut par ailleurs noter que l'incidence des pourritures de couronnes n'a jamais été nulle, même pour les fruits qui ont fait l'objet d'un traitement fongicide post-récolte. Toutefois, pour les fruits traités, le % de pourritures de couronnes n'a jamais atteint des valeurs élevées (plus de 10 %) comme on a pu l'observer ponctuellement sur les fruits non traités, même si le nombre de semaines où l'on a observé des pourritures de couronnes en mûrisserie est sensiblement égal pour les deux traitements (13 pour les fruits traités et 14 pour les fruits non traités emballés en sac non perforé de 20 µm).

Figure 16. Evolution du % de pourritures de couronnes en entrée de mûrisserie, au cours de l'essai d'exportation de banane STAR sur l'exploitation de Douville avec un emballage non perforé en PE BD de 20 µm, de la semaine 38 de l'année 2002 à la semaine 8 de l'année 2003



Ainsi, dans les conditions de Douville, l'influence du type d'emballage sur les maladies de conservation et plus particulièrement sur les pourritures de couronne est très significative. L'intérêt d'emballages plastiques non perforés pour l'exportation de fruits non traités est ici clairement démontré. Pour les fruits non traités emballés en sacs prédécoupés le développement des pourritures de couronnes atteint des valeurs extrêmement élevées (plus de 20 %) qui sont rédhibitoires à la commercialisation des fruits.

Toutefois, le niveau de contrôle obtenu avec les sacs non perforés de 20 µm a été moins important que celui obtenu avec le traitement fongicide post récolte à la fois pour le chancre (35% pour l'emballage en sacs non perforés de 20 µm et 61% pour le traitement fongicide), mais aussi pour les pourritures de couronnes (78% pour l'emballage en sac perforé de 20 µm et 92% pour le traitement fongicide). Nous avons donc décidé de continuer cette expérimentation en y intégrant un sac non perforé de 50 µm. En effet, les résultats obtenus en conditions contrôlées nous avaient montré que ce type d'emballage est celui qui permet une meilleure conservation des fruits et un meilleur contrôle des pourritures de couronnes.

Essais en sac plastique polyéthylène BD non perforé de 50 µm

Cet essai s'est déroulé en deux séries. Au cours de la première série, nous avons comparé des exportations de bananes STAR emballées soit dans un sac prédécoupé, soit dans un sac PE BD de 20 µm, soit dans un sac PE BD de 50 µm, avec des fruits ayant fait l'objet d'un traitement fongicide après la récolte. Au cours de la deuxième série d'essais, nous avons éliminé le traitement pour lequel des fruits non traités étaient emballés dans un sac prédécoupé, car les conséquences commerciales de ces expéditions étaient fortement négatives. L'objectif de cette deuxième série d'essai était surtout de suivre l'évolution des fruits jusqu'à la sortie de la mûrisserie pour avoir une évaluation plus complète, tout au long de la filière d'exportation, de l'effet du type d'emballage sur le développement des maladies de conservation.

Série n°1

Il y a eu des observations en entrée de mûrisserie pour un total de 9 semaines d'exportation.

Au cours de ces 9 semaines d'exportation, le niveau de chancre mesuré à l'arrivée a régulièrement été supérieur pour les fruits non traités qui ont été emballés en sacs prédécoupés, mais aussi pour les fruits emballés en sacs non perforés de 20 µm (figure 17). L'incidence moyenne du chancre sur toute la durée de l'expérimentation (tableau 13) a été plus élevée pour les fruits non traités qui ont été emballés en sacs non perforés de 20 µm (2,5 %) et en sacs prédécoupés (1,9%), mais elle a aussi été plus élevée pour les fruits non traités emballés dans les sacs non perforés de 50 µm (1,2 %) que pour les fruits traités (0,5 %). Il faut toutefois noter que le % de chancre pour les fruits non traités emballés en sacs non perforés de 50 µm, tout comme pour les fruits traités, n'a jamais dépassé des valeurs élevées (3 %) comme on a pu l'observer ponctuellement sur les fruits non traités emballés en sacs non perforés de 20 µm et en sacs prédécoupés.

Figure 17. Evolution du % de chancre en entrée mûrisserie, au cours de la première série d'essai d'exportation de banane STAR sur l'exploitation de Douville avec un emballage non perforé en PE BD de 50 µm, de la semaine 22 à la semaine 34 de l'année 2003

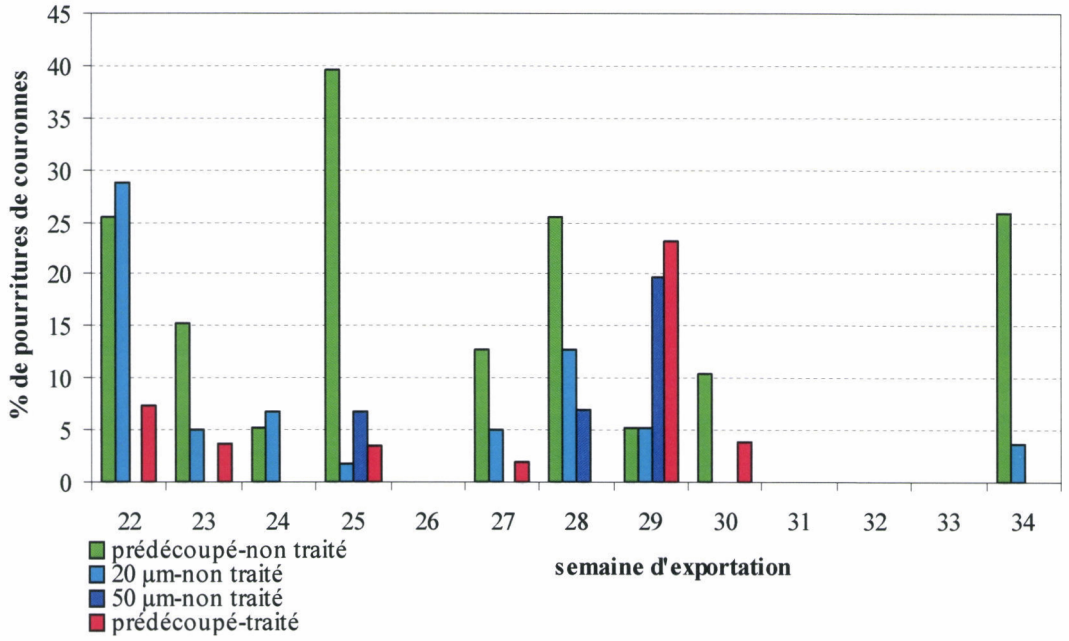
Tableau 13. Comparaison de l'incidence moyenne des maladies de conservation (chancre et pourritures de couronnes) au cours de la première série d'essai d'exportation de banane STAR sur l'exploitation de Douville avec un emballage non perforé en PE BD de 50 µm, de la semaine 22 à la semaine 34 de l'année 2003 (valeur minimale-valeur maximale)

	Fruits non traités - emballage pré-découpé	**Fruits non traités - emballage PE-BD non perforé de 20 µm**	**Fruits non traités - emballage PE-BD non perforé de 50 µm**	**Fruits traités – emballage pré-découpé**
Taux de chancre (%)	**1,9** (0,6-3,7)	**2,5** (0,3-5,9)	**1,2** (0,3-2,5)	**0,5** (0-2,3)
Taux de pourritures de couronnes (%)	**18,4** (5,2-39,7)	**7,6** (0-28,8)	**3,7** (0-19,6)	**4,8** (0-23,2)

Au cours de ces 9 semaines d'exportation, les niveaux de pourritures de couronnes mesurés à l'arrivée ont une fois de plus été très nettement supérieurs pour les fruits non traités qui ont été emballés en sacs prédécoupé s(figure 18). Pour ces derniers, le % de pourritures a régulièrement été très élevé : il y a 9 semaines où il a été supérieur à 5 %, contre 5 semaines pour les fruits non traités emballés dans les sacs non perforés de 20 µm, et seulement 3 semaines pour les fruits non traités emballés en sacs non perforés de 50 µm et 2 semaines pour les

fruits traités. De même, l'incidence moyenne des pourritures de couronnes sur toute la durée de l'expérimentation (tableau 13) a été considérablement plus élevée pour les fruits non traités qui ont été emballés en sacs prédécoupés (18,4 %), mais elle a aussi été plus élevée pour fruits non traités emballés dans les sacs non perforés de 20 µm (7,6 %) que pour les fruits traités (4,8 %) et les fruits non traités emballés dans les sacs non perforés de 50 µm (3,7 %). Pour les fruits traités, mais aussi les fruits non traités emballés en sac de 50 µm, le % de pourritures de couronnes n'a atteint qu'une fois une valeur élevée (plus de 10 %) contrairement aux autres traitements.

Figure 18. Evolution du % de pourritures de couronnes en entrée de mûrisserie, au cours de la première série d'essai d'exportation de banane STAR sur l'exploitation de Douville avec un emballage non perforé en PE BD de 50 µm, de la semaine 22 à la semaine 34 de l'année 2003



Comme au cours de l'essai précédent, on a pu observer que, dans les conditions de Douville, l'influence du type d'emballage sur les maladies de conservation et plus particulièrement sur les pourritures de couronne est très significative. L'intérêt d'emballages plastiques non perforés pour l'exportation de fruits non traités a là encore été clairement démontré. Pour les fruits non traités emballés en sacs prédécoupés le développement des pourritures de couronnes atteint des valeurs extrêmement élevées (plus de 20 %) qui sont rédhibitoires à la commercialisation des fruits. Au cours de cet essai, le niveau de contrôle obtenu avec les sac non perforés de 20 µm a été moins important qu'au cours de l'essai précédent (+ 30% de chancre et une réduction de 59 % des pourritures de couronnes). **En revanche, le contrôle des maladies de conservation obtenu avec les sacs plus épais de 50 µm a été bien meilleur, notamment pour les pourritures de couronnes (80% de réduction). Ce niveau de contrôle est d'ailleurs comparable à celui obtenu avec le traitement fongicide (74% de réduction).**

Pour confirmer ce résultat, nous avons souhaité observer le développement des fruits en mûrisserie, pour déterminer les limites éventuelles de cette protection par les atmosphères modifiées.

Série n°2

Les niveaux de chancre observés en vert ont été faibles et inférieurs à 2% jusqu'à la semaine d'exportation 19 (figure 19). A partir de la semaine 19, les niveaux de chancres ont été élevés pour tous les traitements. Contrairement aux observations précédentes, le taux de chancre sur les fruits non traités emballés en sacs non perforés de 50 µm a été particulièrement élevé en semaine 24 (8%). En sortie de mûrisserie, les taux de chancre ont augmenté pour tous les traitements, et pratiquement toutes les observations (figure 19). Toutefois, ces augmentations ont été plus importantes pour les fruits non traités emballés en sacs non perforés de 50 µm (159 %), que pour les fruits non traités emballés dans des sacs de 20 µm (100%) et que pour les fruits traités (50 %), comme l'indique la figure 20.

Figure 19. Evolution du % de chancre, au cours de la deuxième série d'essai d'exportation de banane STAR sur l'exploitation de Douville avec un emballage non perforé en PE BD de 50 µm, de la semaine 4 à la semaine 24 de l'année 2004. En abscisses les valeurs avec la lettre v correspondent aux observations effectuées en vert, et les valeurs avec la lettre j correspondent aux observations effectuées en sortie de mûrisserie, sur les fruits mûrs

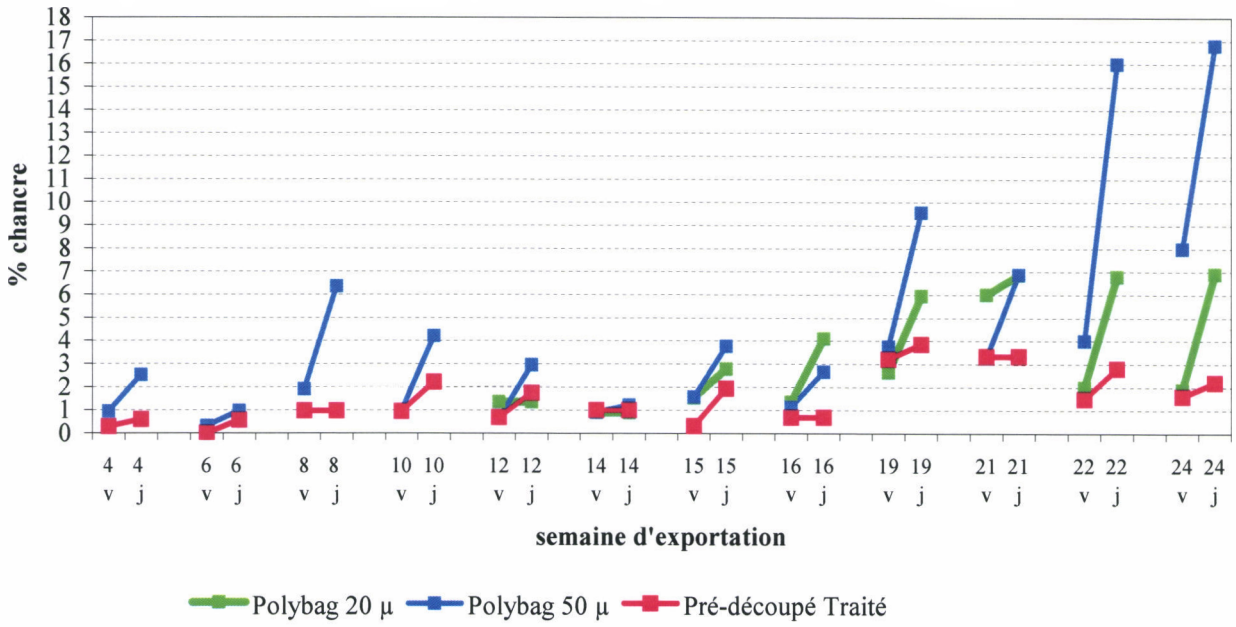
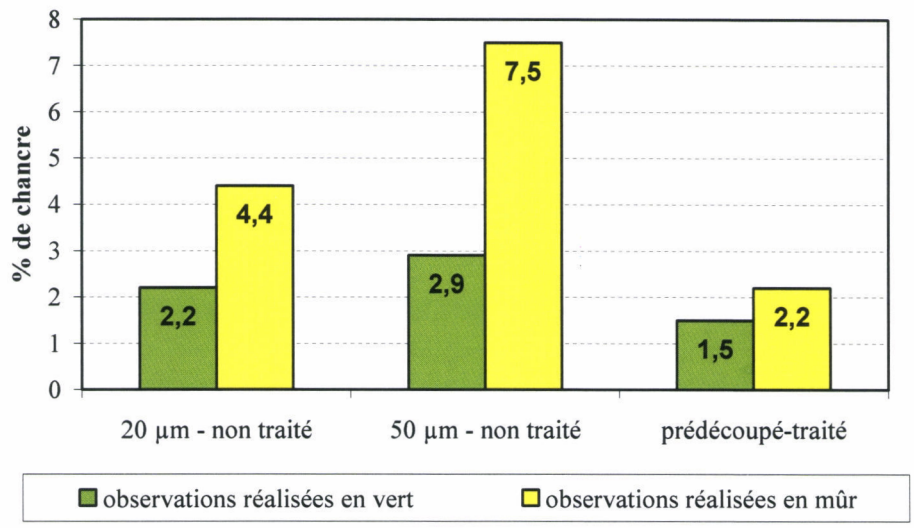


Figure 20. Comparaison de l'incidence moyenne du chancre au cours de la deuxième série d'essai d'exportation de banane STAR sur l'exploitation de Douville avec un emballage non perforé en PE BD de 50 µm, de la semaine 12 à la semaine 24 de l'année 2004. Les observations ont été réalisées en entrée (vert) et en sortie de mûrisserie (mûr)



Les niveaux de pourritures de couronnes observés en vert ont été faibles et inférieurs à 5% jusqu'à la semaine d'exportation 19, plus particulièrement pour les fruits non traités emballés en sacs épais de 50 µm (figure 21). A partir de la semaine 19, les pourcentages de moisissures sont devenus élevés (supérieurs à 5%) pour tous les traitements, mais plus particulièrement pour les fruits non traités. En sortie de mûrisserie les pourcentages de pourritures de couronnes ont augmenté pour tous les traitements, et pratiquement toutes les observations (figure 21). Toutefois, ces augmentations ont été plus importantes pour les fruits non traités emballés en sacs non perforés de 50 µm (169 %) et les fruits non traités emballés dans des sacs de 20 µm (174%), que pour les fruits traités (80 %), comme l'indique la figure 22.

Figure 21. Evolution du % de pourritures de couronnes, au cours de la deuxième série d'essai d'exportation de banane STAR sur l'exploitation de Douville avec un emballage non perforé en PE BD de 50 µm, de la semaine 4 à la semaine 24 de l'année 2004. En abscisses les valeurs avec la lettre v correspondent aux observations effectuées en vert, et les valeurs avec la lettre j correspondent aux observations effectuées en sortie de mûrisserie, sur les fruits mûrs

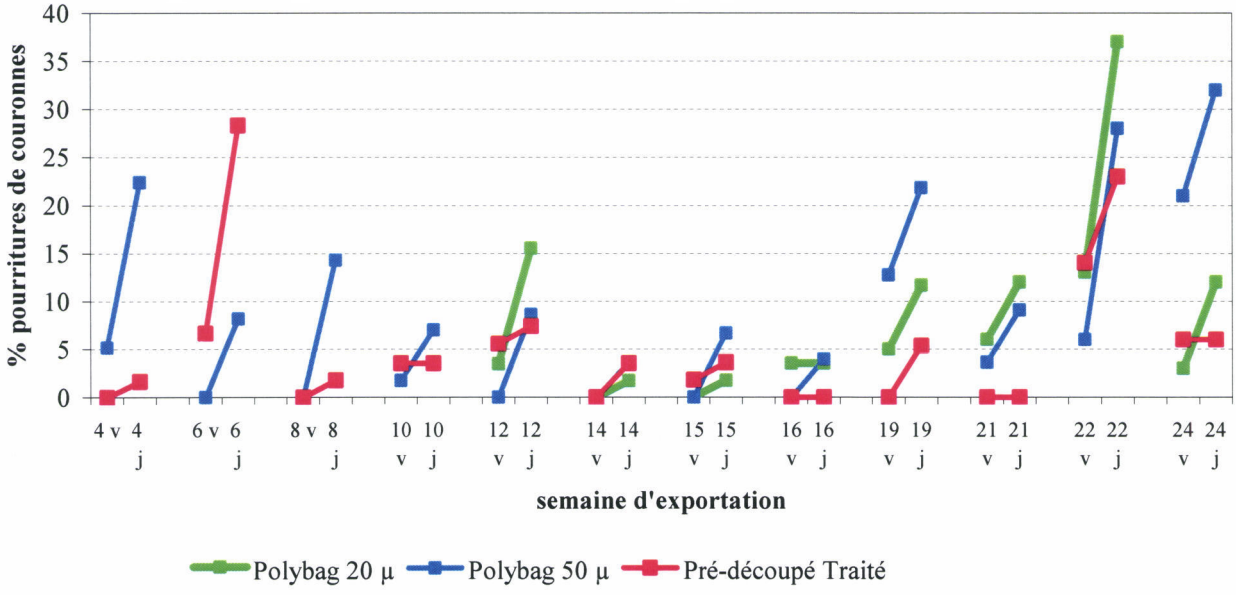
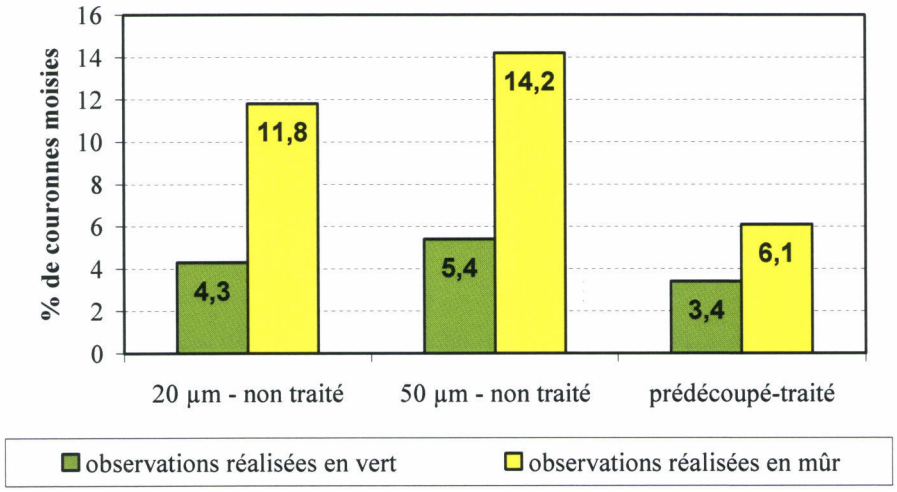


Figure 22. Comparaison de l'incidence moyenne des pourritures de couronnes au cours de la deuxième série d'essai d'exportation de banane STAR sur l'exploitation de Douville avec un emballage non perforé en PE BD de 50 µm, de la semaine 12 à la semaine 24 de l'année 2004. Les observations ont été réalisées en entrée (vert) et en sortie de mûrisserie (mûr)



Ainsi, ces observations en entrée et en sortie de mûrisserie nous montrent systématiquement une dégradation entre le stade vert et le stade jaune dans tous les colis pour le chancre comme pour les pourritures de couronnes. Cette dégradation est plus importante pour les fruits non traités. Ainsi, l'effet des emballages non perforés qui est manifeste sur les pourritures de couronne au stade vert arrivée n'est plus observé après le mûrissage. Le processus de mûrissage semble libérer le développement des moisissures (et le chancre également) contenues jusque là grâce à l'effet de l'atmosphère modifiée à l'intérieur des emballages non perforés et épais.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Cette dégradation en sortie de mûrisserie est préjudiciable commercialement à l'exemple des fruits emballés en sac non perforé de 50 µm pour lesquels on observe des niveaux de moisissures de couronne supérieurs à 5% au cours de 10 semaines sur 12, contre 5 semaines sur 12 pour les fruits ayant fait l'objet d'un traitement post-récolte. Notons toutefois, que la dernière partie de cet essai, notamment à partir de la semaine 19, n'était pas favorable à la mise en place d'un tel essai. En effet, les régimes récoltés à partir de cette semaine ont fleuri à partir de la semaine 7 de l'année 2004. Or, une forte augmentation des niveaux de contamination sur le site de Douville a été constatée à partir de cette date (tableau 5). Cette dégradation est probablement à relier avec une pluviométrie très élevée (supérieure à la normale) au cours de cette année 2004 (annexe 2 et tableau 5)

4. Mise au point de nouveaux procédés en mûrisseries

Des données bibliographiques nous permettaient de penser qu'une forte dose d'éthylène serait un facteur aggravant dans le développement de l'anthracnose au cours du mûrissage (Abeles et al., 1992; Brown & Barmore, 1977; Flaishman & Kolattukudy, 1994).
Pour diminuer l'effet potentiel du mûrissage sur le développement des maladies post-récolte sur les fruits non traités (STAR), Pomona Import a recherché le moyen de diminuer les doses d'éthylène injecté dans les chambres de mûrissage et de réduire le temps d'exposition des bananes à l'éthylène.
Pomona Import s'est équipé, dans une de ses mûrisseries, de 2 chambres pilotes équipées d'analyseurs capables de mesurer les niveaux d'O_2, de CO_2 et de C_2H_4, ainsi que de capteurs capables de mesurer les températures dans chacun des colis placés en chambre de mûrissage. Par ailleurs, ces essais se sont déroulés dans une mûrisserie dotée d'un nouveau dispositif améliorant les flux d'air par augmentation de pression, dont le but est de mieux maîtriser la ventilation et donc l'échauffement et le refroidissement des bananes au cours du mûrissage. Les inoculations contrôlées ont été réalisées par le Cirad-Flhor, en Guadeloupe, avant l'expédition des fruits.

4.1. Evaluation des pratiques de mûrissage dans les mûrisseries industrielles de Pomona

Matériel et méthodes

La première série d'essais a consisté à mesurer la concentration d'éthylène réellement injectée dans les chambres de mûrissage avec le protocole classique de gazage suivant :

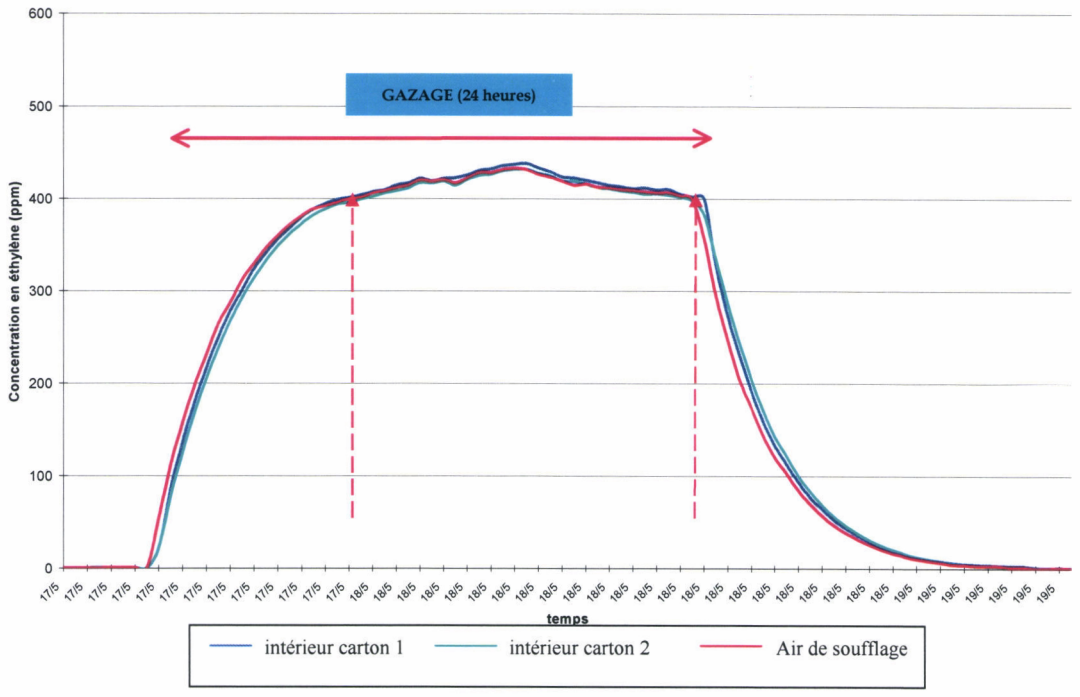
- injection d'éthylène (sous forme d'Azéthyl à 5.5 % d'éthylène) en chambre de mûrissage à la dose de 1000 à 1500 ppm (recommandation des mûrisseurs);
- gazage à faible concentration (3 litres/minute d'Azéthyl) pendant 24 heures ;
- période de contact entre banane et éthylène de 8 heures avant une première aération de la chambre, soit 24 + 8 = 32 heures de contact au total.

La concentration de l'éthylène dans l'air de la chambre et à l'intérieur des colis de bananes a été mesurée en continu au cours du mûrissage : 6 sondes ont été installées par chambre (possibilité de mesurer dans 6 endroits différents).

Résultats

Les résultats des mesures d'éthylène en chambre sont présentés sur la figure 23 suivante :

Figure 23. Mesure de la concentration en éthylène dans les chambres de mûrissage



Constat :

- un palier est toujours obtenu entre 400 et 500 ppm alors que la quantité injectée aurait dû permettre d'obtenir une concentration de 1500 ppm ;
- la concentration en d'éthylène est similaire quelque soit l'endroit où la sonde est placée

La différence entre la concentration théorique de 1000 à 1500 ppm et les résultats des tests (400 à 500 ppm) s'explique par les fuites dans les chambres de mûrissage (elles ne sont pas étanches) et la consommation des fruits.

4.2. Mise au point d'un nouveau protocole de mûrissage

Dans un deuxième temps nous avons cherché à réduire les doses d'éthylène et le temps de contact avec les fruits tout en maintenant l'efficacité du mûrissage.

Matériel et méthodes

Un nouveau protocole de mûrissage a été défini par Pomona, selon les critères suivants :

- pour arriver rapidement à la dose d'éthylène souhaitée, nous avons choisi plutôt qu'un gazage à faible concentration (3 l/min d'Azéthyl), un gazage « choc » (court et à concentration élevée), suivi d'un gazage « lent » (plus long et à faible concentration).
- pour réduire le temps de contact, nous avons choisi une durée totale de gazage plus courte que le protocole classique

Ce nouveau protocole se traduit par :

- une réduction du temps de gazage de moitié (réduction de la durée d'exposition à l'éthylène);
- une réduction de la consommation d'éthylène de l'ordre de 30 %.

L'effet de cette nouvelle pratique a été alors été observé sur différents paramètres.

Fermeté des fruits et évolution de la coloration

Ces tests ont été réalisés avec le même lot de bananes (même producteur, même conditionnement, et même arrivage) divisé en 2 (la moitié du lot pour tester le protocole classique et l'autre moitié pour le nouveau protocole) et les mêmes conditions de température pendant le mûrissage.
Les observations ont été quotidiennes depuis le jour de gazage jusqu'à la sortie mûrisserie : les mesures de fermeté ont été réalisées à l'aide d'un pénétromètre et la coloration évaluée selon l'échelle colorimétrique de la profession.

Cinétique de maturation

Des échantillons de bananes mûries avec le protocole « classique » et le nouveau protocole ont été analysés par un laboratoire privé (ESERCA – Toulouse) afin de mesurer les cinétiques de maturation. Ces tests ont été réalisés avec le même lot de bananes (même producteur, même conditionnement, et même arrivage) divisé en 2 (la moitié du lot pour tester le protocole classique et l'autre moitié pour le nouveau protocole). Les 2 lots de bananes ont été suivis à 4 stades différents de coloration: stade 5, 6, 6.5 et 7. Les analyses ont portées sur des dosages de matière sèche, de sucres totaux, et d'amidon, ainsi que sur l'indice réfractométrique (degré Brix).

Evaluations sensorielles

Des tests consommateurs ont été mis en place pour connaître l'impact du nouveau protocole et déterminer une éventuelle différence gustative entre les bananes soumises aux 2 protocoles.
La méthode d'évaluation utilisée est l'épreuve hédonique par paires (test effectué par l'Institut européen de l'Alimentation).

Effet des nouvelles pratique sur le développement des maladies de conservation

- Inoculations naturelles

- 58 bouquets de banane choisis touchés par l'anthracnose parmi l'arrivage d'un lot et répartis dans 4 cartons. ;
- identification de chaque bouquet et classement du chancre en fonction de son importance (échelle de 1 à 5) ;
- séparation du lot en 2 : 2 cartons en chambre avec un gazage classique (24 heures de gazage pour un total de 238 litres d'éthylène) et 2 cartons dans une autre chambre avec un gazage réduit de 60 % (24 heures de gazage pour un total de 98 litres). Remarque : les doses d'éthylène sont volontairement très réduites pour déterminer une éventuelle différence. Les deux chambres sont lancées en même temps et dans les mêmes conditions (températures, programmation).

Les cartons sont récupérés en fin de cycle et les évolutions du chancre sont évaluées selon les mêmes critères qu'en entrée et par la même personne, sans consulter les notes d'entrée.
Les résultats sont présentés sous la forme d'une différence entre les notes d'entrée et de sortie

- Inoculations artificielles

Des fruits ont été collectés dans deux sites :

- un site où les fruits sont sensibles et peu contaminés : la plantation Beauvarlet située à Douville (Goyave).
- Un site où les fruits sont peu sensibles (Neufchâteau)

Pour chaque site, cet essai comportait 4 modalités :

- A : inoculation anthracnose - mûrissage standard
- B : inoculation anthracnose - mûrissage amélioré
- C : inoculation pourritures de couronnes – mûrissage standard
- D : inoculation pourritures de couronnes – mûrissage amélioré

15 régimes récoltés à 900 degrés.jours ont été choisis en penderie. Sur ces 15 régimes on a prélevé sur la main 3 quatre bouquets représentatifs de chaque modalité. Les 4 bouquets de chaque régime (qui représente un bloc) sont répartis aléatoirement entre les différentes modalités (A, B, C, D). Les inoculations ont été réalisées avec une souche de *Colletotrichum musae* sensible au thiabendazole à partir d'une suspension de conidies récupérée sur une culture sporulante âgée de 7-10 jours

Les fruits des lots A et B ont été inoculés de la manière suivante :
Une suspension calibrée à 5 10^2 conidies/ml a été préparée et du Triton X-100 à 0,25 ‰ (250 µL/litre) a été ajouté à la suspension. Les fruits ont été inoculés en les trempant durant 15 secondes dans la suspension de spore maintenue en agitation par un barreau magnétique tournant. Les fruits ont alors été disposées 24 heures dans une enceinte régulée à 25°C maintenue à 100 % HR. A la sortie de la chambre humide, la couronne des bouquets a été traitée au Mertect 20 S (20 ml/10 litres), et les fruits ont été emballés dans un carton multipack de 18,5 kg avec un sac prédécoupé.
Les fruits des lots C et D ont été inoculés de la manière suivante :
Les couronnes ont été rafraîchies et stérilisées à l'alcool 50%. Une gouttelette de 50 µl d'une suspension calibrée à 10^5 conidies/ml a été déposée au sommet de la couronne. Une pastille de papier Whatman de 5 mm a été déposée sur la gouttelette. Les fruits ont alors été disposés à température ambiante pendant 3 h, puis emballés dans un carton multipack de 18,5 kg avec un sac non perforé de 20 µm.

Ces 4 cartons ont été regroupés sur une même palette signalée par de la bande de chantier. Les cartons A et C ont subi un mûrissage standard dans une chambre spécifique. Les cartons B et D ont subi un mûrissage amélioré dans une autre chambre de maturation.

A la sortie de la mûrisserie on a effectué les mesures suivantes :

- *Antrhracnose de quiescence* (traitements A et B) : le nombre de lésions a été compté sur chaque fruit, à partir du moment où les fruits commencaient à devenir jaunes (stade 5 de l'échelle colorimétrique). Une deuxième mesure a été réalisée à 3 jours d'intervalle, au stade de maturité complète du fruit (tigrage important du fruit, stade 7 de l'échelle colorimétrique). On a alors calculé le % de chancres sur les 60 fruits de chaque lot.
- *Pourritures de couronnes* (traitement A, B, C, D) : à la sortie du programme de mûrissage, la progression interne de la lésion (PIL) a été mesurée sur chaque bouquet. Après avoir séparé le bouquet en 2 au niveau de la couronne, on a mesuré la surface interne de la couronne (longueur x largeur d'un rectangle), la surface de la couronne qui est nécrosée (longueur x largeur d'un rectangle), et on a calculé le % de la surface de la couronne qui était nécrosé.

Résultats

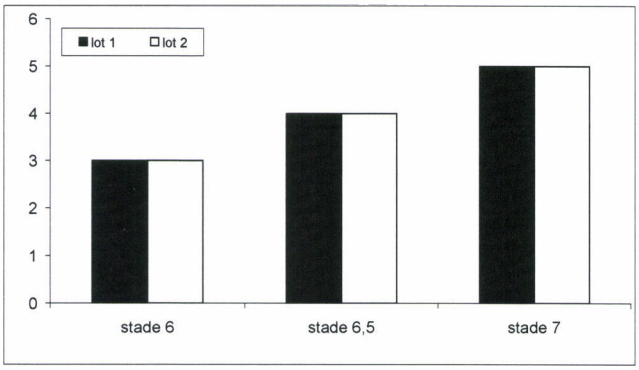
Fermeté des fruits et évolution de la coloration

Les résultats comparatifs de l'évolution de la fermeté entre le mûrissage classique et le nouveau mûrissage ne font pas apparaître de différence entre les 2 protocoles.
Les résultats sont identiques concernant la coloration : le nouveau protocole est au moins aussi efficace que le protocole classique

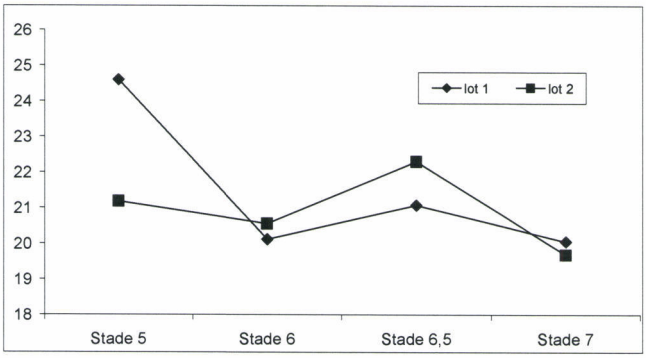
Cinétique de maturation

Les résultats sont présentés sous la forme de graphiques :

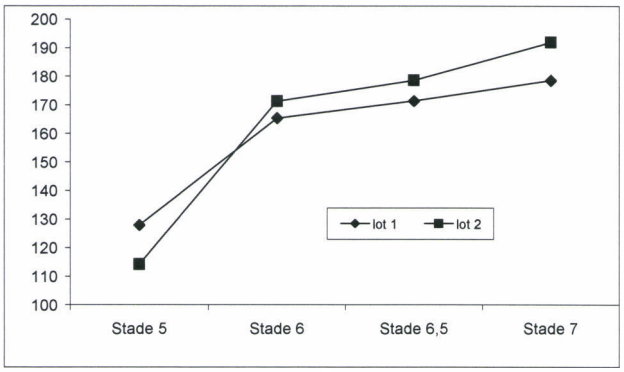
1 - Nombre de jours pour atteindre les différents stades à partir du stade 5



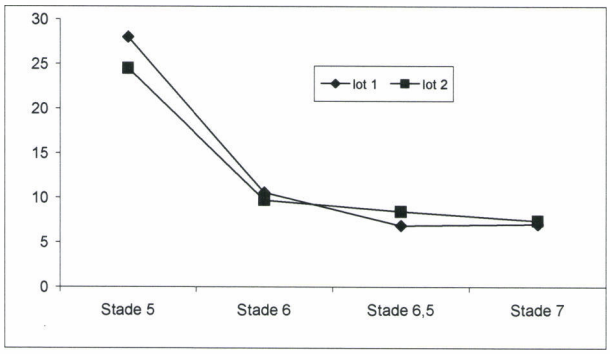
2 - Evolution de la Matière Sèche (%)



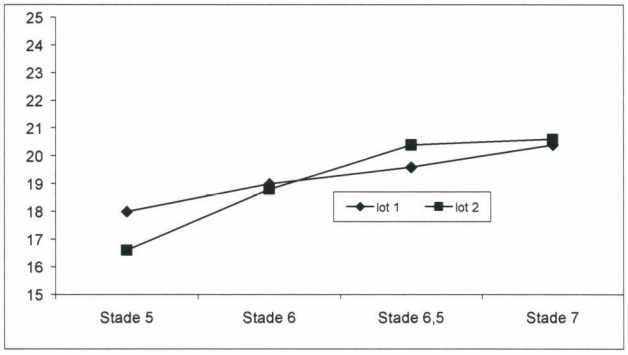
3 - Evolution des Sucres totaux (g/kg MF)



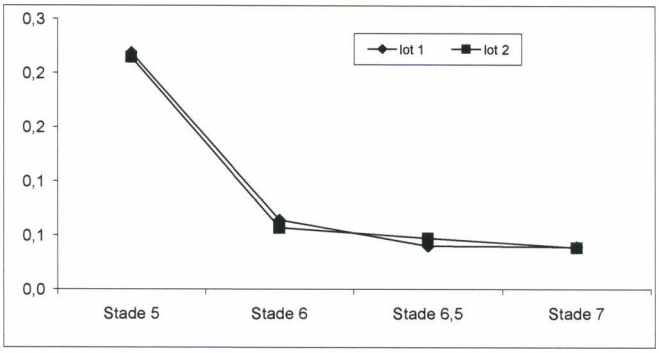
4 - Evolution de l'Amidon (g/kg MF)



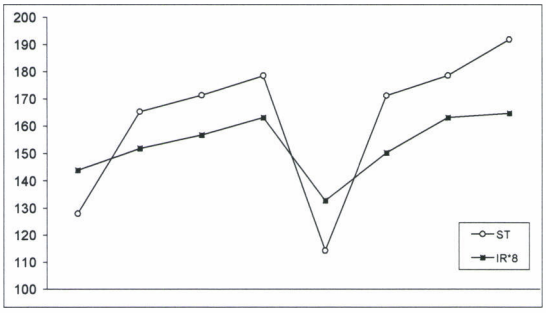
5 - Evolution de l'Indice Réfractométrique



6 - Evolution du rapport Amidon / Sucres totaux



7 - Relation I. R. et dosage des sucres



- pas de différence sur la vitesse d'évolution de la coloration des 2 lots ;
- matière sèche : pas de différence significative ;
- cinétiques d'évolution comparables pour les 2 lots en ce qui concerne les sucres totaux et l'amidon

Evaluations sensorielles

Aucun des 2 échantillons n'est significativement préféré à l'autre (1/3 des consommateurs ne font pas de différence entre les 2 échantillons), ce qui veut dire que le nouveau protocole n'altère pas les qualités gustatives des bananes.

Effet des nouvelles pratiques sur le développement des maladies de conservation

- *Inoculations naturelles*

	Evolution du chancre		
	Nulle	+	++
Protocole classique	11 bouquets	14 bouquets	4 bouquets
Nouveau Protocole	12 bouquets	13 bouquets	4 bouquets

Aucune différence significative entre les deux types de gazage n'apparaît concernant l'évolution de l'anthracnose de blessure. La réduction du volume d'éthylène injecté ne semble pas avoir d'incidence directe sur le développement du chancre dans le cadre de cet essai.

- *Inoculations artificielles*

Par rapport au protocole initial, les envois ont été réalisés en emballage non perforé, et les cartons n'ont pas été déchirés en mûrisserie, ce qui a probablement perturbé le processus de maturation des fruits. On peut toutefois observer que les pratiques de mûrissage n'ont pas eu d'influence notable sur le développement du chancre et des pourritures de couronnes (tableau 14). On peut aussi remarquer que l'effet des inoculations est notable sur le développement des maladies de conservation : pas de chancre observé sur les traitements C et D, faibles nécroses observées sur les couronnes des traitements A et B.

Tableau 14. Effet des pratiques de mûrissage sur le % de chancre observé sur 15 bouquets de 4 fruits inoculés et sur la progression interne de couronnes inoculées (% de couronne nécrosée).

Traitement	%Chancre Douville	%Chancre Neufchâteau	Pourritures de couronnes Douville (%)	Pourritures de couronnes Neufchateau (%)
A-Anthracose Murissage standard	17 ^{NS}	13 ^{NS}	0,3 ^{NS}	1 ^{NS}
B-Anthracose Murissage amélioré	23 ^{NS}	13 ^{NS}	4 ^{NS}	4 ^{NS}
C-Pourritures de couronnes Murissage standard	0	0	83 ^{NS}	88 ^{NS}
D-Pourritures de couronnes Murissage amélioré	0	0	87 ^{NS}	86 ^{NS}

NS : pour une même colonne, les différences observées entre les traitements (A et B, ou C et D) ne sont pas significatives

Ainsi, tout en maintenant l'efficacité industrielle du mûrissage, et sans incidence sur le développement des maladies de conservation, on a réduit les doses d'éthylène injecté de 30 %, et le temps de gazage de plus de la moitié (10 h au lieu de 32h).

II. Discussion des résultats par rapport aux objectifs annoncés

1. Intérêt de procédés permettant de réduire les niveaux de contamination des fruits au champ

Dans le cadre de ce projet, il n'a pas été permis de valider l'hypothèse selon laquelle l'engainage des régimes avec une gaine étanche à l'eau pouvait être une alternative à la lutte chimique, tout au moins pour le contrôle du chancre.
Toutefois, l'engainage des fruits avec une des gaines expérimentées (Danisco 2) a permis d'obtenir une réduction significative des niveaux de contamination des fruits par le *C. musae*. Ce résultat a été obtenu avec une gaine plastique non perforée dont la matière plastique était perméable à la vapeur d'eau. Malheureusement, la restructuration survenue au sein de l'entreprise Danisco ne nous a pas permis de pousser plus loin ces expérimentations et plus particulièrement de mettre en place un essai d'exportation de fruits non traités à partir de régimes ayant été engainés au champ avec cette gaine. Il faut par ailleurs noter que des résultats similaires ont aussi été obtenus avec d'autres types de gaines (données non présentées dans le cadre de ce projet) dont la matière plastique était du Pébax, un matériau particulièrement perméable à la vapeur d'eau. Malheureusement cette matière est trop onéreuse pour cet usage, et il n'a pas non plus été possible de mener d'essais d'exportations de banane STAR avec des fruits protégés par ce type de gaines.

L'épistillage au champ a aussi permis de maintenir la contamination des fruits par le *C. musae* à un faible niveau, comme cela avait déjà été montré auparavant (de Lapeyre de Bellaire et al., 2000; de Lapeyre de Bellaire & Mourichon, 1997). Au cours de ce projet, nous avons montré que, dans les conditions de Neufchâteau, cette réduction du niveau de contamination des fruits au champ assurait un contrôle du chancre équivalent au traitement fongicide post récolte. Toutefois, dans les conditions de Douville où les fruits sont particulièrement sensibles aux maladies de conservation (Chillet, 2003; Chillet et al., 2000), la mise en œuvre de cette technique ne permet pas un contrôle du chancre équivalent à la lutte chimique. Le taux de chancre y reste toutefois dans des proportions acceptables.

Ainsi, en conclusion, **les techniques permettant de réduire la contamination des fruits au champ peuvent constituer une alternative à la lutte chimique post-récolte pour le contrôle du chancre des bananes d'exportation. Cette alternative semble toutefois dépendante des lieux de production.** Ainsi, la mise en œuvre de techniques permettant de limiter la contamination des fruits sera plus particulièrement suivie d'effet dans les zones d'altitude (Neufchâteau) que dans les zones de basse altitude où les fruits sont plus sensibles aux maladies de conservation (Douville).

Par ailleurs, compte tenu du fait que (i) des gaines étanches permettent effectivement de limiter la contamination des fruits au champ par le *C. musae* ; (ii) la réduction de la contamination des fruits au champ se traduit effectivement par une réduction du taux de chancre à l'arrivée ; (iii) l'épistillage au champ reste une technique coûteuse que beaucoup de plantations ne peuvent pas se permettre de mettre en oeuvre ; **il y a toujours un intérêt pour développer de nouvelles gaines non perforées à partir d'un matériau à forte perméabilité à la vapeur d'eau dont le prix soit compatible avec cet usage.**

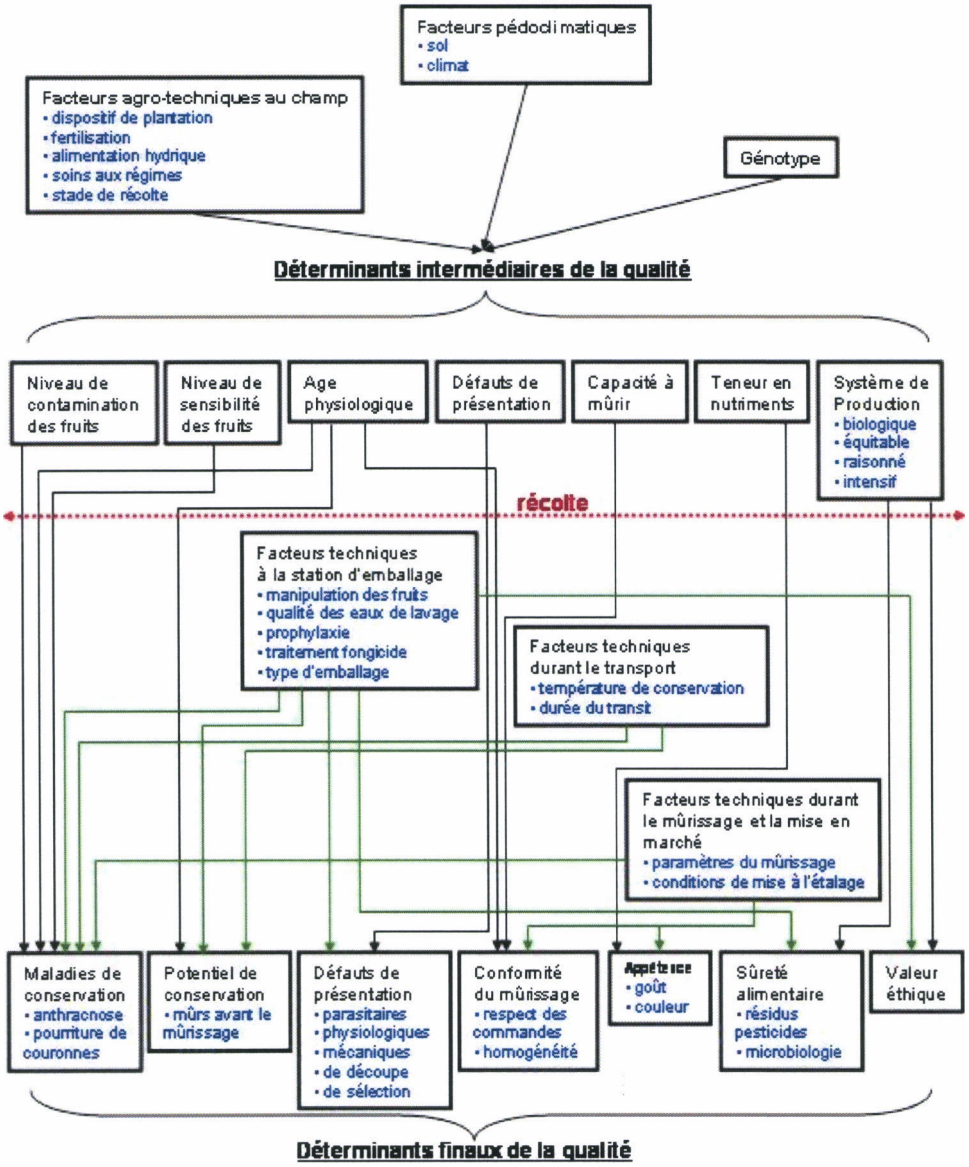
2. Outils de prévision des risques phytosanitaires

Nous avons pu montrer que les niveaux de contamination des fruits au champ sont tributaires des conditions climatiques. **Le rôle prépondérant de la pluviométrie a ici été confirmé, notamment sur le site de Douville. Toutefois, contrairement à certaines observations antérieures** (de Lapeyre de Bellaire et al., 2000; de Lapeyre de Bellaire & Mourichon, 1997), **l'effet de la pluviométrie semble s'éroder, voire même s'inverser, au-delà d'une valeur seuil qui se situe entre 800 et 1000 mm.** C'est la première fois que cette relation est montrée, et cela doit aussi être rapproché des niveaux de précipitation exceptionnels enregistrés en 2004. De fait, les corrélations directes avec la pluviométrie ne sont pas aussi fortes qu'escomptées, notamment sur Neuchâteau où la PGPS traduit mieux que la pluviométrie les niveaux de contamination des fruits. Sur les deux situations observées (Neufchâteau et Douville), la température n'apparaît pas comme un facteur premier d'explication des niveaux de contamination. Il n'en aurait toutefois probablement pas été de même à Saint Louis où, du fait de l'altitude, la température pourrait être un facteur limitant pour la formation des structures infectieuses. Les difficultés techniques à la mise en place du réseau d'essai dans cette région ne nous ont malheureusement pas permis de vérifier cette hypothèse.

Il semble bien que l'on puisse élaborer un modèle de prévision des niveaux de contamination des fruits à partir des données climatiques. Cependant, l'intérêt de la mise au point d'un tel modèle de prévision climatique doit

maintenant être relativisé. **En effet, nous avions émis l'hypothèse qu'il serait possible d'estimer les taux de chancre à l'arrivée par le niveau de contamination des fruits au champ. Les résultats obtenus au cours de ce travail montrent clairement que cette hypothèse n'est pas valide.** A des niveaux de contamination au champ élevés (> 20 nécroses par fruit) correspondent des taux de chancre élevés à l'arrivée (> à 4 %). Cette situation a effectivement été observée à Neufchâteau, bien qu'un trop petit nombre d'observations permette réellement de valider complètement cette affirmation. Il semble bien que cela ait aussi été le cas lors des exportations de banane STAR effectuées à Douville à partir de la semaine 19 de l'année 2004. Pour des niveaux de contamination plus faibles, tous les cas de figures sont possibles, et de forts taux de chancre ont également été observés à l'arrivée. Par ailleurs, à niveau de contamination égal, les taux de chancre à l'arrivée sont généralement plus élevés sur le site de Douville que sur le site de Neufchâteau. Ainsi, un modèle de prévision des risques du taux de chancre à l'arrivée doit prendre en considération un plus grand nombre de facteurs intégrant notamment le niveau de sensibilité des fruits au chancre, mais aussi des facteurs techniques post-récolte. Des travaux nous ont d'ailleurs permis de montrer que la sensibilité des fruits au chancre variait en fonction des conditions pédoclimatiques : les fruits sont ainsi plus sensibles au chancre à Douville qu'à Neufchâteau (Chillet, 2003; Chillet et al., 2000). On retrouvera ces différents facteurs sur le schéma suivant qui recense les différents facteurs ayant une influence sur les différentes composantes de la qualité des bananes d'exportation.

Schéma global d'élaboration de la qualité des bananes



3. Réduction des meurtrissures à la récolte et traçabilité des fruits

Un des objectifs initialement prévu dans ce projet était de mettre au point des techniques de conditionnement permettant de réduire les meurtrissures qui favorisent le développement du chancre (Meredith, 1960). Pour cela, un concept de hangar mobile, où les fruits auraient été conditionnés au bord de la parcelle de production, avait été développé. Cette façon de procéder s'opposait aux pratiques actuelles où les régimes sont transportés des parcelles de production vers la station de conditionnement. Ce conditionnement au bord du champ aurait eu l'avantage de limiter les chocs occasionnés au cours du transport des régimes à la station d'emballage et par ailleurs aurait facilité l'identification parcellaire sur les unités d'emballage, condition nécessaire à la traçabilité du produit.

La construction d'un prototype a été initiée en Martinique à partir d'un châssis léger en aluminium sur lequel devaient être rajoutés des éléments en matériaux composites légers (carbone, fibre de verre) : auvents de protection, potence de réception des régimes, tapis d'égouttage et de douchage des fruits pour éliminer le latex, bac de réserve en eau, pesée et emballage en cartons, stockage des cartons vides et pleins. Une installation de recyclage de l'eau devait y être embarquée. Elle avait pour objectif le maintien de la qualité des eaux de lavage et le rinçage des fruits tout au long de la journée de travail. La construction de ce prototype de hangar mobile a connu des difficultés majeures. En effet, S. Bertaux, technologue du Cirad-Flhor qui a conçu le prototype, a été rapatrié de Martinique pour des raisons médicales et est décédé. Son absence a pesé sur l'adaptation de procédés à ce prototype, et CITEP s'est retrouvé comme seul intervenant sur ce projet. Pour ne pas arranger les choses, les locaux de CITEP ont été incendiés, et même si la remorque et les bacs de collecte de l'eau ont échappé aux flammes, un certain nombre d'équipements qui devaient être montés sur le prototype ont été détruits (balance, batteries, circuit hydraulique, bâche). Ce prototype n'a pas vu le jour, et en resté au stade d'un châssis en aluminium sur lequel les bacs de collecte d'eau ont été ajustés.

4. Amélioration des emballages : nouveaux cartons avec perforations d'angle et atmosphères modifiées

Dans le cadre de ce projet, un nouveau carton au format multipack avec des perforations d'angle a été développé. La maîtrise de la température de conservation et au cours du mûrissage est bien meilleure avec ce type de carton qu'avec le carton multipack standard. Suite aux résultats obtenus dans le cadre de ces essais, Pomona a demandé à ses fournisseurs antillais de remplacer les multipacks standards par les nouveaux multipacks perforés dans les angles. **Au-delà de ces producteurs, et devant la nette amélioration observée depuis 2 ans en mûrisserie, l'emploi de ces cartons multipack avec perforations d'angle a maintenant été généralisé aux Antilles.**

L'emploi d'emballages non perforés a été fortement controversé aux Antilles, au cours des dernières années. L'intérêt de ces emballages pour les exportations de banane STAR a été ici clairement démontré, à la fois en conditions contrôlées, mais aussi lors des essais de validation en plantations commerciales. Ces emballeges permettent d'obtenir une atmosphère modifiée (Thompson, 1998), appauvrie en O_2 et enrichie en CO_2. Ainsi, l'emballage des fruits dans des sacs plastiques non perforés présente des avantages manifestes par rapport aux emballages perforés ou prédécoupés :

- il améliore la conservation des fruits, pour autant que le point de coupe soit parfaitement maîtrisé : les fruits doivent être récoltés à un stade homogène, mesuré en sommes de températures, et inférieur à 1000 degrés.jours
- il limite le développement des pourritures de couronnes à l'arrivée, au stade vert. Lors des exportations de fruits non traités sur Douville, une réduction d'environ 60 à 80 % des pourritures de couronnes au stade vert a été observée sur les fruits emballés en sacs non perforés de 20 µm par rapport aux fruits emballés en sacs prédécoupés. Cet effet a aussi été observé dans les conditions de Neufchâteau (données non présentées) où des exportations de fruits non traités emballés dans des sacs prédécoupés se sont soldées par une recrudescence des pourritures de couronnes (+ 300 % !) par rapport aux fruits emballés dans un sac non perforé de 20 µm. Des sacs épais de 50 µm permettent un meilleur contrôle des maladies de conservation en vert (80 % de réduction).

Toutefois, en sortie de mûrisserie, l'effet bénéfique de ces emballages sur les maladies de conservation s'estompe, et plus particulièrement pour des emballages épais de 50 µm. **Si l'emploi d'emballages plastiques non perforés s'avère indispensable pour l'exportation de banane STAR, dans certaines situations où l'incidence des maladies de conservation (notamment les pourritures de couronnes) est forte, il peut être insuffisant pour permettre un contrôle de ces maladies qui soit commercialement acceptable, en sortie de mûrisserie.**

5. Amélioration des pratiques de mûrissage

Le travail effectué dans les mûrisseries a permis de montrer, que contrairement aux recommandations initiales qui étaient d'utiliser une dose de 1000 à 1500 ppm, les doses réellement employées dans les mûrisseries du groupe Pomona étaient de 400 à 500 ppm d'éthylène pour un temps de contact de 32 heures. Un nouveau protocole de mûrissage plus économe en éthylène (30 % de réduction de la quantité d'azéthyl injecté) et plus rapide (temps de contact divisé par 2) a été défini dans le cadre de ce projet. Cette nouvelle pratique est sans incidence sur l'évolution physiologique des fruits après le mûrissage : évolution de la fermeté, de la coloration, de la teneur en sucres et des qualités gustatives. Par ailleurs, nous attendions un effet bénéfique de cette nouvelle pratique sur le développement des maladies de conservation, mais cet effet n'a pas pu être démontré. Pour conclure sur la validation de ce nouveau protocole de mûrissage, il faut ajouter que ce protocole est maintenant validé de manière pratique par les mûrisseurs du groupe Pomona eux-mêmes. En effet, suite à ces essais, **le nouveau protocole a été mis en place sur l'ensemble d'une mûrisserie depuis fin 2003 (28 chambres de mûrissage) et depuis plus d'un an, 30 000 tonnes de bananes ont été mûries selon ce protocole. Le constat des mûrisseurs est le suivant : le mûrissage est plus homogène (en coloration) et plus rapide, sans perte de durée de vie jaune.**

6. Est il possible d'exporter de la banane STAR aux Antilles ? Une ébauche de cahier des charges.

Les expériences de validation menées au cours de ce projet nous ont permis de montrer que certaines techniques permettaient d'assurer un certain niveau de contrôle des maladies de conservation. Ce niveau de contrôle permet de limiter le développement des maladies de conservation tout au moins à l'arrivée des fruits, au stade vert. Il en va ainsi de l'épistillage au champ, pour le contrôle du chancre, et des emballages en sacs plastiques non perforés pour le contrôle des pourritures de couronnes. Toutefois, l'efficacité de ces techniques dépend fortement des sites où elles sont mises en œuvre, et il est donc difficile de les généraliser à toutes les zones de production, mais aussi sur toute la durée de l'année. Par ailleurs, les maladies de conservation évoluent plus rapidement sur les fruits non traités, au cours du mûrissage, et souvent, ce développement a été jugé rédhibitoire à la commercialisation des fruits, comme on a pu l'observer sur les fruits de Douville. Notons toutefois, que même si des observations en sortie de mûrisserie ou en magasin n'ont pas été réalisées sur les bananes STAR provenant de Neufchâteau, 2 palettes par semaine ont été exportées de la semaine 18 de l'année 2002 à la semaine 21 de l'année 2003 et nous n'avons jamais eu de retour négatif pour ces fruits, de la part des distributeurs.
Par ailleurs, on peut aussi constater une différence entre l'évolution des pourritures de couronnes en sortie de mûrisserie lors des essais réalisés en conditions d'inoculations contrôlées et ceux réalisés lors tests de validation dans la filière commerciale. En effet, au cours des inoculations contrôlées le contrôle des pourritures de couronnes en sortie de mûrisserie était toujours meilleur avec le traitement fongicide post récolte. Néanmoins, les différences entre les fruits traités et les fruits non traités emballés en sacs non perforés épais (notamment pour les autres parasites que le *C. musae*) étaient moins importantes que celles qui ont été observées au cours des essais de validation. Lors des tests en conditions contrôlées, les fruits ont été largement aérés : les sacs ont été complètement ouverts, avant le mûrissage, de façon à ce que le CO_2 accumulé soit éliminé, mais aussi de façon à favoriser les échanges gazeux au cours du mûrissage. Dans les mûrisseries industrielles une telle aération n'est pas possible (le sac est seulement découpé dans un coin du carton), et il est possible que ce manque d'aération soit responsable de la forte dégradation observée en sortie de mûrisserie. L'effet d'une mauvaise aération se fait plus ressentir avec un emballage plastique épais qui est plus imperméable aux échanges gazeux. Notons toutefois que l'ouverture de tous les sacs n'est pas envisageable à l'échelle industrielle, mais que l'amélioration de l'aération au cours du mûrissage des fruits pourrait probablement atténuer le développement des pourritures de couronnes pour les fruits emballés en sacs non perforés. Ainsi, dans les conditions actuelles de la filière industrielle de mûrissage, il ne nous parait pas opportun de conseiller l'emploi d'un sac non perforé épais de 50 µm pour l'exportation d'une banane STAR, et nous lui préférons donc un sac non perforé de 20 µm.

Même si certains résultats ponctuels sont intéressants, le niveau de contrôle des maladies de conservation sur les fruits non traités est souvent inférieur à celui obtenu par les traitements fongicides post-récolte et le développement d'une banane STAR ne semble pas, dans le cadre Antillais, réalisable à grande échelle ni toute l'année. Toutefois, il existe probablement un marché de niche pour la banane STAR qui peut probablement être produite avec succès sous certaines conditions. Une de ces conditions est probablement de mieux définir les niveaux de tolérance concernant les % de chancre ou de pourritures de couronnes adossés à un tel label. En effet, ces niveaux ne sont jamais nuls y compris pour les fruits traités. Des études en magasin nous auraient probablement permis de mieux évaluer ces seuils, mais la mise en place de tels essais était elle-même conditionnée à la réussite des essais de validation et ils n'ont donc pas pu être menés. Une autre de ces

conditions est le respect d'un certain nombre de pratiques que nous avons voulu résumer sous la forme d'une ébauche de cahier des charges.

Une ébauche de cahier des charges

Certaines situations sont plus particulièrement propices à l'exportation de banane STAR. Les situations d'altitude (Neufchâteau), sont plus propices que les situations de basse altitude (Douville) où les fruits sont plus sensibles aux maladies de conservation et notamment aux pourritures de couronnes.
Une situation extrêmement favorable est celle des plantations de montagne de Gourbeyre - Matouba, car les fruits y sont peu sensibles aux maladies de conservation (Chillet, 2003). Quelques essais d'exportation de banane STAR ont été réalisés sur Matouba (plantation Dambas) à partir de fruits non épistillés au champ et emballés dans un sac plastique non perforé de 20 µm (données non présentées). Même si trop peu d'observations (seulement 2 semaines d'exportation en semaine 22 et 24 de l'année 2003) ont pu être réalisées, les résultats observés à l'arrivée étaient plutôt encourageants : aucune pourriture de couronne observée et 0,5 % de chancre sur les fruits non traités ; aucune pourriture de couronne observée et 0,4 % de chancre sur les fruits traités. Ces fruits sont particulièrement peu sensibles aux maladies de conservation, et l'explication réside peut être dans le stade de récolte qui a été utilisé par le planteur sur cette exploitation. En effet, la vitesse de remplissage des fruits sur cette exploitation était rapide, et les fruits ont atteint le grade commercial (34 mm) alors qu'ils n'avaient accumulé que 800 degrés.jours. Ne voulant prendre aucun risque, le producteur n'a pas voulu attendre que les fruits accumulent 900 degrés.jours et a donc récolté les régimes au grade de 34 mm. Cette relation somme de températures et grade commercial dans la zone de Matouba a aussi été observée dans des essais d'étude comparative de la sensibilité des fruits au chancre dans différentes conditions pédoclimatiques de la Guadeloupe. Cette étude a montré que non seulement les fruits récoltés au grade commercial dans cette zone accumulaient une somme de température inférieure à 900 degrés.jours et qu'ils étaient par conséquent moins sensibles au chancre (Chillet, 2003). De plus, les fruits récoltés à 900 degrés.jours dans cette zone de production restent encore moins sensibles au chancre que les fruits récoltés à 900 degrés.jours dans les zones de basse altitude.

La zone d'altitude de Matouba-Gourbeyre est la plus propice aux exportations de banane Star, sous réserve qu'un cahier des charges soit mis en œuvre. Dans l'état actuel des connaissances, nous pouvons tenter de proposer le cahier des charges suivant :

Pratiques à mettre en œuvre au champ

Ces mesures sont particulièrement importantes pour le contrôle du chancre, car c'est au champ que les fruits sont infectés par le *Colletotrichum musae*. Il faut ainsi apporter une attention particulière aux soins aux régimes et aux pratiques sanitaires :

- Eliminer les vieilles feuilles qui pendent le long du pseudotronc. Cet effeuillage doit être fait régulièrement
- Epistiller les fruits au champ sur tous les régimes
- Engainer de façon systématique au stade doigts horizontaux
- Oter les bractées qui pendent sur le régime
- Marquer les régimes au stade doigts horizontaux avec un lien de couleur, ce marquage sera nécessaire à la prévision de récolte

Pratiques à mettre en œuvre à la récolte

- Récolter les régimes en utilisant le système de prévision de récolte basé sur les sommes de température. Un réseau de capteurs de températures et un bulletin de récolte en fonction des zones géographiques a été mis en place par le GIE-agroservices. Dans les zones de basse altitude, et surtout au cours de la période pluvieuse, les températures sont très élevées et une erreur d'une semaine sur la date de récolte peut avoir des conséquences importantes sur l'état de maturité des fruits à la récolte. Il faut donc porter une attention particulière sur la qualité du marquage et le respect du stade de récolte à cette période de l'année.
- Récolter chaque semaine sur toutes les parcelles
- Limiter les chocs au cours du transport des régimes vers la station d'emballage, par exemple en utilisant des remorques à berceaux et des trays matelassés, ou bien en utilisant un système de penderies sur câbles (cable-way). Dans de petites exploitations (il faut que les parcelles de production ne soient pas éloignées de la station d'emballage) un système original peut être utilisé : le dépattage des régimes sur pied. Dans ce cas, les mains sont transportées à la station d'emballage dans un tray matelassé.
- Au cours de la période pluvieuse, l'état des traces est souvent plus mauvais. Il faut effectuer des aménagements si leur état est trop dégradé.

Pratiques à mettre en œuvre à la station d'emballage

En station d'emballage, on limitera plus particulièrement les chocs qui vont favoriser le développement du chancre, et on adoptera des pratiques sanitaires visant à limiter la contamination des couronnes :

- Limiter les chocs et les blessures : coups de couteau, grattages, chocs lors de l'emballage en carton. A ce titre, l'emballage en carton multipack de 3 rangées est un avantage car il permet de réduire les chocs à l'emballage par rapport au carton classique où les fruits emballés en 4 rangées subissent plus de meurtrissures à l'emballage.
- Limiter les défauts de découpe sur les couronnes : notamment les découpes rases et les couronnes arrachées
- Maintenir propres les alentours du hangar. En particulier, ne pas rejeter les déchets, les hampes, ou des feuilles à proximité du hangar
- Veiller à ce qu'il n'y ait ni pistils, ni feuilles, dans les bacs de lavage ou de découpe, afin de ne pas contaminer l'eau des bacs avec des spores de champignons
- Nettoyer le hangar, les bacs, les différents tapis, les trays et les couteaux après chaque emballage avec un produit désinfectant
- Privilégier l'emploi d'une eau perdue, non recyclée, avec un débit important (200 litres par minute), pour éviter la concentration des spores dans les bacs de lavage et de découpe
- Utiliser un sac plastique non perforé de 20 µm. Ce type d'emballage permet un contrôle des pourritures de couronnes si le stade de récolte est maîtrisé et si le sac n'est pas percé. La méthode d'emballage des fruits ne doit donc pas permettre un déchirement du sac. Les fruits doivent être emballés de façon à ce que le polybag enveloppe les rangées de fruits sans repliements. Le format Multipack est particulièrement adapté à ce mode d'emballage des fruits. En effet, dans les cartons classiques, le sac plastique est replié avec la feuille intercalaire en carton (pad), et ces repliements sont souvent la cause de déchirements du sac lors de l'emballage des deux dernières rangées.
- Réduire autant que possible les délais de mise à froid des cartons (ne pas dépasser 12 heures)

7. Quel avenir pour un segment commercial 'banane STAR' aux Antilles ?

Sur le plan technique, de nouvelles méthodes de lutte peuvent encore être envisagées de façon à améliorer le contrôle des maladies de conservation sur les bananes STAR. Par exemple, l'utilisation d'agents de lutte biologique (notamment des levures) est une des voies qui mérite d'être explorée pour le contrôle des pourritures de couronnes. Des résultats intéressants ont d'ailleurs été obtenus sur les maladies de conservation des pommes avec de tels agents (Jijakli et al., 2002; Jijakli et al., 1999). Par ailleurs, des progrès restent encore à faire pour développer des méthodes permettant de maintenir une eau de bonne qualité microbiologique dans les stations où l'eau des bacs de lavage est recyclée en continue. En effet, de la qualité de ces eaux de lavage dépend l'infection des couronnes fraîchement découpées (Shillingford, 1976; Shillingford, 1977; Slabaugh & Grove, 1982). De nouveaux travaux doivent donc être conduits pour améliorer les performances des méthodes de lutte alternatives à la lutte chimique, notamment pour le contrôle des pourritures de couronnes.

Il semble qu'aujourd'hui la demande client soit moins forte du fait de la multiplicité des références bananes dans les magasins. En effet, au cours de ces dernières années, la part de marché de la banane biologique, provenant majoritairement de République Dominicaine a fortement augmenté. Par ailleurs, le label 'commerce équitable' s'est aussi fortement développé grâce à de fortes campagnes de communication. Il semblerait qu'aujourd'hui le positionnement d'un nouveau label 'banane STAR' ne puisse plus trouver aussi facilement sa place dans les rayons des magasins car elle ne présente pas réellement d'avantages comparatifs par rapport à ces deux autres labels qui ont d'ailleurs de plus en plus tendance à être combinés entre eux (la banane issue du commerce équitable est aujourd'hui majoritairement biologique).

Par ailleurs, les producteurs antillais se tournent aujourd'hui résolument vers le développement de nouvelles variétés de bananes. Ces variétés sont résistantes aux cercosporioses des bananiers et présentent aussi des caractéristiques pomologiques et organoleptiques nouvelles. Le positionnement commercial de ces nouvelles variétés repose donc sur deux vecteurs d'image :

- une production plus respectueuse de l'environnement et de la santé des consommateurs
- un produit qui se différencie nettement des autres par ses caractéristiques visuelles et gustatives

C'est dans le cadre du développement de ces nouvelles variétés que le travail réalisé dans au cours de ce projet pourrait prendre une nouvelle dimension.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

III. Références bibliographiques

Abeles F.B., Morgan P.W. and Salveit M.E. (1992). Ethylene in plant biology. New York, Harcourt Brace Jovanovich,, 2nd ed. Academic Press, 414 pp.

Anonyme (2003). Le chancre ou anthracnose. In: *Manuel du planteur de bananes de la Guadeloupe,* éditions Cirad. Montpellier, 4 p.

Anonyme (2003). Les mûrs d'arrivage et la rouille de maturité. In: *Manuel du planteur de bananes de la Guadeloupe,* éditions Cirad. Montpellier, 5 p.

Berril F. (1956). Bunch cover for bananas. *Queensland Agricultural Journal*, **82**, 435-440.

Brown G.E. and Barmore C.R. (1977). The effect of ethylene on susceptibility of Robinson tangerines to anthracnose. *Phytopathology*, **67**, 120-123.

Chillet M. (2003). Influence des conditions de croissance du fruit du bananier (*Musa* spp AAA cv 'Grande Naine') sur sa sensibilité à l'anthracnose de blessure due à *Colletotrichum musae* (Berk. and Curt.) Arx. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, Montpellier, 190 p.

Chillet M. and de Lapeyre de Bellaire L. (1996). Elaboration de la qualité des bananes au champ. Détermination de critères de mesure. *Fruits*, **51**, 317-326.

Chillet M., de Lapeyre de Bellaire L., Dorel M., Joas J., Dubois C., Marchal J. and Perrier X. (2000). Evidence for the variation in susceptibility of bananas to wound anthracnose due to *Colletotrichum musae* and influence of edaphic conditions. *Scientia Horticulturae*, **86**, 33-47.

de Lapeyre de Bellaire L. (1999). Bio-écologie de *Colletotrichum musae* (Berk. & Curt.) Arx, agent de l'anthracnose des bananes, dans les conditions tropicales humides de la Guadeloupe. Université de Paris-Sud, Orsay, 100.

de Lapeyre de Bellaire L., Chillet M., Dubois C. and Mourichon X. (2000). Importance of different sources of inoculum and dispersal methods of conidia of *Colletotrichum musae*, the causal agent of banana anthracnose, for fruit contamination. *Plant Pathology*, **49**, 782-790.

de Lapeyre de Bellaire L., Chillet M. and Mourichon X. (2000). Elaboration of an early quantification method of quiescent infections of *Colletotrichum musae* (Berk. & Curt.) von Arx on bananas. *Plant disease*, **84**, 128-133.

de Lapeyre de Bellaire L. and Mourichon X. (1997). The pattern of fungal contamination of the banana bunch during its development and potential influence on incidence of crown-rot and anthracnose diseases. *Plant Pathology*, **46**, 481-489.

de Lapeyre de Bellaire L. and Mourichon X. (1997). The biology of *Colletotrichum musae* (Berk. et Curt.) Arx and its relation to control. In: *Proceedings of the International Banana Symposium on Bananas in the Subtropics,* 10-14 november, Puerto de la cruz, Tenerife, Spain. *Acta Horticulturae*, **490**, 297-303.

Finlay A.R. and Brown A.E. (1993). The relative importance of *Colletotrichum musae* as a crown-rot pathogen on Windward Island bananas. *Plant Pathology*, **42**, 67-74.

Flaishman M.A. and Kolattukudy P.E. (1994). Timing of fungal invasion using host's ripening hormone as a signal. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, **91**, 6579-6583.

Greene G.L. and Goos R.D. (1963). Fungi associated with crown rot of boxed bananas. *Phytopathology*, **53**, 271-275.

Griffee P.J. (1976). Pathogenicity of some fungi isolated from diseased crowns of banana hands. *Phytopathologische Zeitschrift*, **85**, 206-216.

Griffee P.J. and Burden O.J. (1976). Fungi associated with crown rot of boxed bananas in the Windward Islands. *Phytopathologische Zeitschrift*, **85**, 149-158.

Jijakli M.H., De Clerq D., Dickburt C. and Lepoivre P. (2002). Pre- and post-harvest practical application of Pichia anomala strain K, ß-1,3-glucans and calcium chloride on apples : two years of monitoring and efficacy against post-harvest diseases. *Biological Control of Fungal and Bacterial Plant Pathogens,* **25**, 29-32.

Jijakli M.H., Lepoivre P. and Grevesse C. (1999). Yeast species for biocontrol of apple postharvest diseases : an encouraging case of study for practical use. In: *Biotechnical Approaches in Biocontrol of Plant Pathogens,* Mukerji *et al.*, Kluwer Academic. (ed.). New York, Plenum Publishers, 31-49.

Knight C. (1982). Pathogenicity of some fungi associated with crown rot of bananas. *Phytopathologische Zeitschrift*, **104**, 13-18.

Lachenaud J.L. (1972). Protection contre le thrips de la rouille par gainage du régime de bananes. *Fruits*, **27**, 17-19.

Meredith D.S. (1960). Studies on *Gloeosporium musarum* Cke and Massee causing storage rots of Jamaican bananas. I. Anthracnose and its chemical control. *Annals of Applied Biology*, **48**, 279-290.

Meredith D.S. (1960). Studies on *Gloeosporium musarum* Cke. and Massee causing storage rots of jamaican bananas. II Some factors influencing anthracnose development. *Annals of Applied Biology*, **48**, 518-528.

Mouen Bedimo J., Chillet M., Jullien A. and de Lapeyre de Bellaire L. (2003). Le gainage précoce des régimes de bananes améliore la croissance des fruits et leur état sanitaire vis-à-vis de l'anthracnose (*Colletotrichum musae*). *Fruits*, **58**, 71-81.

Muirhead I.F. and Deverall B.J. (1981). Role of appressoria in latent infection of banana fruits by *Colletotrichum musae*. *Physiological Plant Pathology*, **19**, 77-84.

Shillingford C.A. (1976). Occurence of banana fruit-rot fungi in Jamaican boxing plants. *Plant Disease Reporter*, **60**, 788-793.

Shillingford C.A. (1977). Control of banana fruit rots and of fungi that contaminate washing water. *Tropical Science*, **19**, 197-203.

Slabaugh W.R. and Grove M.D. (1982). Postharvest diseases of bananas and their control. *Plant Disease*, **66**, 746-750.

Thompson A.K. (1998). Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. CABI (ed.). Wallingford, 278 p.

Wallbridge A. (1981). Fungi associated with crown-rot disease of boxed bananas from the Windward Islands during a two year survey. *Transactions of the British Mycological Society*, **77**, 567-577.

IV. Publications

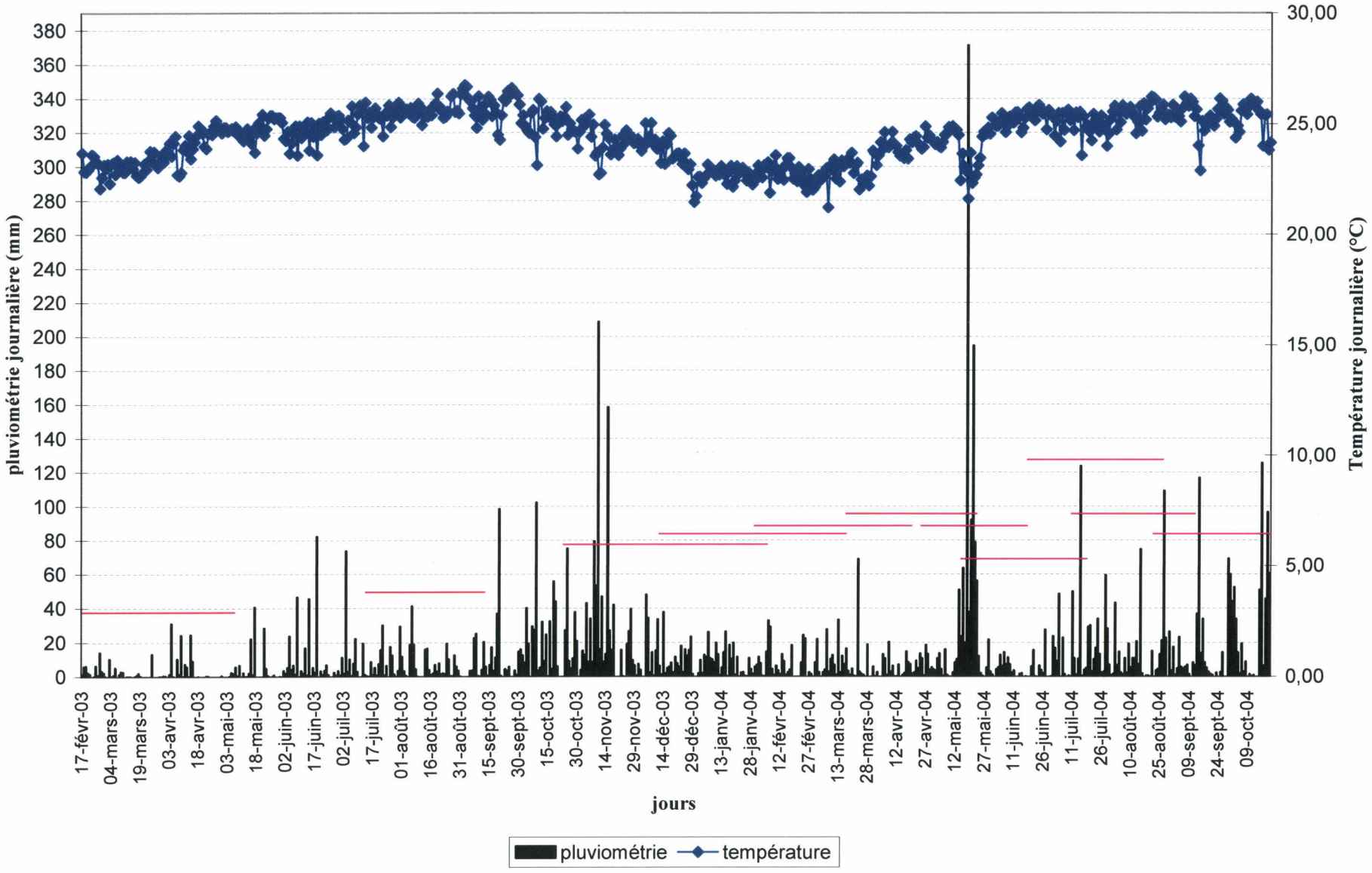
- L. de Lapeyre de Bellaire, F. Dalle, S. Heinry, J.P. Marion, S. Bertaux, M. Chillet, M.N. Ducamp. 2002. Des méthodes de lutte alternatives contre les maladies de conservation des bananes aux Antilles françaises. In : ANPP, FREDEC ed. Proceedings de la 2éme conférence internationale sur les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux. 4-7 mars 2002. Lille, France. Annales des communications affichées, 298-305. (Cette communication est fournie en annexes 4 et 5).

- C. Gilles. 2002. Relations entre la maladie de la pourriture de couronne, le stockage sous atmosphère modifiée et l'âge physiologique à la récolte des bananes d'exportation. Mémoire DESS : Productivité végétale, biotechnologie, génome : Paris 7. 51 p.

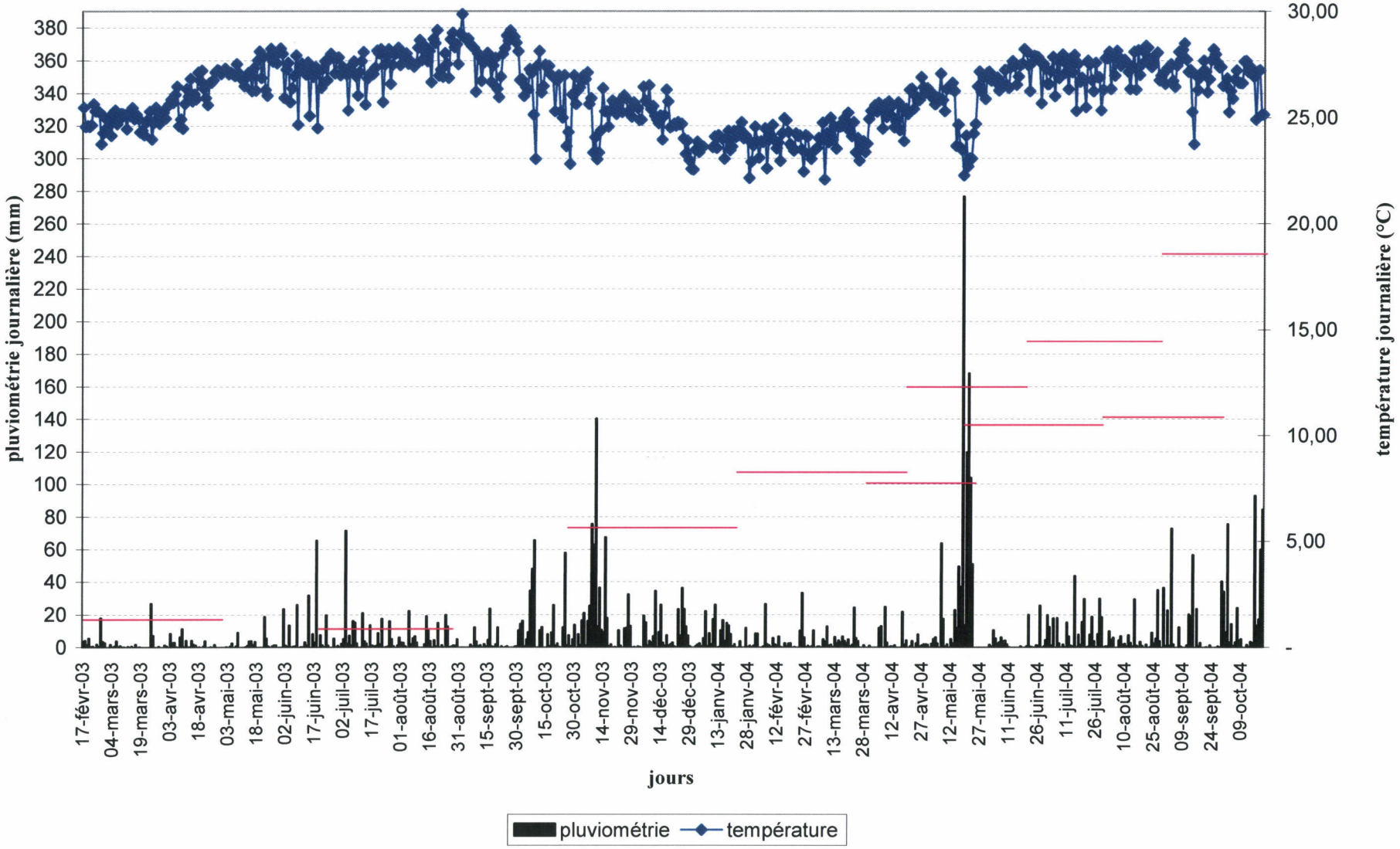
- Une publication sur l'intérêt des emballages plastiques non perforés pour le contrôle des pourritures de couronnes est en cours de préparation.

V. Annexes

Annexe 1: Evolution de la température et de la pluviométrie à Neufchâteau en 2003 et 2004



Annexe 2 : Evolution de la température et de la pluviométrie à Douville en 2003 et 2004



ANNEXE 3

PROTOCOLE D'INOCULATION ET DE CONSERVATION DES FRUITS POUR LES POURRITURES DE COURONNES

Les bouquets d'une même modalité font l'objet d'une inoculation selon le mode suivant :

Les inoculations sont réalisées à partir d'une suspension de conidies récupérée sur une culture sporulante âgée de 7-10 jours (1 mois pour *Botryodiplodia sp*). *Colletotrichum musae* est inoculé à 10^2 conidies/ml ; *Fusarium moniliforme* est inoculé à 10^4 conidies/ml ; *Fusarium pallidoroseum* est inoculé à 10^4 conidies/ml ; *Cephalosporium sp* est inoculé à 10^3 conidies/ml et *Botryodiplodia sp* est inoculé à 10^4 conidies/ml.

- la couronne est rafraîchie et stérilisée à l'alcool 50%. Une gouttelette de 50 µl de la suspension de conidies est déposée au sommet de la couronne. Une pastille de papier Whatman de 5 mm est déposée sur la gouttelette. Les fruits sont disposés à température ambiante pendant 3 h,
- les fruits sont alors traités,
- les fruits sont conservés 10 jours à 13°C. Une mesure de surface externe des lésions (SEL) est alors réalisée (échelle de 0-4). Cette observation correspond aux évaluations effectuées en entrée de mûrisserie,
- les fruits sont traités à l'éthylène (1000 ppm 24 h à 20°C),

24 h après traitement, ils sont ensuite aérés et remis à 20°C pendant 2 jours, jusqu'au début de jaunissement des fruits (stade tournant) qui correspond à la sortie de mûrisserie des fruits. Trois jours après le début du traitement éthylène une observation de la progression interne des lésions (PIL) est alors réalisée.

Annexe 4

2ème CONFERENCE INTERNATIONALE
SUR LES MOYENS ALTERNATIFS DE LUTTE CONTRE LES ORGANISMES NUISIBLES AUX VEGETAUX
Lille – 4, 5, 6 et 7 mars 2002

Des méthodes de lutte alternatives contre les maladies de conservation des bananes aux Antilles françaises

L. de Lapeyre de Bellaire [(1)], F. Dalle [(2)], S. Heinry [(3)], J.P. Marion [(4)], S. Bertaux [(5)], M. Chillet[(1)], M.N. Ducamp [(6)]

(1) Cirad-Flhor, station de Neufchâteau, 97130 Capesterre belle eau, Guadeloupe
(2) POMONA IMPORT – 223 rue St Honoré 75001 Paris
(3) AMCOR Flexible, 1 Av Emile Venthenat 16300 Barbezieux
(4) CITEP SARL - Parc d'activité de la SEMAIR – 97231 Le Robert – Martinique
(5) Cirad-Flhor, Route de Moutte – BP 153 – 97202 Fort de France – Martinique
(6) Cirad-Flhor, 75, rue Jean-François Breton (Bât. 16, Bur. 324) – 34398 Montpellier

Résumé :

Dans un contexte de forte concurrence internationale, l'élimination du traitement chimique après récolte des bananes d'exportation constitue aujourd'hui l'enjeu qui permettrait de renforcer la sécurité alimentaire des consommateurs et de démarquer la filière antillaise sur un nouveau segment de marché. En effet, cette lutte chimique est aujourd'hui remise en cause par (i) l'apparition de souches résistantes aux fongicides utilisés ; (ii) le manque d'efficacité de ces traitements signalé régulièrement au cours du second semestre ; (iii) les attentes des consommateurs et des pouvoirs publics pour une agriculture plus respectueuse de la santé et de l'environnement. Ce projet vise à définir des méthodes permettant de contrôler les maladies de conservation (anthracnose et pourritures de couronnes) tout en excluant le recours à la lutte chimique. Un cahier des charges, économiquement viable et s'adressant à l'ensemble des maillons de la filière, sera élaboré pour produire des fruits " propres " satisfaisant aux standards de qualité en vigueur.

Mots-clés : banane, maladies de conservation, lutte non chimique, segmentation de marché, Antilles françaises

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Introduction

Dans un contexte de forte concurrence économique internationale, où la part de marché de la banane antillaise en France est en régression (perte de 10 % entre 1992 et 1999), l'élimination du traitement chimique après récolte constitue aujourd'hui un enjeu qui permettrait d'améliorer l'image de marque de la filière banane antillaise, en la démarquant sur un nouveau segment de marché, et de renforcer la sécurité alimentaire du consommateur. Les bananes d'exportation font l'objet d'un traitement chimique fongicide après la récolte pour lutter contre les maladies de conservation (anthracnose, pourritures de couronnes). Cependant, cette lutte chimique ne correspond plus aux exigences nouvelles du marché. Cette évolution doit être replacée dans le contexte de la mise en place de nouveaux cahiers des charges pour l'agriculture (notamment dans le cadre des CTE) dont les orientations sont d'assurer la viabilité économique des exploitations agricoles tout en préservant l'espace rural (respect de l'environnement) et en intégrant les attentes des consommateurs (respect de la santé humaine, satisfaction aux critères de qualité).

Les lésions d'anthracnose de la banane sont provoquées par un champignon pathogène, le *Colletotrichum musae*. Juste après la germination des conidies, ce parasite possède la particularité de former, sur les fruits verts, des structures de conservation (des appressoria très pigmentés) qui resteront dans un état quiescent jusqu'à la maturation des fruits (Muirhead & Deverall, 1981). On distingue deux formes de la maladie selon le mode d'infection : (1) l'anthracnose de quiescence, observable en mûrisserie ou dans les circuits de distribution, lorsque les lésions résultent de la pénétration cuticulaire d'une hyphe formée par l'appressorium au cours de la maturation des fruits ; (2) l'anthracnose de blessure qui est observable dès l'arrivée des fruits en Europe sous la forme de lésions très larges car les blessures entraînent une interruption précoce de la quiescence. *Colletotrichum musae* ne forme des lésions et ne sporule que sur les organes sénescents du bananier. Il se développe en saprophyte sur toutes les matières en décomposition de la bananeraie (feuilles sénescentes, bractées, pièces florales). Il a été montré que les pièces florales sont les principales sources d'inoculum efficace pour la contamination des fruits et que cet inoculum est particulièrement important durant le premier mois qui suit la jetée de l'inflorescence (de Lapeyre de Bellaire et al., 2000). C'est le ruissellement de l'eau de pluie qui est à l'origine du transport de l'inoculum et donc de la contamination des fruits. Ainsi, l'élimination (épistillage) des pièces florales au champ et de la bractée du régime, à un stade de floraison précoce (l'épistillage est ordinairement effectué dans les stations de conditionnement) est une technique qui permet de réduire efficacement les niveaux de contamination des fruits(de Lapeyre de Bellaire et al., 2000). Toutefois, sa réalisation au champ entraîne un surcroît de main d'œuvre important, ce qui est un obstacle à la mise en œuvre de cette pratique dans les conditions des Antilles françaises où les coûts de main d'œuvre sont justement à l'origine de différentiels de coût de production importants par rapport à la banane originaire d'Amérique latine.

La portion de hampe florale sur laquelle sont réunis les pédoncules des bananes d'un même bouquet peut être l'objet de pourritures au cours de la conservation et du mûrissage des fruits. Ces pourritures, dites de couronnes sont d'une étiologie plus complexe : un grand nombre d'espèces sont fréquemment isolées et capables de provoquer des nécroses sur les couronnes. Toutefois, les parasites les plus fréquemment retrouvés et dont le pouvoir pathogène est le moins remis en cause sont, *Colletotrichum musae* et plusieurs espèces de *Fusarium* dont *F. pallidoroseum* semble la plus importante(Finlay & Brown, 1993). La contamination des couronnes s'effectue surtout dans les bacs de lavage des fruits. Par ailleurs, les facteurs

favorisant la sénescence des tissus de la couronne (maturation, dessiccation) accélèrent aussi la colonisation de ces tissus par les champignons (Muirhead & Jones, 1999).

La lutte contre les maladies de conservation de la banane est essentiellement mise en œuvre après la récolte. L'emploi de fongicides systémiques, en pulvérisation ou en trempage, dans les stations d'emballage en est le principal élément. En dehors du fait que cette lutte chimique ne répond plus aux nouvelles attentes du marché, elle se heurte aussi à des difficultés techniques. Tout d'abord c'est l'apparition de souches résistantes aux fongicides utilisés qui est limitante. Cette résistance résulte de l'emploi de fongicides systémiques ayant les mêmes modes d'action en traitement aérien contre la cercosporiose jaune, une maladie foliaire du bananier (de Lapeyre de Bellaire & Dubois, 1997). Par ailleurs, l'efficacité des traitements post-récolte est régulièrement remise en cause au cours du second semestre dans certaines zones. Ce manque d'efficacité résulte d'une plus grande sensibilité des fruits. Le niveau de sensibilité des fruits ainsi que leur potentiel de conservation est tributaire de leur âge physiologique, mesuré en sommes de températures au dessus de 14°C. En effet, les fruits sont ordinairement coupés lorsqu'ils ont atteint un grade suffisant de 34 mm en main 4. En conditions de stress, le remplissage des fruits est ralenti et ce grade est atteint à un âge physiologique plus avancé avec un potentiel de conservation plus faible.

La réduction des chocs au cours de la récolte et de l'emballage est aussi à prendre en considération pour limiter l'anthracnose de blessure. Ainsi, un système de transport en suspendant les régimes sur des cables (cable-way) a été développé en Amérique latine, tandis que des remorques à étages dans lesquelles les régimes sont posés dans des berceaux matelassés (trays) ont été adaptées aux Antilles françaises. La prophylaxie au hangar est un élément particulièrement important, notamment pour éviter la contamination des couronnes dans les bacs de lavage des fruits. L'absence de déchets organiques (pièces florales, feuilles) dans les bacs de lavage, ainsi que le renouvellement continu de l'eau ou l'emploi de désinfectants sont préconisés. Enfin, la maturation des fruits constitue le point de départ du développement des maladies de conservation. Par conséquent, toutes les mesures qui permettent de retarder cette évolution du fruit ont aussi pour effet de ralentir la vitesse de développement des symptômes. Après le conditionnement en cartons, les fruits doivent être réfrigérés le plus rapidement possible à la température de 13°C afin de ralentir leur activité métabolique et celle des parasites. La conservation des fruits peut aussi être améliorée en maintenant les fruits dans une atmosphère dont la teneur en CO_2 est comprise entre 5 et 7 % et la teneur en O_2 comprise entre 2 et 5% (Thompson, 1998). De telles atmosphères peuvent être obtenues avec des emballages plastiques et avoir un effet sur le développement des maladies de conservation.

Par ailleurs, la culture de la banane dessert repose sur une faible gamme variétale car tous les clones appartiennent au sous-groupe des Cavendish. Par le passé, les objectifs des programmes d'amélioration génétique des bananiers ont essentiellement concerné l'obtention de variétés résistantes aux cercosporioses des bananiers et à la maladie de Panama(Stover & Simmonds, 1987). Ainsi, le comportement des variétés obtenues vis à vis des maladies de conservation n'a pas été jusqu'ici considéré par ces différents programmes.

Ce document fait état d'un projet visant à trouver des moyens de lutte alternatifs à la lutte chimique, en intervenant à différents niveaux de la filière : parcelle de production, récolte et conditionnement, conservation des fruits, mûrisseries et distributeurs. Ce projet n'en est qu'à ses débuts et certaines actions n'ont pas encore fait l'objet de travaux avancés et sont en cours de réalisation. Dans ces cas là, c'est la démarche suivie qui sera présentée.

1. Au niveau de la parcelle de production

1.1 Réduire le niveau de contamination des fruits par les pathogènes responsables de l'anthracnose et des pourritures de couronnes

Le gainage des régimes, qui entrave le ruissellement de l'eau de pluie sur les pièces florales, est une pratique culturale qui a un effet très marqué sur la contamination des fruits, pour autant que la gaine soit posée précocement. Les gaines plastiques ont été développées au début des années 70 pour accélérer la croissance des fruits et aussi prévenir des dégâts provoqués par les thrips. Les gaines qui sont commercialisées aujourd'hui sont dotées de larges perforations (trous de 5 mm de diamètre répartis sur toute la surface de la gaine) qui laissent néanmoins pénétrer suffisamment d'eau pour occasionner des niveaux de contamination conséquents suite à de forte pluies. Dans le cadre de ce projet, nous nous proposons de mettre au point de nouvelles gaines répondant au cahier des charges suivant :

- elles ne doivent pas laisser circuler l'eau de pluie ;
- elles doivent être très perméables à la vapeur d'eau pour qu'il n'y ait pas de condensation sous la gaine ;
- elles ne doivent pas altérer les caractéristiques qualitatives des fruits (potentiel de conservation, caractéristiques mécaniques, sensibilité aux parasites)

Différents types de matériaux sont actuellement en cours d'expérimentation. Il s'agit de gaines constituées de plastiques à forte perméabilité à la vapeur d'eau ou de plastiques dotés de microperforations.

On mesure l'effet des différentes gaines, en période de forte pluviométrie, sur des bananiers ayant un stade de floraison synchrone. Le stade de développement floral auquel la gaine est posée est précoce. Trois répétitions de 10 régimes par type de gaine sont utilisées.

A la récolte on mesure l'impact du type de gaine sur les niveaux de contamination, sur l'environnement thermique des fruits et sur les caractéristiques physiologiques des fruits à la récolte (durée de vie verte, caractéristiques de dureté et de fermeté des fruits, sensibilité à l'anthracnose).

Les premiers résultats obtenus avec des gaines ayant une forte perméabilité à la vapeur d'eau (gaine 1 et gaine 2) indiquent que ce type de gaine peut permettre de diminuer sensiblement les niveaux de contamination des fruits par rapport à une gaine de référence en polyéthylène et dotée de trous d'aération (tableau 1).

type de gaine	nombre de nécroses par fruit
Gaine de référence	6.5
Gaine 1	3.7
Gaine 2	3

Tableau 1. Effet de différents types de gaines sur le nombre de lésions par fruit

1.2 Raisonner la lutte chimique en fonction des risques phytosanitaires

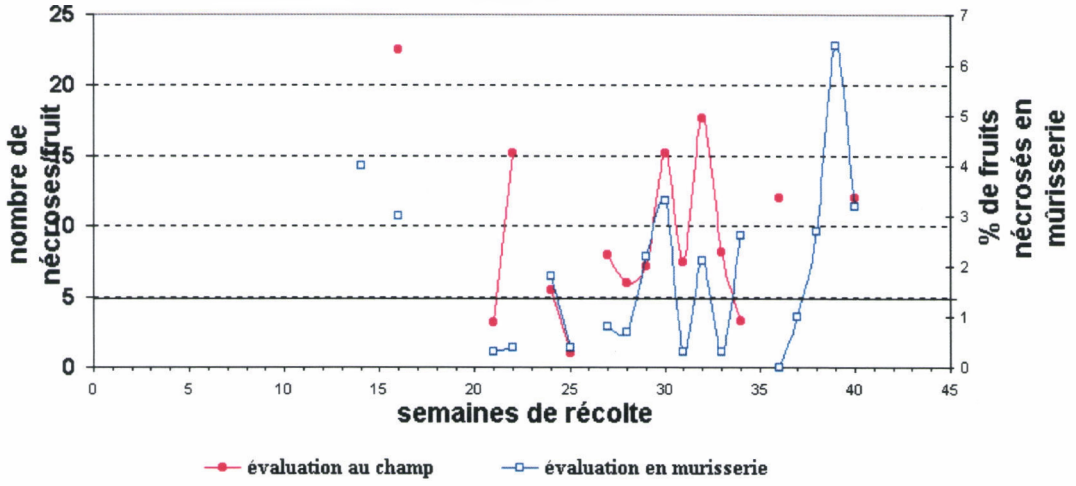
L'objectif est ici de raisonner l'emploi des fongicides en fonction des risques phytosanitaires.

Chaque semaine, sur une même parcelle on effectue un suivi des niveaux de contamination sur 20 fruits prélevés sur 20 régimes de bananes ayant un même âge de 6 semaines (la floraison est identifiée par un lien de couleur). A chaque prélèvement, les infections quiescentes des fruits sont révélées en exposant les fruits à une dose d'éthylène de 1200 ppm pendant six jours, dans une enceinte d'incubation de

32°C humidifiée à la saturation. Au terme de cette période, on mesure le nombre de lésions d'anthracnose par fruit et on calcule la moyenne des nécroses par fruit. A la récolte qui a lieu entre 11 et 15 semaines après la floraison, les fruits de cette parcelle sont conditionnés en cartons de 18,5 kg et exportés selon les conditions habituelles (palettisation des cartons, mise en container réfrigéré à 13°C, transport par bateau de 9 jours). Trois cartons font alors l'objet d'une évaluation en entrée de mûrisserie pour quantifier les lésions d'anthracnose et les pourritures de couronnes.

Il y a une relation entre le nombre de lésions observées 6 semaines après la floraison et les dégâts notés en entrée de mûrisserie (Figure 1). Il paraît ainsi envisageable d'utiliser cette observation précoce pour décider de ne pas utiliser de fongicide après la récolte lorsque les niveaux de contamination sont faibles.

Figure 1 **Evolution comparée des niveau d'infestation au champ et en mûrisserie**



2. A la récolte et au conditionnement

2.1 Prolonger la durée de vie verte des fruits

Le critère qui est le plus communément utilisé par les producteurs pour décider du stade de récolte des fruits est le grade atteint par ces derniers. Des travaux récents ont toutefois montré que le potentiel de conservation des fruits était strictement dépendant de la somme des moyennes de températures journalières en base 14, de la floraison à la récolte. L'adoption du grade comme critère de récolte conduit à récolter des fruits d'âge physiologique variable et dont le potentiel de conservation est aussi variable. Le risque le plus important, en cas de stress, est de récolter des fruits ayant un grade élevé ou normal, mais un faible potentiel de conservation, ce qui est alors propice au développement des maladies de conservation. Ainsi, pour toutes les expérimentations menées dans le cadre de ce projet, nous utilisons un système de prévision de récolte basé sur la mesure des températures en situation réelle.

2.2 Réduire les meurtrissures, les écarts de triage et assurer la traçabilité du produit

Une attention particulière doit être apportée à la manipulation des fruits pour réduire les meurtrissures qui favorisent le développement de l'anthracnose de blessure. Pour cela, un concept de hangar mobile où les fruits seront conditionnés au bord de la parcelle de production est en cours de développement. Cette façon de procéder s'oppose aux

pratiques actuelles où les régimes sont transportés des parcelles de production vers la station de conditionnement. Ce conditionnement au bord du champ aura l'avantage de limiter les chocs occasionnés au cours du transport des régimes à la station d'emballage et par ailleurs facilitera l'identification parcellaire sur les unités d'emballage, condition nécessaire à la traçabilité du produit.

Un prototype est en cours de réalisation à partir d'un châssis léger en aluminium sur lequel seront rajoutés des éléments en matériaux composites légers (carbone, fibre de verre) et le conditionnement des fruits se décomposera de la manière suivante :

- réception des fruits sur une potence équipée d'un peson permettant de noter le poids des régimes. Les régimes seront découpés directement sur cette potence, en mains, puis en bouquets de 5-7 fruits.
- les bouquets seront déposés sur un tapis d'égouttage et de douchage des fruits pour éliminer le latex. Un bac de réserve en eau recyclée sera utilisé pour cette opération de douchage. Une installation performante de traitement de l'eau sera embarquée. Elle aura pour objectif le maintien de la qualité des eaux de lavage et de rinçage des fruits tout au long de la journée de travail.
- les bouquets seront ensuite emballés dans des cartons pesés puis stockés en attente de leur transfert vers un point de collecte pour la palettisation.
- des auvents de protection permettront de protéger l'unité de conditionnement en cas de pluie.

2.3 Réduire la contamination des couronnes

L'eau qui est utilisée pour le dépattage des fruits (écoulement du latex) est une source de contamination potentielle des couronnes fraîchement découpées. Ainsi, pour mieux contrôler le développement des pourritures de couronnes en absence de traitement fongicide, il faudra mettre au point des procédés permettant de laver les fruits dans une eau biologiquement propre. Cela favoriserait par ailleurs un meilleur respect des pratiques hygiéniques du conditionnement. Le lavage et le rinçage des fruits consomme beaucoup d'eau. Son recyclage est nécessaire. L'objectif est de produire en continu une eau débarrassée de son latex, des champignons et autres agents pathogènes. Plusieurs pistes seront étudiées et associées : décantation, écumage, filtration, chloration, stérilisation aux U.V.. L'emploi de nouveaux additifs favorisant la décantation sera également testé. Ces systèmes seront d'abord testés sur une installation fixe d'une station de conditionnement, puis adaptés au hangar mobile. Des prélèvements d'eau seront réalisés en cours d'emballage pour effectuer des analyses microbiennes et évaluer ainsi la qualité des eaux recyclées.

2.4 Réduire les chocs lors du transport et améliorer la présentation du nouveau produit

Les fruits blessés lors des manipulations favorisent le développement de l'anthracnose de blessure et dégradent l'aspect commercial des bananes en rayon. Un nouveau concept de carton moins haut avec un principe de rangement qui réduit l'empilement des fruits va être étudié (4 rangées de fruits sont empilées dans les cartons classiques). Le carton aura également un couvercle pour protéger mécaniquement les fruits mais aussi pour les protéger du froid des chaînes logistiques de la Grande Distribution. Ce concept de carton sera testé avec un poids classique (18 Kg) mais aussi avec un poids réduit (10 Kg) correspondant plus au concept de vente des petits magasins. Les essais porteront sur la forme et la résistance des colis, sur les matériaux avec mesure de l'amélioration de la qualité sanitaire et visuelle des fruits. Le colis devra tenir compte des contraintes de chaque maillon de la filière : producteur

(coût, facilité de remplissage), transporteur (volume), mûrisseur (perforation pour passage de l'air) et distributeur (compatibilité aux dimensions des rayons).

3. Durant la conservation des fruits : prolonger la durée de vie verte et limiter les pourritures de couronnes

En dehors de la réfrigération des fruits à 13°C, qui est une pratique courante, une atmosphère modifiée ou contrôlée améliore la conservation des fruits et pourrait freiner le développement des pourritures de couronnes en absence de traitement fongicide, l'optimum étant 5-7% de CO_2 et 2-5% d'O_2. Un conditionnement en sac plastique fermé permet de créer une atmosphère modifiée enrichie en CO_2 et appauvrie en O_2.

Différentes poches plastiques (polybag) sont testées. L'atmosphère à l'intérieur de cartons (3 répétitions de 4 cartons) réalisés à partir de fruits emballés dans ces différentes poches est mesurée après 17 jours de conservation à 13°C.

Les résultats obtenus démontrent que le type d'emballage qui permet de s'approcher au mieux des conditions idéales est un polybag de polyéthylène épais de 40 à 50 µm (Tableau 2).

L'effet du type d'emballage sur les pourritures de couronnes sera par la suite évalué en inoculations contrôlées.

Type de poche	Teneur en O_2	Teneur en CO_2
PE 18 µm	11.1	2.1
PE 20 µm	7.4	3.6
PE 40 µm	2.9	4.4
PE 50 µm	1.6	6.2
PE 80 µµm	1.7	14.1

Tableau 2 : Effet de différents types de poches en polyéthylène plastique sur la teneur de l'atmosphère en O_2 et CO_2 au terme de 17 jours de conservation des fruits à 13°C

4. En mûrisserie : limiter l'impact du mûrissage sur les parasites et améliorer les qualités gustatives

Des doses importantes d'éthylène sont utilisées en mûrisserie (1000 µl/l) pour déclencher la maturation des fruits. Or l'éthylène permet aussi d'activer le développement des lésions d'anthracnose. Il convient de reconsidérer les pratiques de mûrissage (dose d'éthylène, temps de contact, rapidité d'injection, température de maturation), d'autant plus que la maturation peut être déclenchée par de faibles doses d'éthylène. L'optimisation du mûrissage des fruits sera réalisée dans une mûrisserie industrielle pilote dans laquelle température, O_2, CO_2, et éthylène pourront être contrôlés en continu.

1- évaluation de différents protocoles de maturation (3 répétions, 7palettes par répétition).
- réduction des doses d'éthylène (la dose actuelle est de 1000 ppm),
- réduction du temps de contact (la durée actuelle est de 30 à 36 Heures),
- injection "choc" (dose utile injectée directement) par opposition au gazage à injection progressive actuelle.

2- évaluation des lésions d'anthracnose avec des doses d'éthylène réduites et en fonction des températures de mûrissage.

3- réalisation d'analyses sensorielles.

En fin d'essai, l'effet des nouvelles pratiques de mûrissage sur la qualité gustative des fruits sera évalué. Des analyses sensorielles en comparant au minimum 2 lots (témoin

avec la technique actuelle et les fruits issus du nouveau protocole de mûrissage) seront réalisées : 3 à 4 répétitions avec un jury composé de 60 dégustateurs.

5. En magasin : évaluer l'impact du produit

Des contrôles en rayon de l'évolution qualitative des fruits seront réalisés avec l'aide de distributeurs qui ont sélectionné des rayons pilotes. L'approche choisie est de proposer ce nouveau concept auprès des enseignes de distribution qui développent déjà des segments de marché pour fruits et légumes produits avec une utilisation raisonnée de pesticides (type Terre et Saveur/Casino, Filière Qualité Carrefour/Carrefour, Filière Auchan, ...) On testera ce nouveau concept marketing et commercial et on recueillera les remarques et avis des distributeurs et des consommateurs.
L'étude portera sur 2 points sous la responsabilité de la Responsable Marketing de Pomona :
1 - Analyser avec le ou les chefs de rayon des magasins pilotes la présentation et la tenue des fruits en mettant en place un tableau de bord permettant de mesurer l'évolution des volumes de ventes (indicateurs de la présentation) et l'évolution du taux de casse (indicateur de la tenue).
2 - Analyser les résultats commerciaux et marketing de ce nouveau concept:
Commercial : suivi et analyse de l'évolution des ventes du produit "Sans Traitement Chimique Après Récolte" et impact du concept sur les ventes par rapport aux produits classiques traités.
Marketing : analyse des appréciations des clients distributeurs et des consommateurs par enquête sur la qualité du produit, sur la communication "Sans Traitement Chimique Après Récolte" et sur le lien entre ce nouveau concept et l'origine Antilles.

6. Finalisation du cahier des charges entre les partenaires

A l'issue de ce projet, une synthèse des différents travaux effectués aux différents niveaux de la filière permettra de rédiger un cahier des charges pour une "banane sans traitement chimique après récolte" aux Antilles Françaises.

Références

de Lapeyre de Bellaire L., Chillet M., Dubois C. and Mourichon X. (2000). Importance of different sources of inoculum and dispersal methods of conidia of *Colletotrichum musae*, the causal agent of banana anthracnose, for fruit contamination. *Plant Pathology*, **49**, 782-790.

de Lapeyre de Bellaire L. and Dubois C. (1997). Distribution of thiabendazole-resistant *Colletotrichum* isolates from Guadeloupe banana plantations. *Plant Disease*, **81**, 1378-1383.

Finlay A.R. and Brown A.E. (1993). The relative importance of *Colletotrichum musae* as a crown-rot pathogen on Windward Island bananas. *Plant Pathology*, **42**, 67-74.

Muirhead I.F. and Deverall B.J. (1981). Role of appressoria in latent infection of banana fruits by *Colletotrichum musae*. *Physiol. Plant Pathology*, **19**, 77-84.

Muirhead I.F. and Jones D.R. (1999). Fungal diseases of banana fruit. Postharvest diseases. In : *Diseases of banana, abaca and enset,* Jones D.R. (ed.) Wallingford, CABI, 190-206.

Stover R.H. and Simmonds N.W. (1987). Bananas. Essex. Third edition, 468p.

Thompson A.K. (1998). Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. Wallingford. 278p.

Méthodes de lutte alternatives contre les maladies de conservation des bananes aux Antilles françaises

L. DE LAPEYRE DE BELLAIRE (1), F. DALLE (2), S. HEINRY (3), J.P. MARION (4), S. BERTAUX (5), M. CHILLET(1), M.N. DUCAMP (6)
(1) Cirad-Flhor, station de Neufchâteau, 97130 Capesterre Belle Eau, Guadeloupe, France
Tel: 05 90 86 17 66, Fax : 05 90 86 80 77, luc.de_lapeyre@cirad.fr
(2) POMONA IMPORT - 223 rue St Honoré 75001 Paris
(3) AMCOR Flexible - 1 Av Emile Venthenat 16300 Barbezieux
(4) CITEP SARL - Parc d'activité de la SEMAIR, 97231 Le Robert, Martinique, France
(5) Cirad-Flhor - Route de Moutte, BP 153, 97202 Fort de France, Martinique, France
(6) Cirad-Flhor - 75, rue Jean-François Breton (Bât. 16, Bur. 324), 34398 Montpellier Cedex 5, France

ans un contexte de concurrence économique internationale, la position des bananes d'origine antillaise est encore plus fragilisée, sur le marché européen, par des défauts de présentation liés aux maladies de conservation comme l'anthracnose et les pourritures ıes. Pour contrôler ces maladies principalement provoquées par un champignon parasite, hum musae, les bananes d'exportation font l'objet d'un traitement fongicide après la récolte. t, cette lutte chimique est aujourd'hui remise en cause par (i) l'apparition de souches résistantes cides utilisés ; (ii) le manque d'efficacité de ces traitements signalé régulièrement au cours du second ; (iii) les attentes des consommateurs et des pouvoirs publics pour une agriculture plus respectueuse ıté et de l'environnement.

Objectifs

■ Ce projet vise à définir des méthodes permettant de contrôler les maladies de conservation tout en excluant le recours à la lutte chimique. Un cahier des charges, économiquement viable et s'adressant à l'ensemble des maillons de la filière, sera élaboré pour produire des fruits « propres » satisfaisant aux standards de qualité en vigueur.

Anthracnose des bananes.

Traitement fongicide après la récolte.

Au niveau de la parcelle de production

• Réduire le niveau de contamination des fruits par les pathogènes responsables de l'anthracnose et des pourritures de couronnes

Gaine classique en polyéthylène, avec perforations.

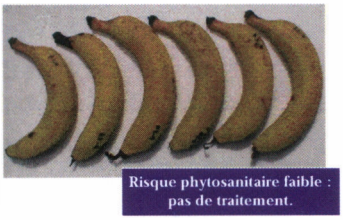
Le gainage des régimes est une pratique culturale qui a un effet très marqué sur la contamination des fruits. Les gaines qui sont commercialisées aujourd'hui sont dotées de larges perforations qui ne protègent pas suffisamment les fruits du ruissellement de l'eau de pluie. De nouvelles gaines sans perforations, mais très perméables à la vapeur d'eau, permettent de diminuer sensiblement la contamination des fruits.

Gaine permeable à la vapeur d'eau, sans perforations.

• Raisonner la lutte chimique en fonction des risques phytosanitaires

Il est possible de raisonner l'emploi des fongicides à partir d'une mesure du niveau de contamination des fruits effectuée 3 à 4 semaines avant la récolte.

Risque phytosanitaire élevé : traitement recommandé.



Risque phytosanitaire faible : pas de traitement.

A la récolte et au conditionnement

• Réduire les meurtrissures et assurer la traçabilité du produit

Un concept de hangar mobile où les fruits seront conditionnés au bord de la parcelle de production est en cours de développement. Cette façon de procéder s'oppose aux pratiques actuelles où les régimes sont transportés des parcelles de production vers la station de conditionnement. Ce conditionnement au bord du champ aura l'avantage de limiter les chocs occasionnés au cours du transport et qui favorisent l'apparition des lésions d'anthracnose. Il sera par ailleurs possible d'identifier l'origine parcellaire sur les cartons d'emballage (traçabilité du produit).

Trempage des fruits pour l'écoulement du latex.

• Réduire la contamination des couronnes

L'eau dans laquelle les fruits sont trempés pour l'écoulement du latex est une source de contamination potentielle des couronnes fraîchement découpées. Aussi, pour mieux contrôler le développement des pourritures de couronnes en absence de traitement fongicide, il faudra mettre au point des procédés permettant de laver les fruits dans une eau biologiquement propre.

Durant la conservation des fruits : prolonger la période préclimactérique

Le conditionnement des fruits dans un sac plastique fermé permet de créer une atmosphère modifiée enrichie en CO_2 et appauvrie en O_2, l'optimum étant 5-7 % de CO_2 et 2-5 % d'O_2. Ces conditions ralentissement la maturation des fruits et le développement des maladies de conservation. Le type d'emballage qui permet de s'approcher au mieux des conditions idéales est un sac en polyéthylène épais de 40 à 50 µm (tableau 1).

Type de sac	Teneur en O_2	Teneur en CO_2
PE 18 µm	11.1	2.1
PE 20 µm	7.4	3.6
PE 40 µm	2.9	4.4
PE 50 µm	1.6	6.2
PE 80 µm	1.7	14.1

Tableau 1. Effet de différents types de sacs en polyéthylène plastique sur la teneur de l'atmosphère en O_2 et CO_2 au terme de 17 jours de conservation des fruits à 13 °C.

En mûrisserie : limiter l'impact du mûrissage sur les maladies de conservation

Les conditions de maturation des fruits influencent le développement des maladies de conservation. L'optimisation du mûrissage des fruits sera réalisée dans une mûrisserie industrielle pilote dans laquelle température, O_2, CO_2, et éthylène pourront être contrôlés en continu.

Mûrisserie industrielle.

CIRAD

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

Cirad-Editions, fax: 33(4) 67 61 55 13, février 2002 - Photos : L. de Lapeyre de Bellaire, F. Dalle.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette