

Université d'Etat d'Haïti  
(UEH)  
Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire  
(FAMV)

**RECHERCHE**  
ETUDES, DEVELOPPEMENT

**RED**

Vol. 2, No 1

Performances zootechniques et rentabilité de l'élevage intensif de poulets de chair dans le contexte haïtien actuel p.46

La sigatoka noire (*Mycosphaerella fijiensis*), une menace pour l'industrie bananière en Haïti p. 32





La **FAMV** est avant tout une institution d'*enseignement*, de *recherches* et de *services à la communauté*. C'est aussi:

\* **7 départements**

Sciences de base  
 Production Animale  
 Phytotechnie  
 Génie Rural  
 Ressources Naturelles et Environnement  
 Economie et Développement Rural  
 Sciences et Technologie des Aliments

\* **10 laboratoires**

Laboratoire de chimie  
 Laboratoire de physique  
 Laboratoire de phytopathologie  
 Laboratoire d'entomologie  
 Laboratoire de biotechnologie  
 Laboratoire de sols  
 Laboratoire de microbiologie  
 Laboratoire de zoologie  
 Laboratoire de biologie  
 Laboratoire d'anatomie

La **FAMV**, une tradition d'*excellence* et d'*efficacité*!

# Sommaire

Editorial .....	1
Instructions aux auteurs .....	2

## Recherche

Hydatidose du bétail et échinococcose canine en Haïti	3
Caribbean Demand of U.S. and Rest-of-the-World Starchy Food (Wheat, Rice, Corn, and Fresh Potatoes): A Restricted Source Differentiated Almost Ideal Demand System .....	7
Effets de deux anti-gibbérellines (Bonzi et B-Nine sp) sur la croissance de deux variétés (Roma VF et Ace 55 VF) de tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> Mill) .....	15
Génotype de virulence et phénotype de résistance des bactéries isolées sur des carcasses de bovins pasteurisées à la vapeur .....	18
Internal Breakdown, Mineral Element Concentration, and Weight of Mango Fruit .....	25

## Etudes

La Sigatoka Noire ( <i>Mycosphaerella fijiensis</i> Leach.), une menace pour la culture de la banane en Haïti ...	32
Exploitation des systèmes symbiotiques forestiers pour la production du bois de feu et la lutte contre l'érosion des Sols en Haïti .....	36

## Développement

Principales caractéristiques physico chimiques des terres rizicoles de la Vallée de l'Artibonite (Haïti) et disponibilités réelles en éléments majeurs .....	41
Faisabilité technique et économique de l'élevage intensif de poulets de chair dans le contexte haïtien actuel .....	46

## La FAMV au fil des jours

Vers la réhabilitation durable de la Ferme Expérimentale de Damien .....	51
Nous avons lu pour vous .....	53

*Pour être toujours informé  
 de tout nouveau développement  
 dans le monde agricole,  
 abonnez-vous à RFD*

*RFD, une revue pour vous instruire!*



## *Recherche, Etudes Développement*

Revue quadrimestrielle éditée par le Vice-Décanat à la Recherche de la FAMV/UEH

### **Directeur Honoraire**

Jacques BLAISE  
Doyen de la FAMV

### **Directeur de rédaction et de publication**

Jean-Fénel FELIX (PHY)

### **Directeur adjoint de rédaction et de publication**

Nicolas Ophny CARVIL  
Vice-Doyen à la Recherche

### **Comité de rédaction**

Jean Fénel FELIX (PHY)  
Nicolas Ophny CARVIL (VDR)  
Dominique JANNINI EYMA (PDA)  
Marie Lesly FONTIN (PDA)  
Harold CORANTIN (STA)

### **Comité de relecture**

Audalbert BIEN-AIME (VDAA)  
Frantz PIERRE-LOUIS (Décanat)  
Maryse Laurenceau FRANCOIS (PDA)  
Eric Junior VILMONT (RNE)

### **Photo de couverture**

Campus de la FAMV

### **Diffusion et abonnement**

Jacqueline Sanon  
Directrice de l'UDA

Le comité de rédaction tient à remercier les professeurs: Hans Guillaume, Violette Guerrier, Kednal Alexis, Joseph Bertrand Desrouillères et Jean Vernet Henry pour leur contribution à la relecture des articles publiés dans ce numéro.

Le Vice-Décanat à la Recherche de la FAMV remercie le Vice-Rectorat de l'UEH pour l'aide financière accordée pour la parution du RED 2 (1)

**Les opinions exprimées dans les articles publiés dans les colonnes de RED n'engagent que leurs auteurs.**

## *Editorial*

(Par Dr. Jacques BLAISE, Doyen de la

FAMV)

Le deuxième numéro de notre revue : *Recherche, Etudes, Développement (RED)* a finalement paru. Il se propose de continuer le travail, déjà entamé dans le premier numéro, consistant essentiellement en la valorisation des activités de recherche à la FAMV par la diffusion de leurs résultats.

Il faut signaler que ce numéro arrive avec un certain retard par rapport au premier, publié depuis juin 2003. Ce contretemps fâcheux, pour lequel nous nous excusons auprès des lecteurs de RED, s'explique par les problèmes liés à la conjoncture politique auxquels l'Université d'Etat d'Haïti (UEH) en général, la FAMV en particulier ont eu à faire face au cours de cette période. Ces faits n'ont toutefois pas entamé la détermination du nouveau Décanat, installé le 15 novembre 2004, à permettre à la FAMV de remplir pleinement l'une de ses trois (3) principales missions, à savoir la recherche. Celle-ci doit être orientée vers la production de données fiables, susceptibles de permettre l'adaptation de l'enseignement à la FAMV aux conditions nationales.

Les informations présentées dans ce volume traduisent les efforts de chacun des sept (7) départements d'enseignement à apporter sa contribution dans la résolution des problèmes relatifs non seulement à la production agricole nationale (animale et végétale), mais aussi à l'utilisation des denrées alimentaires et la gestion rationnelle des ressources naturelles comme le bois de feu par exemple.

Nous formulons le vœu que, à partir de cet organe de diffusion, les enseignants-chercheurs des différents départements de la FAMV puissent se faire connaître du public en constituant des équipes scientifiques cohérentes capables de travailler avec d'autres équipes de l'UEH sur des thèmes d'intérêt commun, de développer des liens avec des établissements des pays du Nord ou du Sud à travers des projets de coopération scientifique interuniversitaire (PCSI) patronnés par l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF).



## **INSTRUCTIONS AUX AUTEURS :**

Soumettre trois exemplaires du manuscrit sur papier 8 ½ x 11 avec lignes numérotées et en double interlignes. Tout article soumis doit présenter : un titre suivi des noms et prénoms des auteurs ainsi que leurs affiliations, un résumé intercalé entre deux lignes pleines, le texte, la bibliographie. Les tableaux et figures doivent être présentés avec leurs légendes sur des pages séparées.

## **FORMAT DE PRESENTATION DES ARTICLES SCIENTIFIQUES**

**Titre :** Le titre doit être aussi concis que possible (25 mots au maximum) et refléter clairement le sujet de l'article.

**Identification :** Les noms des auteurs doivent être suivis de leurs Affiliations

**Résumé :** Aussi bref que possible, le résumé ne dépassera pas 20 lignes dactylographiées. Il sera séparé de l'identification et du texte par 2 lignes pleines horizontales. La référence complète de l'article doit apparaître entre le mot Résumé et le texte proprement dit du résumé.

Des mots-clefs additionnels peuvent suivre le résumé. Toutefois, ces mots ne doivent apparaître ni dans le titre, ni dans le texte du résumé.

**Texte de l'Article :** Le texte comprend essentiellement quatre (4) parties : Introduction, Matériels et Méthodes, Résultats, Discussions. Éventuellement les deux dernières peuvent être combinées en : Résultats et Discussion. Des sous-titres peuvent être utilisés, mais on évitera toute fragmentation excessive du texte. Les tableaux et figures doivent être numérotés.

### **Tableaux et Figures :**

Les tableaux doivent contenir des informations suffisamment claires pour être comprises sans référence ni au texte, ni à un autre tableau. Seulement les données essentielles à la compréhension de l'article y seront incluses. Les nombres y figurant doivent être arrondis à leurs plus significatives valeurs. Le titre d'un tableau doit être inscrit en haut et à gauche du tableau. Ex: **Tableau 1. Titre du tableau**

Les abréviations non standard seront expliquées au bas du tableau.

Les figures doivent être soumises en original de bonne qualité. Mis à part le titre, toutes les lettres seront de taille 10. Le titre d'une figure doit être inscrit en bas à gauche.

Ex : **Fig. 1. Titre de la figure**

**Références Bibliographiques :** Les références listées doivent être exactes et citées dans le texte. Elles seront classées par ordre alphabétique des auteurs et numérotées. Dans le texte de l'article soumis pour publication, tout travail cité sera représenté par le numéro qui lui est assigné dans la liste des références.

### **Exemple de références bibliographiques :**

#### **Journal :**

FELIX, J. F. 2003. Amélioration de la fixation biologique de l'azote chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L) par la sélection du matériel végétal et par la sélection du microsymbiote en condition de contrainte thermique en Haïti. RED 1 (1) : 30 - 35

#### **Livre :**

SWIDLER, L. 1990. After the absolute. Fortress Press, Minneapolis. 248 pp.

Teng, P. S. and Johnson K. B. 1988. Analysis of epidemiological component in yield loss assessment. Pages 179-189. in: Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology. Kranz, J. and Rotem, J., eds. Springer-Verlag, Berlin

**NB.** Ne listez pas dans vos références :

Un travail en préparation, un article soumis mais non accepté pour publication, le cours d'un professeur. Toutefois, ces travaux seront cités dans le texte comme l'indiquent les exemples suivants : (Félix, non publié) ou (Félix, comm. Pers.).

## **MANUSCRITS ACCEPTES POUR PUBLICATION**

Les manuscrits acceptés pour publication seront soumis dans le format recommandé par la revue sur disquette 1.4 MB (IBM Compatible) ou sur CD. Le fichier contenant le manuscrit doit être sauvegardé comme Word document ou RTF. Les manuscrits comprenant des photos digitales doivent être soumis sur CD. A ce stade, la numérotation des lignes n'est plus nécessaire, mais les tableaux et figures doivent être présentés sur pages séparées.

## Hydatidose du bétail et échinococcose canine en Haïti

J. Blaise et J. Valbrun, Département de Production Animale / FAMV / UEH, G. Soljour, Laboratoire Vétérinaire et de Contrôle de Qualité des Aliments / MARNDR, E. Mayette, MARNDR et C.P. Raccurt, Agence Universitaire de la Francophonie, Bureau Caraïbe, Port-au-Prince (Haïti)

## RESUME

Blaise, J., Valbrun, J., Soljour, G., Mayette, E. et Raccurt, C. P. Hydatidose du bétail et échinococcose canine en Haïti. RED 1 (2): 3 — 6

A partir d'enquêtes parasitologiques couvrant une période de 25 ans, les auteurs ont réuni pour la première fois des données relatives à la prévalence de l'hydatidose chez le bétail et de l'échinococcose canine dues à *Echinococcus granulosus* en Haïti. Un premier relevé (1978-1982) sur les 60.450 bovins abattus à l'abattoir de HAMPCO (Haitian American Meat Production Company) de Port-au-Prince a montré un taux de prévalence d'hydatidose hépatique de 0,39%. Une enquête réalisée dans 16 des principaux abattoirs départementaux du pays (1992-1993) sur 1.518 bovins, 95 ovins et 639 caprins n'a révélé aucun cas d'hydatidose hépatique mais la présence d'hydatidose pulmonaire chez 2,1% des ovins, 0,9% des caprins et 0,3% des bovins. Une enquête à l'abattoir de Lafossette au Cap Haïtien limitée aux porcins (1995-96) a montré la fréquence la plus élevée d'hydatidose hépatique enregistrée à ce jour chez le bétail en Haïti (5,2%). Récemment (2002-2003), une enquête sur 100 chiens a révélé que 17 sur 80 chiens soumis à l'examen coproscopique ont émis un ou plusieurs segments ovigères de ténias échinocoques dans leurs fèces (21%) tandis que cinq des 20 autres chiens autopsiés (25%) étaient porteurs de *E. granulosus* adultes dans leur intestin grêle. La fréquence de l'échinococcose chez le chien vivant en grande proximité avec l'homme en Haïti fait courir à ce dernier un risque sanitaire majeur d'hydatidose avec les conséquences occultes, parfois dramatiques, que cette zoonose parasitaire provoque.

**Mots clés :** Hydatidose – Echinococcose – *Echinococcus granulosus* – Ruminants – Porcins – Chien – Haïti

## ABSTRACT

Blaise, J., Valbrun, J., Soljour, G., Mayette, E. et Raccurt, C. P. Hydatidose du bétail et échinococcose canine en Haïti. RED 1 (2): 3—6

Using parasitological surveys conducted over a 25 year period, the authors compiled, for the first time, data concerning the occurrence of hydatidosis among ruminants and pigs and of canine echinococcosis due to *Echinococcus granulosus* in Haiti. An early set of data (1978-1982) on 60,450 heads of cattle slaughtered at the HAMPCO slaughterhouse (Haitian American Meat Production Company) showed a hepatic hydatidosis prevalence rate of 0,39%. Another survey realized in 16 of the major departmental slaughterhouses of the country (1992-1993) covering 1,518 cattle, 95 sheep and 639 goats revealed none hepatic hydatidosis but pulmonary hydatidosis among the sheep (2,1%), among the goats (0,9%), and among the cattle (0,3%). A survey confined to the Lafossette slaughterhouse in Cap Haïtien (1995-96) showed the frequency of hepatic hydatidosis among pigs (5,2%). A recent survey (2002-2003) covering 100 dogs revealed that 17 out of 80 dogs submitted to fecal examination have expelled one or several gravid segments of echinococcus worm in their feces (21%) while 5 of the remaining 20 dogs (25%) were found to be carriers of adult *E. granulosus* in their small intestine after autopsy. The frequency of echinococcosis among dog living in close proximity to men in Haiti represents for the latter a major sanitary hazard of hydatidosis with all the hidden, sometimes dramatic consequences that this parasitic zoonosis can foster.

**Keywords:** Hydatidosis - Echinococcosis - *Echinococcus granulosus* - Ruminants - Pig - Dog - Haiti.

## INTRODUCTION

L'échinococcose uniloculaire ou hydatidose, due au développement chez l'homme et les mammifères domestiques (bovins, ovins, caprins, porcins, dromadaires...) de la larve d'un petit ténia (3 à 6 mm de long) qui vit dans l'intestin grêle du chien, *Echinococcus granulosus*, reste ignorée ou mal connue en Haïti. La larve

se développe sous forme de kyste hydatique dans le foie de l'hôte intermédiaire, plus rarement dans la rate, les poumons, le cœur, ou les reins. L'échinococcose hydatique ou hydatidose du bétail et de l'homme et l'échinococcose intestinale du chien demeurent une préoccupation majeure des vétérinaires et des médecins impliqués en santé publique

dans les pays d'enzootie bien connus du pourtour méditerranéen (Larbaoui, 1989) et d'Amérique latine, tout particulièrement l'Argentine, le Chili, l'Uruguay, le Brésil et le Pérou (Arambulo, 1997). Cependant ce parasite cosmopolite n'épargne aucun continent. Actuellement cette parasitose est considérée comme émergente ou ré-émergente dans certaines parties du monde (McManus *et al*, 2003).

La fréquence de l'hydatidose des animaux de boucherie varie considérablement selon les pays et selon l'espèce animale avec des conséquences économiques non négligeables. Par exemple en Roumanie, on relève 39,9% d'hydatidose chez le mouton, 32,8% chez le bœuf, 30,1% chez la chèvre et 9,9% chez le porc (Olteanu *et al*, 1996) ; au Kenya selon Acha & Szyfres (1989), l'hydatidose est très fréquente chez le bovin (28,2 à 41,9%) et chez le mouton (17 à 41,1%) ; au Niger, elle a été retrouvée chez 2,7% des ovins, 2,1% des bovins et 1,9% des caprins alors que 89,7% des dromadaires sont touchés (Pangui & Salla, 1992) ; au Maroc, on l'observe chez 1,7% des caprins (Berrag *et al*, 1995) ; en Uruguay, les taux de prévalence de l'hydatidose, bien qu'en décroissance, varient encore de 7,7% chez les agneaux à 18% chez les moutons adultes (Cabrera *et al*, 2003).

L'échinococcose canine a été étudiée en Roumanie. Le taux de prévalence varie entre 6 à 87,5% chez les chiens errants, de 2,5 à 32,5% chez les chiens de bergers, de 0,5 à 8,5% chez les chiens domestiques et de 1 à 4% chez les chiens de compagnie alors que le taux de séroprévalence, parmi 17.203 travailleurs agricoles, s'élève à 22,6% (Olteanu *et al*, 1996).

Si, en Haïti, il y a plus de 70 ans, la

photo du foie d'un porc porteur de kystes hydatiques a été publiée par Boughton, 1931 (figure 21, page 47), aucune donnée sur la prévalence de cette zoonose parasitaire chez le bétail et chez le chien n'a été rapportée dans ce pays pas plus que dans le reste de la Caraïbe insulaire à notre connaissance. L'émergence récente de cas humains d'hydatidose hépatique dus à *E. granulosus* au Mexique (Palacios-Ruiz et al, 2003) remet à l'ordre du jour cette parasitose dans cette partie du monde. Pour une évaluation du risque d'émergence de cas d'hydatidose humaine dans le pays le moins avancé de toute la région, caractérisé par un bas niveau d'hygiène et une grande proximité entre l'homme, les chiens et les autres animaux domestiques, nous présentons dans ce travail les résultats d'études réalisées en Haïti dans les abattoirs et ceux d'une étude récente effectuée sur le réservoir canin.

## MATERIEL ET METHODES

Quatre enquêtes ont été menées rétrospectivement ou de manière prospective au cours des vingt dernières années (1983-2003) par la Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire de l'Université d'Etat d'Haïti. La première a concerné des bovins, la deuxième des ruminants domestiques, la troisième des porcins et la quatrième des chiens.

*Première enquête* : il s'agissait d'un travail rétrospectif réalisé en 1983 à l'abattoir de HAMPCO (Haitian American Meat Product Company) situé à Port-au-Prince. Ce travail a fait appel aux résultats des examens post mortem des 60.450 bovins abattus de 1978 à 1982 et consignés dans les rapports d'activité annuelle de cette entreprise industrielle.

*Deuxième enquête* (Blaise, 2001) : elle a été effectuée de façon prospective d'octobre 1992 à octobre 1993 par l'examen macroscopique systématique des viscères des ruminants abattus dans 16 des principaux abattoirs départementaux du pays (Croix-des-Bouquets et Mariani, dé-

partement de l'Ouest ; Cap Haïtien et Limonade, département du Nord ; Trou du Nord, département du Nord Est ; Port-de-Paix et Chansolme, département du Nord Ouest ; L'Estère et Pont-Sondé, département de l'Artibonite ; Hinche et Thomassique, département du Centre ; Cayes-Jacmel et Bainet, département du Sud Est ; Ducis et Arniquet, département du Sud ; Marfranc, département de la Grande Anse). Aucun de ces abattoirs n'a l'aspect d'un centre d'abattage moderne. La chaîne du froid est inexistante. Dans la plupart des cas, il n'existe aucune structure physique et les animaux sont abattus et éviscérés à même le sol. Lorsqu'elle existe, la structure se compose seulement d'une salle semi-ouverte destinée au sacrifice et à l'éviscération. Les blocs hépatopulmonaires extraits des carcasses se répartissaient en 1.518 provenant de bovins, 639 de caprins et 95 d'ovins ; les paramètres pris en compte ont été : l'aspect physique des organes, la couleur, la consistance, la forme, le volume, l'odeur et les modifications anatomopathologiques (fibrose, nodules, kystes, abcès, nécrose...). L'examen a comporté l'exploration des faces viscérales et diaphragmatiques des organes et une observation profonde à la coupe du foie et des poumons. Les kystes parasitaires ont été identifiés à l'examen microscopique.

*Troisième enquête* : elle s'est déroulée en avril-mai et d'août à décembre 1995 à l'abattoir de Lafossette du Cap-Haïtien, deuxième ville d'Haïti située dans le département du Nord et a porté sur l'examen macroscopique de 172 blocs hépatopulmonaires extraits de carcasses de porcs.

*Quatrième enquête* : elle a été effectuée de septembre 2002 à février 2003 à Croix-des-Bouquets et dans trois quartiers périphériques à l'est de Port-au-Prince : Damien, Bon Repos et Tabarre. Les fèces de 20 chiens par site (soit un total de 80) ont été prélevées avec l'accord des propriétaires et examinées à la recherche macroscopique de segments

ovigères de ténias échinocoques et à la recherche microscopique (objectif x10) d'embryophores en utilisant la technique de flottaison à l'aide d'une solution saturée et formolée de sucre (d à 15°C : 1,12). Dans chaque site, les cinq premiers chiens écrasés sur la voie publique ont été récupérés et l'intestin grêle prélevé. Sans être ouvert, l'intestin a d'abord été vidé de son contenu puis nettoyé à l'aide d'un courant d'eau relativement fort. L'eau de lavage recueillie dans un cristallisateur a permis de repérer et de récupérer tous les helminthes rejetés. Ensuite l'intestin a été ouvert sur toute sa longueur, la face interne examinée sous une mince couche d'eau et les ténias échinocoques adultes fixés à la paroi ont été prélevés et fixés dans l'alcool à 70°. Après éclaircissement dans du chloral-lactophénol, les vers adultes ont été examinés à la loupe binoculaire pour identification.

## RESULTATS

### Relevés de l'abattoir de HAMPCO, Port-au-Prince (1978-1982)

En cinq ans, sur 60.450 bovins abattus, 15.177 foies ont été saisis pour cause de présence de lésions parasitaires dont 13.770 pour distomatose due à *Fasciola hepatica* (soit un taux d'infestation hépatique de 22,78%) et 236 pour hydatidose (soit un taux de prévalence de 0,39%). Les autres parasitoses recensées au niveau des poumons sont la strongylose (34 cas) et également la distomatose (11.121 cas, soit un taux d'infestation pulmonaire de 18,40%). Quatre cas de cysticercose généralisée ont été observés pendant la période et 313 têtes, 129 cœurs et 36 langues ont été saisis pour présence de cysticercques de *Taenia saginata* (soit un taux de prévalence de l'ordre de 0,5%).

### Relevés de 16 abattoirs départementaux d'Haïti (1992-93)

Sur les 2.252 ruminants examinés après l'abattage, aucun kyste hydatique n'a été retrouvé au niveau du foie alors que la fasciolose hépatobiliaire a été la parasitose prédominante (10,7% chez les bovins, 3,2%

chez les ovins, 0,9% chez les caprins), la cysticerose a été notée chez 3,2% des ovins, 3% des caprins et 1,1% des bovins et que 7 cas de microcoeliose hépatique ont été découverts uniquement chez les caprins (Blaise, 2001).

En revanche, une hydatidose pulmonaire a été observée chez 4 bovins sur 1.518 (0,3%), chez 6 caprins sur 639 (0,9%) et chez 2 ovins sur 95 (2,1%).

### Relevés de l'abattoir de Lafossette, Cap Haïtien (1995)

Sur 172 porcins examinés, 9 foies ont présenté des kystes hydatiques, soit une fréquence de 5,2% et 2 des cysticerques transparents à simple membrane diagnostiqués *Cysticercus tenuicollis*, larve de *Taenia marginata*, parasite intestinal du chien. Au niveau des poumons, 46 contiennent des vers blancs jaunâtres filiformes *Metastrongylus* sp. (26,7%) et un présente un cysticerque (0,6%).

### Enquête canine dans la Plaine du Cul de Sac, Croix-des-Bouquets (2002-2003)

Chez les 80 chiens examinés, l'examen coproscopique a montré que 17 ont éliminé dans les fèces un ou plusieurs segments ovigères d'échinocoque ou des embryophores, soit un taux de prévalence de 21%. Selon le site, 5 chiens sur 20 étaient parasités à Croix-des-Bouquets, 5 à Bon Repos, 5 à Damien et 2 à Tabarre, mais cette différence de prévalence n'est pas statistiquement significative.

A l'examen nécropsique, 5 chiens sur 20 présentaient des échinocoques adultes *E. granulosus* dans l'intestin grêle (25%), répartis en 2 provenant de Croix-des-Bouquets et 1 dans chacun des trois autres sites (Damien, Bon Repos et Tabarre).

## DISCUSSIONS

*E. granulosus*, dont la présence est connue en Haïti depuis plus de 70 ans (Boughton, 1931), est donc un parasite fréquent chez le chien, puisque ces résultats indiquent que dans la région de Port-au-Prince un

chien sur quatre est parasité. Le développement larvaire du parasite affecte de façon inégale le cheptel, provoquant des lésions tant au niveau du foie que des poumons, l'animal de ferme le plus atteint par la parasitose étant le porc (5,2%). Les ruminants semblent moins exposés à l'infestation parasitaire ou y sont moins sensibles puisque ces résultats montrent des taux de prévalence plus faibles chez ces derniers avec en tête le mouton (2,1%), puis les chèvres (0,9%) et de façon moindre les bœufs (0,3 à 0,4%). Si chez le porc, les kystes hydatiques se développent au niveau du foie, chez les petits ruminants, ils n'ont été dépistés qu'au niveau des poumons, et chez les bovins, aussi bien au niveau du foie (première enquête) que des poumons (deuxième enquête).

La prédominance du porc comme hôte intermédiaire du parasite en Haïti est probablement le fait des pratiques d'élevage propres à ce pays où n'existent pratiquement pas de troupeaux ni de bâtiments d'élevage. Les chiens ne sont pas utilisés comme chiens de bergers mais restent confinés à l'environnement péri-domiciliaire où ils vivent le plus souvent attachés et remplissent le rôle de gardien de la maison. Les porcs vivent également à proximité des habitations se nourrissant en partie des déchets domestiques et d'autres déchets organiques présents dans l'environnement, notamment les excréments que déposent les chiens sur le sol. Caprins et ovins évoluent en liberté ou attachés dans l'environnement immédiat des maisons où la végétation peut être facilement souillée à partir des excréments de chiens. Les bovins vivent de préférence attachés à un piquet à distance des habitations. Ils ont de ce fait moins de contacts avec les chiens et sont sans doute moins exposés à la contamination.

Par ailleurs les pratiques de l'abattage des animaux en Haïti, le plus souvent dans des espaces ouverts et sans véritable inspection vétérinaire des viandes, favorisent la contamination des chiens, notamment er-

rants, qui se nourrissent des viscères abandonnés par les bouchers parce que trop parasités et par conséquent impropres à la commercialisation.

Des études d'identification plus poussées concernant *E. granulosus* en Haïti, notamment en utilisant des méthodes de biologie moléculaire, sont nécessaires pour préciser le ou les génotypes des souches du parasite en circulation dans le milieu. Il est admis actuellement que sous le nom de *E. granulosus* se trouvent rassemblés plusieurs génotypes, sinon espèces, présentant des particularités et des différences non seulement sur le plan épidémiologique mais aussi et surtout quant à leur pouvoir pathogène pour l'homme (Romig, 2003). Une étude en Mauritanie (Pangui & Eould Ahmedou, 1991) a montré que, chez 1.267 dromadaires abattus à l'abattoir de Nouakchott, 53,7% des animaux étaient infestés avec une prévalence plus grande pour les lésions pulmonaires (60,6%) qu'hépatiques (20,3%) et un taux de fertilité des kystes plus élevé au niveau des poumons (93%) qu'au niveau du foie (59,5%).

En relation avec ces données, la fréquence des kystes hydatiques pulmonaires chez les petits ruminants en Haïti pourrait être le fait d'un génotype particulier présentant un tropisme pulmonaire marqué de *E. granulosus* pour sa maturation larvaire. A l'instar des observations récentes en Argentine (Kamenetzky *et al*, 2002), plusieurs génotypes de *E. granulosus* pourraient même co-exister en Haïti, certains se développant plutôt au niveau du foie des animaux domestiques, d'autres au niveau du poumon.

Par ailleurs, l'absence de cas humains enregistrés jusqu'à ce jour, malgré la fréquence de l'infestation canine, pourrait être due à la présence en Haïti d'un génotype peu ou non pathogène pour l'homme. Cependant les conditions sanitaires précaires de ce pays surtout en milieu rural peuvent aussi expliquer le

non dépistage de cas humains restant jusqu'à ce jour ignorés. A cet égard, le cas de la Mauritanie est intéressant. Ce pays d'Afrique de l'Ouest, malgré la fréquence de l'hydatidose chez les dromadaires infestés par la souche « camel », était considéré comme indemne d'hydatidose humaine jusqu'à la découverte d'un premier cas en 1992 grâce à l'introduction de méthodes diagnostiques échographiques. Une étude récente (Bardonnnet et al, 2002) vient de démontrer que cette souche « camel » est infestante pour l'homme et circule aussi bien chez le dromadaire que dans le cheptel habituel pour son développement larvaire. Les conditions d'hygiène et d'insalubrité, la promiscuité existant entre l'homme et les animaux sont en effet des éléments particulièrement favorables à l'émergence de cas humains d'hydatidose en Haïti. Il serait donc important d'approfondir les études pour parvenir à une identification précise de la ou des souches de *E. granulosus* actuellement en circulation dans ce pays et en tirer les conclusions qui s'imposent en termes de santé publique et de prévention.

## BIBLIOGRAPHIE

Acha P. N., Szyfres B. *Zoonoses et maladies transmissibles communes à l'homme et aux animaux*. Office International des Epizooties, Paris, 2<sup>e</sup> édition, 1989, 1063 p.

Arambulo P. 3rd. Public health importance of cystic echinococcosis in

Latin America. *Acta Tropica*, 1997, **67**: 113-124

Bardonnnet K., Piarroux R., Dia L., Schneegans F., Beurdeley A., Godot V., Vuitton D. A. Combined eco-epidemiological and molecular biology approaches to assess *Echinococcus granulosus* transmission to humans in Mauritania : occurrence of the 'camel' strain and human echinococcosis. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 2002, **96** : 383-386

Berrag B., Rhalem A., Sahibi H., Alaoui Tahiri Y. *Le parasitisme des caprins dans le nord du Maroc*. International Foundation for Sciences, Parasitology Research in Africa, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 1995, 287-306

Blaise J. Prévalence et fréquence des lésions parasitaires du foie et du poumon des ruminants d'Haïti. *Rev Méd Vét*, 2001, **152** : 269-274

Boughton I. B. *Parasitologie des animaux domestiques*. Service technique du Département de l'Agriculture et de l'Enseignement Professionnel, Port-au-Prince, Haïti, 1931, 173 p.

Cabrera P. A., Irabedra P., Orlando D. et al. National prevalence of larval echinococcosis in sheep in slaughtering plants *Ovis aries* as an indicator in control programmes in Uruguay. *Acta Tropica*, 2003, **85**: 281-285

Kamenetzky L., Gutierrez A.M., Canova S. G. et al. Several strains of *Echinococcus granulosus* infect livestock and humans in Argentina. *Infect Genet Evol*, 2002, **2**: 129-136

Larbaoui D. Kyste hydatique du poumon. *Rev Pneumol Clin*, 1989, **45**: 49-63

McManus D .P., Zhang W., Li J., Bartley P.B. Echinococcosis. *Lancet*, 2003, **362** (9392): 1295-1304

Olteanu G., Panaitescu D., Gherman I. L. Prévalence de l'hydatidose chez l'homme et l'animal en Roumanie. *Environnement et Santé Publique Vétérinaire*, 1996, **7** : 6

Palacios-Ruiz JA, Ramirez-Solis E., Moreno-Moller M. et al. Identification and integral management of a case of autochthonous hydatidosis in Mexico](en espagnol) *Rev Gastroenterol Mex*, 2003, **68**: 41-45

Pangui LJ, Eould Ahmedou. Incidence de l'hydatidose du dromadaire en Mauritanie. *Bull Anim Hlth Prod Af*, 1991, **39** : 25-26

Pangui L. J., Salla A. Hydatidose chez les ruminants domestiques au Niger. *Rev Méd Vét*, 1992, **143** : 927-929

Roming T. Epidemiology of echinococcosis. *Langenbecks Arch Surg*, 2003, **388**: 209-217



Environnement: Nous sommes tous concernés!  
Nous n'avons qu'une exigence, celle de dire non  
au suicide collectif.

Renonçons à ces gestes qui à terme, nous  
condamnent au désastre et menacent le futur de nos enfants.  
La terre a besoin de nous!



# Caribbean Demand of U.S. and Rest-of-the-World Starchy Food (Wheat, Rice, Corn, and Fresh Potatoes): A Restricted Source Differentiated Almost Ideal Demand System<sup>1</sup>

A. Daméus, Département de l'Economie et du Développement Rural, FAMV/UEH, D. Tilley, and W. Brorsen, Agricultural Economics Department, Oklahoma State University

## ABSTRACT

Daméus, A., Tilley, D. and Brorsen, W. 2005. Caribbean Demand of U.S. and Rest-of-the-World Starchy Food (Wheat, Rice, Corn, and Fresh Potatoes): A Restricted Source Differentiated Almost Ideal Demand System. RED. 2 (1): 7–14

Caribbean per capita budget share import demand elasticities for U.S. and Rest-of-the World (ROW) starchy foods (unmilled wheat and flour, rice, corn and fresh potatoes) are estimated using a Restricted Source Differentiated Almost Ideal Demand System. For the U.S. and the ROW wheat and rice, own-price elasticities are negative, and source-differentiated cross-price elasticities are negative. This suggests that export price reduction of wheat and rice by any means in the Caribbean supplier countries can have a positive impact on Caribbean food security. In addition, separate markets seem to exist in the Caribbean for the U.S. and the ROW wheat or rice, protecting the U.S. or the ROW suppliers from product competition.

**Key words:** Demand, elasticities, exports, imports.

## RESUME

Daméus, A., Tilley, D. and Brorsen, W. 2005. Caribbean Demand of U.S. and Rest-of-the-World Starchy Food (Wheat, Rice, Corn, and Fresh Potatoes): A Restricted Source Differentiated Almost Ideal Demand System. RED. 2 (1): 7–14

Des élasticités de la demande caraïbéenne d'importation par tête d'habitant de produits à base de féculents (blé paddy et farine de blé, riz, maïs, et pomme de terre fraîche) en provenance des Etats-Unis d'Amérique ou du reste du monde sont calculées, en utilisant un système de demande quasi-idéal avec restriction et différenciation par origine. Pour le blé ou le riz en provenance des Etats-Unis ou du reste du monde, les élasticités par rapport au prix propre de la demande et les élasticités-prix croisées par rapport à la différenciation par origine sont aussi négatives. Ceci signifie qu'une réduction, par quelque moyen que ce soit, chez les exportateurs (Etats-Unis ou reste du monde) du prix d'exportation du blé et du riz, peut avoir un effet positif sur la sécurité alimentaire dans les Caraïbes. En outre, les marchés du blé ou du riz en provenance des Etats-Unis et du reste du monde semblent être séparés dans les Caraïbes : ce qui peut protéger les fournisseurs américains ou du reste du monde de la compétition de produits sur le marché caraïbéen.

**Mots clés :** Demande, élasticités, exportation, importation

## Introduction

Food security in developing and least-developed nations has been a major concern during the second half of the twentieth century. In the 1960's, the green revolution attempted to address this issue through on-site agricultural development, based on intensive use of improved seeds and fertilizers. Specific domestic constraints bottlenecked the efforts of the green revolution, which did not fully reach its objective. Today, the question still remains of how to achieve food security in nations with insufficient production to satisfy the needs of their growing population. The green revolution experience reveals the limited success of production policies in addressing the food security matter in less developed countries. Trade policies appear to offer an alternative way of helping poor nations achieve

food security. In fact, middle and low-income countries import a major portion of the food they need from other countries with production surpluses. A reduction by policy means (say an export subsidy) of the export price of an exporting country can

an exporting country can help secure food in some poor importing countries through an increase in the quantity of food imported. At the same time, this export price reduction may favor market expansion and market share gain for the exporting country. The effects of a single country introducing subsidies depends on the cross elasticities of demand for the same good from other countries as well as from cross elasticities for related goods.

Starchy food is the key dietary component providing food security of people in the Caribbean. The four highest volume starchy staples in the Caribbean are wheat, rice, corn, and fresh potatoes. There is no wheat production in the Caribbean region. Rice, corn and fresh potatoes are produced only in a few of the Caribbean countries (Table 1).

Caribbean production of starchy foods is frequently insufficient to satisfy the needs of the growing population. Therefore, the products are imported from the United States and from the Rest-of-the-World (ROW), which includes all Caribbean supplier countries other than the U.S. and the Caribbean itself

**Table 1.** Countries Producing the four Staple Foods (Wheat, Rice, Corn, and Potatoes) in the Caribbean

Staple	Caribbean producer-countries
Wheat	None
Rice	Dominican Republic, Haiti, Jamaica, Puerto Rico, Trinidad-Tobago
Corn	Antigua-Barbados, Bahamas, Barbados, Dominican Republic, Grenada, Dominica, Guadeloupe, Haiti, Jamaica, Montserrat, Puerto Rico, St-Lucia, St-Vincent, Trinidad-Tobago
Potatoes	Bermuda, Dominica, Dominican Republic, Guadeloupe, Haiti, Jamaica, Montserrat, St. Kitts and Nevis.

Source: FAO

itself. Import quantities represent an important part of the total volume of the starchy foods [wheat (unmilled and flour), rice, corn and fresh potatoes] available for consumption in the Caribbean. All the wheat consumed in this region is imported. Data on the Caribbean show that, the quantity share of imports in the total quantity of rice consumed was as high as 62 percent in 1993; in 1990, this share was 86 percent for corn, and in 1986, it was 86 percent for fresh potatoes (USDA and FAO). This suggests that food security via total volume of starchy staple available for people to eat in the Caribbean can be achieved only through imports, outside any improvement in domestic production.

Several countries or regions in the world, including developed, developing and less developed ones, import the four staples from the United States. The Caribbean has a low share of the world total volume of wheat, corn, and fresh potatoes imported from the U.S. (USDA).

The question is how one can expect price changes by any means (policies or market adjustment mechanism) in either the U.S. or in the ROW to affect food security in the Caribbean through the import demand for starchy foods. There is a linkage between imports of starchy foods and food availability in the Caribbean. Consequently, changes in the Caribbean import demands of starchy foods due to changes in the foreign supplier prices will impact food availability through imports. Indeed, in the absence of any technological progress to bring about an increase in Caribbean domestic production, higher imports correspond to improved Caribbean food availability. Furthermore, if the Caribbean imports more from any of the two sources (U.S. or ROW), the market share of this source in the Caribbean will increase, assuming source competition in the Caribbean market. Caribbean suppliers of starchy foods may be concerned about their market share in this region. Market sharing can only be an issue if com-

petition exists for a given source-differentiated starchy food in the Caribbean. We do not know whether a starchy food from two different origins (U.S. and ROW) is in source-competition or in source-complementarity. We do not know either the magnitude of the possible impact of price changes in the U.S. or in the ROW on the Caribbean imports of starchy foods from the two sources.

As far as Caribbean food availability through imports is concerned, as well as knowing whether or not source-competition or source-complementarity exists for a starchy food from two different origins, there is a need for determining the responsiveness of the Caribbean starchy food import demand to price changes in the U.S. and the ROW. Given its relatively small share of the total U.S. and total ROW market, the Caribbean is a price taker and does not influence the U.S. and the Rest-of-the-World prices of starchy foods. Therefore, U.S. and ROW prices are exogenous for the Caribbean.

The general objective of this paper is to estimate the Caribbean import demand elasticities for these staples imported from the U.S. and from the ROW, using a Restricted-Source-Differentiated Almost Ideal Demand System (RSDAIDS).

### **I. Theoretical Model: The Restricted Source Differentiated Almost Ideal Demand System (RSDAIDS)**

The Restricted Source Differentiated Almost Ideal Demand System (RSDAIDS) was proposed by Yang and Koo (1994). The Almost Ideal Demand System (AIDS) (Deaton and Muellbauer, 1980a) is modified to allow source differentiation. Two-stage budgeting and separability assumptions are embedded in the RSDAIDS models.

The Caribbean is assumed to allocate its import budget to starchy food (wheat, rice, corn and potatoes), other food products, and non-food

products at the first budgeting stage. Once expenditures on imported starchy foods are determined from this first stage, the Caribbean region is assumed to allocate these expenditures to wheat, rice, corn and fresh potatoes. The necessary and sufficient condition for this allocation is that the utility function generating the behavior is weakly separable. Starchy food imported by the Caribbean is assumed to be separable. Starchy food imported by the Caribbean is assumed to be separable from all other imported food and non-food items and from domestically-produced starchy food. Weak separability requires that the marginal rate of substitution between any two staples belonging to the starchy food group be independent of the quantity consumed of any commodity belonging to the other food-product group or non-food-product group.

The AIDS model has its ground in a Price Independent Generalized Logarithmic (PIGLOG) type of preference from which is derived a cost or expenditure function (Deaton and Mueller 1980a). However, an AIDS model that differentiates by source (Source Differentiated AIDS or SDAIDS) incorporates in the expenditure function the importer's behavior that differentiates goods from different origins (Yang and Koo, 1994). Under the restriction of block substitutability, the Source Differentiated AIDS model becomes the Restricted Source Differentiated AIDS model (RSDAIDS). Block substitutability means that only an aggregate price of the other products enters the equation of a given source-differentiated product. In other words, Caribbean demand for U.S. rice has the same price response to U.S. wheat and Rest-of-the-World wheat. That is to say that the cross-price effects are not source differentiated between products, while the cross-price effects are source differentiated within a product (Andayani and Tilley). In the AIDS or the RSDAIDS, the demand of a commodity is measured by the budget share of that commodity.

With the bloc substitutability assumption, the Restricted Source Differentiated AIDS model can be written in the following way:

## II. Model Specification and Procedure

The model in equation 1 is applied to the Caribbean starchy food import demands. The model is specified as a system of eight equations of the following form:

$$W_{ih} = \alpha_{ih} + \sum_k \gamma_{ihik} \ln(p_{ik}) + \sum_{j \neq i} \gamma_{ihj} \ln(p_j) + \beta_{ih} \ln \left[ \frac{E}{P} \right] \quad (1)$$

Where  $\ln(p_j) = \sum w_{jk} \ln(p_{jk})$ ,

$w_{ih}$  is the budget share of good  $i$  imported from source  $h$ ,  $\alpha_{ih}$  is an intercept term,  $\gamma_{ihik}$  is the price coefficient of good  $i$  from the different sources  $k$  (with  $k$  including  $h$ ) in the equation of good  $i$  from origin  $h$ ,  $p_{ik}$  is the price of good  $i$  imported from sources  $k$  (with  $k$  including  $h$ ),  $\gamma_{ihj}$  is a cross-price coefficient of the non-source differentiated or aggregated good  $j$  in the equation of good  $i$  from origin  $h$ ,  $p_j$  is the price of the non-source differentiated or aggregate good  $j$  (for  $j$  not equal to  $i$ ),  $\beta_{ih}$  is the real expenditure coefficient,  $E$  is group expenditures, and  $P$  is the Stone price index.<sup>2</sup>

The demand restrictions of adding-up, homogeneity and symmetry for the RSDAIDS are as follows:

$$\sum_i \sum_h \alpha_{ih} = 1 \quad \sum_h \gamma_{ihik} = 0 \quad \sum_i \sum_h \gamma_{ihj} = 0 \quad \sum_i \sum_h \beta_{ih} = 0; \text{ (adding-up)} \quad (2)$$

$$\sum_k \gamma_{ihik} + \sum_{j \neq i} \gamma_{ihj} = 0; \text{ (homogeneity)} \quad (3)$$

$$\gamma_{ihik} = \gamma_{ikih} \text{ (symmetry)} \quad (4)$$

Marshallian elasticities are computed from the estimated parameters using the following formulas proposed by Yang and Koo:

$$\varepsilon_{ihih} = -1 + \frac{\gamma_{ihih} - \beta_{ih}}{W_{ih}} \quad : \text{ own price elasticity, } (5)$$

$$\varepsilon_{ihik} = \frac{\gamma_{ihik} - \beta_{ih}}{W_{ih}} \left( \frac{W_{ih}}{w_{ih}} \right) \quad (6)$$

cross-price elasticity with same good but a different origin ( $k$  different from  $h$ ),

$$\varepsilon_{ihj} = \frac{\gamma_{ihj} - \beta_{ih}}{w_{ih}} \left( \frac{W_j}{w_{ih}} \right) \quad : \text{ cross-price elasticity with a different good, } (7)$$

$$\eta_i = 1 + \frac{\beta_{ih}}{w_{ih}} \quad : \text{ expenditure elasticity, } (8)$$

hicksian elasticities are computed using the following formulas:

$$\delta_{ihih} = -1 + \frac{\gamma_{ihih}}{w_{ih}} + w_{ih} \quad : \text{ own price elasticity, } (9)$$

$$\delta_{ihik} = \frac{\gamma_{ihik}}{w_{ih}} + w_{ik} \quad : (10)$$

cross-price elasticity with same good but a different origin ( $k$  different from  $h$ )

$$\varepsilon_{ihj} = \frac{\gamma_{ihj}}{w_{ih}} + w_j \quad : \text{ cross-price elasticity with a different good. } \quad (11)$$

Standard errors of the estimated elasticities can be obtained from the variance-covariance matrix of the parameter estimates. T statistics can be computed by dividing the elasticities by their standard error.

$$\text{Wheat}_{US} = f(P_{\text{wheat, U.S.}}, P_{\text{wheat, ROW}}, P_{\text{rice}}, P_{\text{corn}}, P_{\text{potatoes}}, \text{Expenditure}_{\text{starchy}}) \quad (12)$$

$$\text{Wheat}_{ROW} = f(P_{\text{wheat, U.S.}}, P_{\text{wheat, ROW}}, P_{\text{rice}}, P_{\text{corn}}, P_{\text{potatoes}}, \text{Expenditure}_{\text{starchy}}) \quad (13)$$

$$\text{Rice}_{US} = f(P_{\text{rice, US}}, P_{\text{rice, ROW}}, P_{\text{wheat}}, P_{\text{corn}}, P_{\text{potatoes}}, \text{Expenditure}_{\text{starchy}}) \quad (14)$$

$$\text{Rice}_{ROW} = f(P_{\text{rice, US}}, P_{\text{rice, ROW}}, P_{\text{wheat}}, P_{\text{corn}}, P_{\text{potatoes}}, \text{Expenditure}_{\text{starchy}}) \quad (15)$$

$$\text{Corn}_{US} = f(P_{\text{corn, US}}, P_{\text{corn, ROW}}, P_{\text{wheat}}, P_{\text{rice}}, P_{\text{potatoes}}, \text{Expenditure}_{\text{starchy}}) \quad (16)$$

$$\text{Corn}_{ROW} = f(P_{\text{corn, US}}, P_{\text{corn, ROW}}, P_{\text{wheat}}, P_{\text{rice}}, P_{\text{potatoes}}, \text{Expenditure}_{\text{starchy}}) \quad (17)$$

$$\text{Potatoes}_{US} = f(P_{\text{potatoes, US}}, P_{\text{potatoes, ROW}}, P_{\text{wheat}}, P_{\text{rice}}, P_{\text{corn}}, \text{Expenditure}_{\text{starchy}}) \quad (18)$$

$$\text{Potatoes}_{ROW} = f(P_{\text{potatoes, US}}, P_{\text{potatoes, ROW}}, P_{\text{wheat}}, P_{\text{rice}}, P_{\text{corn}}, \text{Expenditure}_{\text{starchy}}) \quad (19)$$

Where the left-hand sides are per capita budget shares of the source-differentiated starchy foods (wheat, rice, corn, potatoes),  $P$  stands for price, ROW stands for Rest-of-the-World, and expenditure on starchy foods is per capita real expenditure.

The estimation method used is seemingly unrelated regression (SUR). One equation is dropped to avoid singularity. Homogeneity restrictions are tested and imposed. Source differentiation and block substitutability give a peculiar feature to the model. The right-hand side variables are not totally identical across all eight equations, given the assumptions of one-product source differentiation and block substitutability. With such a feature, symmetry restrictions among goods are not possible (Yang and Koo, 1994).

The use of the Stone index may generate a simultaneity problem, given that dependent variable and expenditure shares in the index would be the same. Remedies are to use the lagged share (Eales and Unnevehr) or the average share (Haden) in the computation of the Stone index. In this study, the lagged budget share is used to construct the Stone index that deflates expenditures. Moschini

argues that the Stone index is not invariant to units of measurement and suggests using mean-scaled prices to overcome such a problem. This suggestion is used in this study.

Caribbean demands of starchy food are estimated on per capita basis. Consequently, total expenditures on starchy food as well as budget shares of each staple are computed on per capita basis. Total expenditures are divided by the Caribbean population, as well as total quantities imported of the four staples.

Misspecification (including normality), separability, product aggregation (or source differentiation), and endogeneity tests are conducted. With respect to the misspecification test, first, the Shapiro-Wilk test statistics is used to assert normality. Second, the joint conditional mean and joint conditional variance tests are performed, using the method proposed by McGuirk et al. (1995). The joint conditional mean test investigates structural change, nonlinearity, and temporal dependence. The joint conditional variance test investigates the presence of dynamic and static heteroskedasticity.

With regard to the separability test, two prominent studies on this matter are from Hayes, Wahl, and Williams (1990) and from Moschini, Moro, and Green (1994). The Hayes, Wahl and Williams' approach has been used in most studies dealing with the RSDAIDS model. In Moschini, Moro and Green's view (p.62) the separability test proposed by Hayes, Wahl, and Williams "is consistent with direct weak separability only if the subutility groups are homothetic (thus, it cannot be used to justify second-stage demand systems)." They suggested a likelihood ratio test for testing proposed local separability restrictions (in equation 20 of their paper). Both methods of testing for separability are used in this study. The Moschini, Moro, and Greene's separability test is performed with homogeneity and symmetry imposed. The separability assumption is tested to determine

whether or not individually or jointly the starchy foods in the model are separable from other starchy foods. If this form of separability holds for each equation, prices of other starchy foods are not relevant arguments in a given equation of the starchy food model. The following restriction on the RSDAIDS model is to be tested for block separability using the Hayes, Wahl, and William's approach:

$$\gamma_{ihj} = w_{ih} \gamma_{ij}, \quad \forall j \neq i \quad (20)$$

Where  $\gamma_{ij}$  is the cross-price parameter between groups  $i$  and  $j$ , and it is estimated from a non-source differentiated AIDS model under the assumption of perfect substitution among all the starchy foods in the model (i.e. no quality difference among starchy staples from different origins).

The separability restriction proposed by Moschini, Moro, and Greene is as follows:

$$\gamma_{ik} = -\alpha_i \alpha_k + (\gamma_{jm} + \alpha_j \alpha_m) \frac{(\alpha_k + \beta_k)(\alpha_k + \beta_k)}{(\alpha_j + \beta_j)(\alpha_m + \beta_m)} \quad (21)$$

Where the alphas are intercept terms, the betas are real expenditure coefficients, the gammas are price coefficients,  $i$  and  $j$  are goods in the same group,  $k$  and  $m$  are also goods in the same group (with a possibility that  $i = j$  or  $k = m$ ).

In relation to the product aggregation (or source differentiation) test, the restrictions that the parameters (intercept, own-price, and source-differentiated cross-price parameters) of the RSDAIDS model are the same as in a non-source-differentiated AIDS model are tested. For the purpose of this test, the following restrictions are imposed on the RSDAIDS model:

$$\begin{aligned} \alpha_{ih} &= \alpha_i \quad \forall h \in i \\ \gamma_{ihk} &= \gamma_{ij} \quad \forall h, k \in i, j \end{aligned} \quad (22)$$

$\beta_{ih} = \beta_i \quad \forall h \in i$   
With respect to the endogeneity test, the Wu- Hausman test as described by Blundell (1987) is conducted. The null hypothesis is that the real expenditure variable is exogenous.

### III. Data

United States and ROW prices of exports of starchy food (wheat, rice, corn, potatoes) to the Caribbean are one set of variables that are important in this study. Other important variables are quantities of the commodities under consideration imported by the region from the United States and the ROW. Prices are computed as total value of imports divided by quantity imported. The data available for this study are annual and cover a period of fifteen years (from 1982 to 1996).

Wheat is imported in different forms: unmilled wheat, wheat flour, bulgur wheat, and other wheat products. Wheat is aggregated into a single product in both value and quantity terms. In the aggregation of wheat, bulgur wheat and other wheat products are excluded because they are more likely for tourists and others in restaurants. Rice and corn enter our analysis as non-processed products. Potatoes are imported as fresh and as frozen product. However, only fresh potatoes are considered in this study because frozen potatoes are more likely for tourists and others in restaurants.

For each product or product specification, United States exports quantities and total exports values for all parts of the world are given in Foreign Agricultural Trade of the United States (USDA). Total quantities and values of imports of each of the products for all countries are available in the FAO Trade Yearbook (FAO). Therefore, total import quantities, and values of imports from the ROW for the Caribbean region are computed using the data from the FAO reference and the data from the USDA reference.

The latter data correspond to import quantities and values of imports from the United States for the Caribbean. Prices are computed as total value divided by total quantity. Production data are from the FAO Production Yearbook (FAO).

Import expenditures on starchy food in the region are computed as the sum of import expenditures on each

product, with import expenditures on each product equal to import price multiplied by quantity imported. Total import expenditures on starchy food and quantity imported of each product are calculated on a per-capita basis. Population data for the Caribbean region are from Economic Commission for Latin America and the Caribbean. Caribbean gross domestic product (GDP) is computed as a per capita average over fifteen Caribbean countries for which GDP data are from International Monetary Fund (IMF). Countries GDP are first converted into U.S. dollars by division by the exchange rate<sup>3</sup> which is available in the same source in units of domestic currency per U.S. dollar.

The Caribbean estimated per capita import demand elasticities are not expected to be affected by the amount of food aid (in terms of wheat and flour, rice and corn) received by a very few countries in the Caribbean only some years over the fifteen-year time period of the data used in this study. Based on data from the U.S. Department of Agriculture (USDA) and from the Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), food aid in terms of wheat and flour does not generally exceed 5 percent of the Caribbean total consumption of wheat and flour. For rice, the aid does not exceed 5 percent of the Caribbean total consumption of rice over the fifteen-year data period. For corn, the aid was given only during three years.

### Results

At the 0.05 level, the misspecification test fails to reject the separate null hypothesis of normality of the error terms, of no structural change, no nonlinearity, no temporal dependence, no dynamic heteroskedasticity, and no static heteroskedasticity.

dynamic heteroskedasticity, and no static heteroskedasticity

The results of the tests for separability based on Hayes, Wahl, and Williams' suggestion are presented in Table 1 which also includes the product aggregation test results and the auxiliary regression of real expenditures to test for endogeneity. The F-test statistic for the null hypothesis that wheat is separable from all starchy foods (i.e. rice, corn, and potatoes) is 19.43. For rice and corn, the test statistics are 6.05, 9.79, respectively. Individual and joint hypotheses are rejected at the 0.01 level of significance. We reject the null hypothesis of block separability. We also reject the null hypotheses (individual and joint) of product aggregation. The F-statistic for the joint test of product aggregation is 19919.7. Therefore, there is strong evidence that the source-differentiated model is appropriate.

The Wu-Hausman endogeneity test indicates that group expenditures is exogenous in all the equations of the model. Indeed, the null hypothesis is rejected.

that there is no relationship between group expenditures and the error term of the auxiliary regression in Table 2 below is not rejected at the 0.05 level of significance.

The Moschini, Moro, and Greene likelihood ratio test of separability indicates that each of the starchy foods is separable from all other starchy foods (just like the Hayes, Wahl and Williams' test) at the 5 percent level of significance.

The calculated likelihood ratio test statistic is 17.755 with 2 degrees of freedom is greater than the critical value of 5.99 of a chi-square with 2 degrees of freedom, implying a rejection of the joint null hypothesis that all the starchy foods are separable from each other.

Marshallian and Hicksian elasticity estimates are computed based on the estimated budget share equations. These elasticity estimates and their standard errors are in Table 3.

**Table 2.** Results of block separability, product aggregation, and endogeneity test for the RSDAIDS model.

Type of Test	Test Results
Block Separability	<p>H<sub>0</sub>: Wheat is separable from all other starchy foods            F = 19.43**, df: 6 for numerator and 59 for denominator            H<sub>0</sub>: Rice is separable from all other starchy foods.            F = 6.05**, df: 6 for numerator and 59 for denominator            H<sub>0</sub>: Corn is separable from all other starchy foods.            F = 9.79**, df: 6 for numerator and 59 for denominator            H<sub>0</sub>: All of the above            F = 11.60**, df: 18 for numerator and 59 for denominator</p>
Source Differentiation	<p>H<sub>0</sub>: Wheat can be aggregated            F = 714.19**, df: 5 for numerator and 68 for denominator            H<sub>0</sub>: Rice can be aggregated            F = 172.94**, df: 5 for numerator and 68 for denominator            H<sub>0</sub>: Corn can be aggregated            F = 156.75**, df: 5 for numerator and 68 for denominator            H<sub>0</sub>: Potatoes can be aggregated            F = 78635.1**, df: 5 for numerator and 68 for denominator            H<sub>0</sub>: All of the above            F = 19919.7**, df: 5 for numerator and 68 for denominator</p>
Auxiliary Regression of ln(E/P)	-2.71** -1.17*LP <sub>wheat</sub> + 1.41LP <sub>rice</sub> + 2.22*LP <sub>corn</sub>
Real Expenditures to Test	(1.03) (0.51) (2.01) (1.06)
For Endogeneity	-16.17*LP <sub>potatoes</sub> -0.76LagReal Exp -0.0007LogGDP (8.15) (0.72) (0.003)

(\*) and (\*\*) denote significance at the 10% and 5%, respectively. Number in parentheses are standard errors.

In general, the own-price Marshallian coefficients of Caribbean per capita demand (expressed in terms of budget share) for both U.S. and ROW starchy foods are negative and significant, except for the demand for U.S. corn and the demand for U.S. potatoes where they are positive and non significant. We perform our analysis only on the basis of significant elasticity estimates.

Table 3 indicates that Caribbean Marshallian per capita demand for U.S. wheat in terms of budget share is unitary elastic to U.S. wheat price, and Caribbean per capita demand for U.S. rice in terms of budget share is own-price inelastic. Furthermore, Caribbean Marshallian per capita demands in terms of budget shares for the ROW wheat, rice and corn are own-price inelastic.

Based on the significance and on the magnitude of the elasticities, reduction in the price of the U.S. wheat would be more effective than reduction in the price of U.S. rice in addressing food security through imports in the Caribbean, or equivalently; in increasing U.S. exports to the Caribbean. From the ROW perspective alone, changes in the wheat price would have the same impact on Caribbean Marshallian per capita budget share demand for the ROW wheat as would changes in the rice price on Caribbean Marshallian per capita budget share demand for the ROW rice. A 1 percent change in the price of wheat and rice in the ROW would lead to less than 1 percent change in the Caribbean per capita budget share demands for these two staples, given that these budget share demands are own-price inelastic.

The source-differentiated Marshallian cross-price elasticities between wheat from the U.S. and from the ROW (as well as between rice from the U.S. and from the ROW) are negative and significant. Therefore, there is no competition among sources for these two products. This suggests that wheat and rice from the U.S. and from the ROW might

be considered as two different products in the Caribbean. For corn, the source-differentiated Marshallian cross-price elasticities in the U.S. and the ROW equations are also negative but not significant. The same is true in the U.S. potatoes equation.

## Conclusion

Caribbean production of starchy staples (unmilled wheat and flour, rice, corn and fresh potatoes) is insufficient to satisfy domestic consumption. As a result, imports of starchy foods play a major role in securing food in the Caribbean. Caribbean foreign suppliers of starchy foods are both the United States

**Table 3. Marshallian and Hicksian elasticities for starchy food (unmilled wheat and flour, rice, corn and fresh potatoes) per capita import demand in terms of budget share in the Caribbean (1982-1996)**

Product	Variable	Marshallian Elasticities		Hicksian Elasticities	
		US Equation	ROW Equation	US Equation	ROW Equation
Wheat (unmilled and flour)	LogPWHTUS	-1.01** (0.23)	-0.40** (0.12)	-0.88** (0.19)	-0.11 (0.09)
	LogPWTROW	-0.63** (0.22)	-0.65** (0.15)	-0.30 (0.22)	0.09 (0.15)
	LogPRICE	-0.80 (2.23)	4.16** (1.42)	-0.69 (2.20)	4.40** (1.40)
	LogPCORN	0.34 (1.11)	-0.57 (0.73)	0.56 (1.08)	-0.08 (0.70)
	LogPPOTATOES	1.29 (2.15)	-4.34** (1.43)	1.31 (2.15)	-4.29** (1.44)
	Log (Exp/P)	0.81 (0.46)	1.80** (0.32)		
Rice	LogPRICEUS	-0.87** (0.29)	-0.85** (0.14)	-0.83** (0.28)	-0.88** (0.13)
	LogPRICEROW	-1.54** (0.23)	-0.65** (0.28)	-1.47** (0.22)	-0.71** (0.27)
	LogPWHEAT	-2.81** (0.78)	2.43** (1.12)	-2.34** (0.85)	2.01 (1.17)
	LogPCORN	0.58 (1.92)	2.52 (2.03)	0.80 (1.86)	2.32 (1.95)
	LogPPOTATOES	3.81** (1.43)	-2.72 (1.59)	3.83** (1.44)	-2.74 (1.59)
	Log (Exp/P)	0.82 (0.56)	-0.73 (0.78)		
Corn	LogPCORN US	0.12 (0.22)	0.17 (0.026)	0.21 (0.19)	0.26 (0.15)
	LogPCORN ROW	0.09 (0.08)	-1.08** (0.33)	0.13 (0.08)	-1.04 (0.310)
	LogPWHEAT	-1.34** (0.39)	0.27 (1.57)	-1.06** (0.43)	0.54 (1.53)
	LogPRICE	-8.31** (1.28)	0.01 (4.07)	-8.32** (1.25)	-0.002 (3.97)
	LogPPOTATOES	9.02** (1.20)	0.23 (3.88)	9.03** (1.20)	0.24 (3.88)
	Log (Exp/P)	0.49 (0.29)	0.47 (1.10)		
Potatoes	LogPPOTATOES US	0.61 (0.41)		0.61 (0.41)	
	LogPPOTATOES ROW	-0.40 (0.57)		-0.36 (0.58)	
	LogPWHEAT	2.80 (1.42)		3.85** (1.57)	
	LogPRICE	-3.67 (2.05)		-3.42 (2.08)	
	LogPCORN	-1.19 (3.40)		-0.68 (3.28)	
	Log (Exp/P)	1.84 (0.99)			

Note : Log (Exp/P) stands for logarithm of deflated per capita expenditures in imports of starchy food in Caribbean. LogP stands for logarithm of price. \*\* denotes that elasticity is significant at the 0.05 level of significance. The numbers in parentheses are standard errors.

States and the ROW, which export their products at different prices to the Caribbean. Available data showed that average prices of rice and corn exported to the Caribbean over the 1982-1996 period were lower in the ROW than in the U.S. during the same period. Furthermore, the U.S. share of the total volume of starchy foods imported by the Caribbean was in general lower than the ROW share, except for corn.

Foreign suppliers' prices are not under the control of the Caribbean, which does not have any bargaining power, given its size in the overall international market. Consequently, the prices faced by the Caribbean in the foreign markets may exogenously change at any time by policy means from the exporters' side or by changes in international market conditions. The questions are about how these likely price changes of starchy foods can affect food security through Caribbean per capita import demands in terms of budget shares and how the Caribbean views a starchy food coming from two different sources (the U.S. and the ROW).

The results of the study suggest that reducing U.S. prices of wheat and rice is likely to improve food security in the Caribbean through an increase in the shares of the Caribbean per capita imports spending for these two commodities. The same is true for reducing ROW prices of wheat and rice. Moreover, Caribbean per capita demand in terms of budget share is own-price unitary elasticities for U.S. wheat and own-price inelastic for U.S. rice, and ROW wheat and rice. Among the four starchy staples, wheat or rice does not seem to be in price-based source competition in the Caribbean. Instead, there exists a complementarity relationship across source for each of the two products. In other words, the Caribbean distinguishes between the wheat or rice coming from the U.S. and the wheat or rice coming from the Rest-of-the-World. Equivalently; the markets

for wheat from the two origins (U.S. and ROW), and for rice from the same two origins seem to be separate in the Caribbean. This may be due to quality differences between U.S. wheat and ROW wheat, and between U.S. rice and ROW rice.

## References

AFRIQUE-Caraibes-Pacifique-Communaute Europeenne. Le Courrier. Convention de Lome IV. Numero 120. Mars-Avril 1990.

ANDAYANI, Sri R.M., and TILLEY, Daniel S. "Demand and Competition among Supply Sources: The Indonesian Fruit Import Market." *J. Agr. Appl. Economics* 29.2 (December 1997): 279-289.

ASSOCIATION of Caribbean States. CARICOM: Periodo de Aplicacion del Arancel Externo Comun, 1997. Available at <http://www.acs-aec.org/Bdatos/cuadro25.htm>

BLUNDELL, Richard. "Econometric Approaches to the Specification of Life-Cycle Labour Supply and Commodity Demand Behavior." *Econometric Reviews*, 6 (1) (1987): 103-165.

DAMEUS, Alix. "The Effects of Government Pricing Policies on Cereal Grain Producers in Haiti." Unpublished Master's Thesis, Iowa State University, 1988.

DAMOR, Marc. Integration Economique. Haiti ratera-t-elle son Integration Economique à la Zone de Libre Echange Americaine ? Available at <http://www.haitionline.com/2000/904.htm>

DEATON, A., and MUELLBAUER, J. "An Almost Ideal Demand System". *American Economic Review*, 70 (1980a):312-26.

EALES, J.S., and UNNNEVEHR, L. "Demand for Beef and Chicken Products: Separability and Structural Change." *American Journal of Agricultural Economics*, 70(1988):

521-32.

ECONOMIC Commission for Latin America and the Caribbean. *Statistical Yearbook for Latin America and the Caribbean*. Vol. 1983-95.

FOOD and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). *FAO Trade Yearbook*. Vol. 1982-95.

HADEN, K. "The Demand for Cigarettes in Japan." *American Journal of Agricultural Economics*, 72(1990): 446-50.

HAUSMAN, J. A. "Specification Tests in Econometrics." *Econometrica*, 48(1978): 697-720.

INTERNATIONAL Monetary Fund. *International Financial Statistics Yearbook*. 1998.

KAZARIAN, Naira, and AMES, G.C.W. "Trade Liberalization in Trinidad and Tobago Reducing the Common External Tariff." Paper presented at the Southern Agricultural Economics Association Meetings in Lexington, Kentucky, February 1, 2000.

LAFRANCE, J. T. "When Is Expenditure Exogenous in Separable Demand Models?" *Western Journal of Agricultural Economics*. 16 (1991):49-62.

MCGUIRK, Anya M., DRISCOLL, Paul, and ALWANG, Jeffrey, "Misspecification Testing: A Comprehensive Approach." *American Journal of Agricultural Economics*, 75 (November 1993): 1044-1055.

MOSCHINI, G. "Unit of Measurement and the Stone Index in Demand System Estimation." *American Journal of Agricultural Economics*, 77(1995): 63-68.

MOSCHINI Giancarlo, MORO, Daniele, and GREENE, Richard D.' "Maintaining and Testing Separability in Demand Systems." *Amer. J. Agr. Econ.* 76 (February 1994): 61-73.

UNITED States Department of Agriculture (USDA), Economic Research Service. Foreign Agricultural Trade of the United States, Calendar Year. 1982-95.

YANG, S.R., and KOO, W.W.. Japanese Meat Import Demand Estimation with the Source Differentiated AIDS Model." J. Agr. Resour. Econ. 19(1994):396-408.

<sup>1</sup>Cet article a été publié dans "Lecturas De Economía. Departamento de Economía. Centro de Investigaciones Economicas. Facultad de Ciencias Economicas. Universidad de Antioquia. Colombia. No 55. Medellín julio-diciembre 2001". Sa reproduction dans RED répond à un besoin de vulgarisation des résultats en Haiti.

<sup>2</sup>The Stone index is a linear approximation (Deaton and Muellbauer). In this context of RSDAIDS, the Stone index is:

$$\ln (P) = \sum_i \sum_j W_{ij} \ln (P_{ij})$$

where i and j are respectively good and source, W is budget share and P is price.

<sup>3</sup>The IMF reference presents the market exchange rate of the countries either as end-of-period value or as periode average. Whatever is available is used, when both are available, the periode average was chosen.

# Effets de deux anti-gibbérellines (Bonzi et B-Nine sp) sur la croissance de deux variétés (Roma VF et Ace 55 VF) de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)

P. Duvivier, Département de Phytotechnie / FAMV/UEH. et F. Moise, Mémorand / FAMV/UEH

## Résumé

Duvivier, P. et Moise, F. 2005. Effets de deux anti-gibbérellines (Bonzi et B-Nine sp) sur la croissance de deux variétés (Roma VF et Ace 55 VF) de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). RED 2 (1): 15—17

Le tuteurage et l'enlèvement des gourmands sont deux opérations en production de tomate qui consomment temps, main d'œuvre et argent. Les effets de cinq concentrations de Bonzi et de B-nine sp sur deux variétés (Roma VF et Ace 55 VF) de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) ont été étudiés à Fermathe en vue de déterminer une dose qui permet de réduire leur croissance végétative. Un dispositif complètement aléatoire (DCA) avec trois répétitions a été utilisé. Les concentrations supérieures ou égales à 16 ppm de Bonzi et à 1500 ppm de B-Nine sp ont provoqué des réductions significatives de la croissance foliaire et de l'extension latérale de la canopée. Les effets de Bonzi se sont manifestés de façon significative sur la croissance en longueur (18% de réduction à partir de 16 ppm) et en largeur (28% de réduction à partir de 16 ppm) des feuilles de la variété Roma VF. Le Bonzi agit également sur la croissance en largeur des feuilles (15% de réduction à partir de 16 ppm) et sur l'extension latérale de la canopée (10% de réduction à partir de 63 ppm) de la variété Ace 55 VF. Les effets du B-nine sp sont significatifs sur la croissance en longueur et en largeur des feuilles (17% de réduction à partir de 1500 ppm) et sur l'extension latérale de la canopée (14% de réduction à partir de 3000 ppm) de la variété Roma VF : Il agit aussi sur l'extension latérale de la canopée (9% de réduction à partir de 2500 ppm) de la variété Ace 55 VF. Le B-nine sp permet une réduction significative de l'extension latérale de la canopée des plantes de Roma VF et de Ace 55 VF. Le Bonzi réduit l'extension latérale de la canopée des plantes de Ace 55 VF, mais il n'agit pas sur celles des plantes de Roma VF.

## Abstract

Duvivier, P. et Moise, F. 2005. Effects of two anti-gibberellin (Bonzi et B-Nine sp) on growth of two varieties (Roma VF et Ace 55 VF) of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). RED 2 (1): 15—17

Holding up the plants and carrying off the non floral shoots are in tomato production two operations which cost time, work and money. The effects of five concentrations of Bonzi and B-Nine sp upon two tomato varieties Roma VF and Ace 55 VF (*Lycopersicon esculentum* Mill) were studied to determinate a dosis wich permit to reduce the vegetative growth in Fermathe. That experiment carried out according to a Completely Randomized Design (CRD) with three replications has permitted to collect the following results. Bonzi and B-nine sp at respectively 16 ppm and 1500 ppm or higher produced significant reductions of foliage growth and lateral extension of the canopy. The Bonzi effects were significant upon the growth of 'Roma VF' in the length (18% of reduction at 16 ppm) and width (28% of reduction at 16 ppm) of the leaves. They also were significant upon the growth of 'Ace 55 VF' in the width (15% of reduction at 16 ppm) and the lateral extension of the canopy (10% of reduction at 63 ppm). The B-nine effects were significant upon the growth of 'Roma VF' variety in the length and width of the leaves (17% of reduction at 1500 ppm) and lateral extension of the canopy (14% of reduction at 3000 ppm). They also acted upon lateral extension of the canopy of Ace 55 VF variety (9% of reduction at 2500 ppm). B-nine sp reduce the lateral extension of the canopy in Roma VF and Ace 55 VF. Bonzi produce the same effects in Ace 55 VF, but not in Roma VF.

## Introduction

La tomate est l'une des cultures légumières les plus répandues dans le monde (Doorenbos et Kassam, 1980). Le tuteurage et l'enlèvement des gourmands non fructifères pour provoquer la floraison sont, dans sa culture, deux opérations importantes parce qu'elles consomment temps, main d'œuvre et argent. La main d'œuvre agricole est rare et chère. Or, l'horticulture doit-être une activité économique rentable. Il y a donc lieu de se demander s'il n'y a pas

moyen de réduire ou supprimer ces deux opérations.

Les anti-gibbérellines sont des régulateurs de croissance qui ont la propriété de réduire la croissance des plantes et de provoquer la floraison (Chaussât et Courdroux, 1980 et Heller, 1985). Bonzi ou Ancymidol et B-nine ou Paclobutrazol sont deux anti-gibbérellines très connues en Horticulture. La première est très utilisée en floriculture et la seconde est d'un emploi courant en fruiticulture, particulièrement en produc-

tion de mangues. Ils réduisent la croissance végétative et induisent la floraison (Mazliak, 1982). Sur la base de ces informations, il a été formulé l'hypothèse que ces régulateurs de croissance (Bonzi et B-nine sp) peuvent réduire la croissance végétative de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Dans un essai réalisé à Fermathe, les effets de cinq concentrations de Bonzi (0, 16, 31, 47, 63 ppm) et de B-nine sp (0, 1500, 2000, 2500, 3000 ppm) sur la croissance végétative de deux variétés de tomate (Roma VF et Ace 55 VF) ont été évalués en vue de déterminer les concentrations qui permettent une réduction significative de la croissance végétative et de la production de gourmands non fructifères.

## Matériels et Méthodes

L'essai a été réalisé à Fermathe sur la ferme de la Mission Baptiste de septembre à décembre 2001. Le semis a été fait dans des baquets de 52 cm de long sur 27 cm de large et 6 cm de profondeur rempli de promix (mélange de perlite et de tourbe). Une première transplantation a été effectuée quinze jours après le semis dans des pots accolés de 5.08 cm (2 pouces) de diamètres réunis en alvéoles. Un rempotage a été effectué à trente-deux jours après le semis dans des récipients de 11.36 litres (3 gallons). Deux apports d'engrais 12-12-20 ont été appliqués respectivement à cinq jours après le rempotage et au moment de la floraison. L'essai a été établi suivant un Dispositif Complètement Aléatoire avec trois répétitions, chaque unité expérimentale étant constituée de quatre plants. Les traitements aux cinq concentrations de Bonzi (0, 16, 31, 47, 63 ppm) et de B-nine sp (0, 1500, 2000, 2500, 3000 ppm) ont été réalisés 10 jours après le rempotage. Du semis à 10 jours après les traitements, les plantes ont été placées

sous ombragère et à partir de cet âge, elles ont été transférées en plein air. Un arrosage régulier a été réalisé en fonction de l'âge des plantes, des besoins hydriques de la tomate et des averses enregistrées dans la zone de travail. La collecte des données a porté sur la hauteur des plantes, le diamètre de la tige principale, le nombre de ramifications, le nombre de feuilles, la longueur et la largeur des feuilles, et le diamètre de la canopée à la floraison. Des mesures ont été également effectuées à la récolte, mais ne font pas l'objet de cet article. Les données recueillies ont été soumises à une analyse de variance. Les effets des facteurs ont été vérifiés par le test de F à 5% de probabilité et, quand il a été approprié, les moyennes ont été comparées par la méthode de la ppds selon la procédure indiquée par Michel Ott (1993) et (1999).

## Résultats et Discussions

### Réponse de la variété Roma VF au Bonzi en termes de croissance

Les effets du Bonzi sur la croissance de la variété Roma VF se sont manifestés seulement au niveau de la longueur et de la largeur des feuilles. Seize (16) ppm de Bonzi entraînent une réduction significative de la valeur de ces variables (de 18% dans le cas de la longueur et 28% dans le cas de la largeur des feuilles). Cette réduction augmente avec

**Tableau 1. Effets des concentrations de Bonzi sur la croissance de la variété Roma VF.**

Conc. <sup>a</sup>	H. tig <sup>b</sup>	D. tig <sup>c</sup>	N. ra <sup>d</sup>	N. feu <sup>e</sup>	Lon. f <sup>f</sup>	Lar. F <sup>g</sup>	D. ca <sup>h</sup>
0	52.63 a	12.95 a	11.25 a	39.37 a	49.00 a	47.25 a	77.12 a
16	47.33 a	12.77 a	11.50 a	56.00 a	40.00 b	34.00 b	72.50 a
31	45.25 a	11.85 a	10.33 a	55.33 a	41.00 b	32.83 b	69.50 a
47	43.50 a	11.45 a	10.25 a	48.25 a	37.33 c	30.17 c	69.50 a
63	41.16 a	11.15 a	9.50 a	46.00 a	37.15 c	29.83 c	75.00 a

a Concentration (ppm)

b Hauteur de la plante (cm)

c Diamètre tige principale (cm)

d Nombre de ramifications

e Nombre de feuilles

f Longueur des feuilles (cm)

g Largeur des feuilles (cm)

h Diamètre de la canopée (cm)

N.B. Dans une colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes à 5% de probabilités.

**Tableau 2. Effets des concentrations de Bonzi sur la croissance de la variété Ace 55 VF**

Conc. <sup>a</sup>	H. tig <sup>b</sup>	D. tig <sup>c</sup>	N. ra <sup>d</sup>	N. feu <sup>e</sup>	Lon. f <sup>f</sup>	Lar. F <sup>g</sup>	D. ca <sup>h</sup>
0	52.63 a	12.95 a	11.25 a	39.37a	49.00 a	47.25 a	77.12 a
16	48.83 a	12.67 a	11.60 a	38.00a	47.25 a	40.33 b	72.33 ab
31	44.75 a	12.60 a	9.83 a	37.00a	46.67 a	43.75 b	72.50 ab
47	43.16 a	12.45 a	9.25 a	36.16a	46.74 a	41.00 b	74.12 ab
63	43.25 a	12.00 a	9.40 a	35.50a	46.75 a	41.50 b	69.50 b

N.B. Dans une colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.

**Tableau 3. Effets des concentrations de B-nine sp sur la croissance de la variété Roma VF**

Conc. <sup>a</sup>	H. tig <sup>b</sup>	D. tig <sup>c</sup>	N. ra <sup>d</sup>	N. feu <sup>e</sup>	Lon. f <sup>f</sup>	Lar. F <sup>g</sup>	D. ca <sup>h</sup>
0	52.63 a	12.95 a	11.25 a	39.37 a	49.00 a	47.25 a	77.12 a
1500	52.83 a	12.25 a	12.00 a	55.00 a	40.83 b	39.67 b	68.83 a
2000	51.25 a	11.85 a	11.50 a	52.00 a	40.00 b	38.00 b	68.75 a
2500	45.25 a	11.90 a	11.50 a	50.75 a	39.75 b	36.00 b	68.00 a
3000	38.75 a	11.37 a	11.00 a	50.50 a	39.75 b	38.50 b	66.00 b

N.B. Dans une colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.

l'augmentation de la concentration. Pour les autres indicateurs de croissance, il n'y a pas eu de réduction significative (Tableau 1).

### Réponse de la variété Ace 55 VF au Bonzi en termes de croissance

Chez la variété Ace 55 VF, les effets de ce même régulateur de croissance (Bonzi) sont significatives sur la croissance en largeur des feuilles et sur la croissance en diamètre de la canopée, mais pas sur les autres indicateurs de croissance.

En effet, à partir de 16 ppm de Bonzi, une réduction de 15% de la largeur des feuilles est observée.

Quant au diamètre de la canopée, une réduction significative (10%) y a été observée seulement à partir d'une concentration de 63 ppm (tableau 2).

### Réponse de la variété Roma VF au B-nine en termes de croissance

La réponse au B-nine de la variété Roma VF, est significative en terme de croissance des feuilles et de l'extension latérale de la canopée. Une concentration de 1500 ppm de B-nine entraîne une diminution de 17% de la croissance en longueur et en largeur des feuilles. Une réduction de 14% de l'extension latérale de la canopée a été obtenue à partir d'une concentration de 3000 ppm. Les autres indicateurs de croissance ne se sont pas révélés significativement sensibles à l'effet du B-nine (tableau 3).

### Réponse de la variété Ace 55 VF au B-nine en termes de croissance

La variété Ace 55 VF répond au B-nine seulement en ce qui concerne l'extension latérale de la canopée qui

**Tableau 4. Effets des concentrations de B-nine sp sur la croissance de la variété Ace VF**

Conc. <sup>a</sup>	H. tig <sup>b</sup>	D. tig <sup>c</sup>	N. ra <sup>d</sup>	N. feu <sup>e</sup>	Lon. f <sup>f</sup>	Lar. F <sup>g</sup>	D. ca <sup>h</sup>
0	52.63 a	12.95 a	11.25 a	39.37 a	49.00 a	47.25 a	77.12 a
1500	50.25 a	12.40 a	10.38 a	38.67 a	49.83 a	48.50 a	73.50 a
2000	48.75 a	12.00 a	10.00 a	38.00 a	48.75 a	48.75 a	73.50 a
2500	47.33 a	12.15 a	9.75 a	34.50 a	47.00 a	50.00 a	70.25 b
3000	46.67 a	11.95 a	9.66 a	33.83 a	47.15 a	46.77 a	67.67 b

N.B. Dans une colonne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.

a été réduite de 9% sous l'effet d'une concentration de 2500 ppm. Les autres indicateurs de croissance ne se sont pas révélés sensibles au B-nine chez cette variété (tableau 4).

### Conclusion

Il y a lieu de conclure que la variété Roma VF répond mieux au B-nine sp qu'au Bonzi car le premier réduit l'extension latérale de la canopée chez cette variété alors que le second ne le fait pas. Par contre, la variété Ace 55 VF répond mieux au Bonzi qu'au B-nine sp car le premier produit une réduction de la croissance foliaire chez cette variété, pourtant le second ne la produit pas.

Il est aussi important de signaler que la variété Ace 55 VF répond mieux au Bonzi que la variété Roma VF car le Bonzi produit chez la première une réduction de l'extension

latérale de la canopée pourtant cette réduction n'est pas observée pour Roma VF.

Donc, dans le but de réduire l'extension latérale de la canopée et, du même coup, éviter le tuteurage chez la variété Ace 55 VF, le Bonzi et le B-nine sont également efficaces. Mais pour produire les mêmes effets chez la variété Roma VF, seul le B-nine sp est efficace. En ce qui a trait à l'opportunité de remplacer l'enlèvement des gourmands par un traitement au B-nine sp ou au Bonzi, une étude comparée du rendement est nécessaire. Cette étude comparée qui doit analyser les effets d'un traitement avec anti-gibbérellines sans enlèvement de gourmands vs un autre traitement avec enlèvement de gourmands sans anti-gibbérellines dépasse le cadre de cet article.

### Bibliographie

Chaussât, R et Courdroux, J. C. 1980. Régulateur de Croissance et Multiplication végétative. La Multiplication Végétative des Plantes Supérieures. Ed. Gauthier Villars. Bordas, Paris. 277p.

Doorenbos, J. et Kassam, A.H. 1980. Réponse des cultures à l'eau. Bulletin d'irrigation et de drainage No. 33. Ed. FAO, Rome, Italie. 235 p.

Heller, R. 1985. Physiologie Végétale II. Développement. Troisième Édition. MASSON, Paris. 215 p.

Mazliak, P. 1982. Physiologie Végétale II. Croissance et développement. Collection Méthode Hermann, Paris. 465 p.

Michel, V. 1999. Méthodes expérimentales en agronomie : pratique et analyse. Collection agriculture d'aujourd'hui : sciences, techniques, application. Ed. Tec & Doc. Paris. 337 p

Ott. R.L. 1993. An introduction to statistical Methods and data Analysis. 4<sup>th</sup>. Ed. Belmont (CA) : Wadsworth

*Un manguiier, c'est beau ...  
Un manguiier, c'est grand ....  
Un manguiier, c'est tellement utile ...  
et définitivement rentable.  
Plantez-en un ce mois-ci*



# Génotype de virulence et phénotype de résistance des bactéries isolées sur des carcasses de bovins pasteurisées à la vapeur

H. Corantin, Département des Sciences et Technologie des aliments / FAMV / UEH

## RÉSUMÉ

Corantin, H. 2005. Génotype de virulence et phénotype de résistance des bactéries isolées sur des carcasses de bovins pasteurisées à la vapeur. RED. 2 (1): 18—24

Le but de cette étude était d'évaluer l'effet de la vapeur sur des bactéries potentiellement pathogènes isolées sur des carcasses de bovins en les caractérisant pour différents facteurs de virulence et de déterminer la susceptibilité de ces dernières vis-à-vis des agents antimicrobiens usuels. L'identification des bactéries a été faite sur les caractères culturels et biochimiques. Les isolats d'*E. coli* et de *L. monocytogenes* ont été testés pour différents facteurs associés à leur virulence, respectivement, par technique d'hybridation sur colonie et par PCR. La susceptibilité et la résistance aux antibiotiques des isolats ayant des facteurs de virulence ont été testées par antibiogramme par la méthode de diffusion en gélose. La prévalence des *E. coli* dotés de un ou plusieurs gènes de virulence a été de 14,68% soit 11,88% des isolats obtenus avant pasteurisation, 22,21% des isolats obtenus après pasteurisation et 31,25% des isolats obtenus après réfrigération. Tous les isolats de *L. monocytogenes* se sont avérés positifs pour les trois principaux facteurs de virulence qui ont été testés (*hlyA*, *inlB* et *pclB*). Les antibiogrammes montrent que certains isolats sont sensibles à tous les antibiotiques, certains montrent une sensibilité intermédiaire et d'autres sont multirésistants. Ces résultats confirment donc que les aliments d'origine animale tels la viande de bovins peuvent constituer une source potentielle de transmission pour l'homme de certaines bactéries pathogènes résistantes aux agents antimicrobiens.

## INTRODUCTION

L'émergence de certains pathogènes alimentaires, tels *Salmonella Typhimurium* DT104, *Listeria monocytogenes*, et les *E. coli* vérotoxigènes, représente une grave menace pour la santé publique (1), non seulement par les infections qu'ils initient mais surtout par leur capacité à transférer leur résistance aux autres pathogènes alimentaires. La présence de ces pathogènes sur les carcasses est souvent le résultat d'une contamination du muscle pendant les processus d'habillage et d'éviscération (2-4). Soucieux de minimiser les risques liés à la présence de pathogènes alimentaires sur les carcasses, les organismes gouvernementaux tels FSIS\USDA ont imposé à l'industrie des viandes des mesures de gestion des dangers microbiologiques afin de contrôler les points critiques de l'abattage (5). De ce fait, plusieurs technologies ont été développées pour améliorer la sécurité microbiologique des carcasses à l'abattoir (6-8). La pasteurisation à la vapeur représente l'une des technologies les plus prometteuses permettant de contrôler la contamination microbienne des carcasses à l'abattoir (9-12). Bien que son efficacité dans la réduction de la charge microbienne totale y compris celle des pathogènes ait été démontrée, au-

cune étude n'a, jusqu'à présent, été conduite pour évaluer l'effet de la vapeur sur la sélection des microorganismes en rapport avec leur virulence et leur sensibilité aux antimicrobiens.

L'objectif de cette étude était de vérifier l'effet de la pasteurisation à la vapeur sur la sélection de certains pathogènes alimentaires émergeant en étudiant chez eux différents facteurs de virulence et aussi en vérifiant leurs phénotypes de résistance vis-à-vis des agents antimicrobiens usuels.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Situation de l'étude

Cette étude a été réalisée sur des carcasses de vaches laitières de réforme dans un abattoir sous inspection fédérale situé au Québec.

### Échantillonnage

3009 échantillons ont été prélevés sur 1003 carcasses afin de réaliser les analyses microbiologiques. Les prélèvements bactériens ont été effectués par chiffonnage sur des sites de 10X10 cm choisis aléatoirement selon une grille de 126 sites établie par Gill et Jones (1999) (13). Les prélèvements obtenus à l'aide de gaze stérile de 5X5 cm ont été placés dans 25 ml d'eau peptonnée tampon-

née à 0.1 % (p/v) (Oxoid Inc, Nepean, Ontario) (solution mère). Les échantillonnages ont été réalisés en trois temps soit immédiatement avant pasteurisation (A), immédiatement après pasteurisation (B) et après 24 heures de réfrigération (C). Les prélèvements (A) et (B) ont été effectués au même site d'échantillonnage sur chacune des 2 demi-carcasses. Le prélèvement (C) a été effectué sur un site contigu au site B. Les échantillons ont été gardés à 4°C pendant le transport et les analyses ont été réalisées le même jour.

### Analyses microbiologiques

Les échantillons ont été traités pour rechercher les *E. coli* génériques et évaluer l'incidence de *L. monocytogenes* et de *Salmonella* spp.

Les *E. coli* ont été isolés par technique d'inoculation sur pétrifilm (3M Canada, Inc., London, Ontario). Brièvement, les pétrifilms ont été ensemencés en utilisant 1 mL de la suspension mère, en suivant les indications prescrites par le fabricant. Les pétrifilms ont été ensuite incubés en aérobiose à 35°C pendant 48 heures. Les colonies obtenues ont été dénombrées manuellement à l'aide d'une loupe à grossissement. Les colonies bleuies avec du gaz sont comptées pour des *E. coli*. L'identification des *E. coli* isolés à partir des pétrifilms a été faite sur les caractères culturels, biochimiques (API 20E) (Biomérieux Canada Ltd, St-Laurent, Montréal).

La recherche qualitative de *L. monocytogenes* a été effectuée par la méthode suivante. Brièvement, 5 mL de la suspension mère ont été transférés dans 45 mL de LEB (*Listeria* Enrichment Broth) (Les Laboratoires Quelab, Montréal, Québec) puis incubés en aérobiose à 30°C pendant 48 heures. Ensuite, 0,10 mL du bouillon LEB a été transféré dans 10 mL de bouillon Fraser modifié

(Oxoid Inc, Nepean, Ontario) et incubé à 35°C pendant 24 à 48 heures en aérobiose. Après 24 heures d'incubation, les bouillons ont été vortexés puis réincubés 2 à 6 heures pour être ensuite interprétés : les cultures positives ont été inoculées sur gélose Oxford modifiée (Oxoid Inc). Les bouillons négatifs ont été réincubés 24 heures additionnelles, et les cultures positives, inoculées sur gélose Oxford modifiée. Ces dernières furent incubées 24 à 48 heures à 35°C. Les colonies suspectes ont été ensemencées sur des géloses TSA-YE sang de cheval (Trypticase-soya agar additionnée d'extrait de levure) (Les Laboratoires Quélab, Montréal, Canada), puis incubées à 35°C pendant 24 à 48 heures. Les colonies démontrant de l'hémolyse  $\beta$  furent soumises au test de mobilité, à l'utilisation des sucres (xylose, rhamnose et mannitol), la coloration de Gram, la recherche de la catalase et l'épreuve de CAMP (Christie-Atkins-Munch-Peterson). L'identification finale a été réalisée à l'aide d'un API *Listeria* (Biomérieux Canada Ltd, St-Laurent, Montréal) suivant les directives du fabricant.

La recherche qualitative de *Salmonella* spp. a été réalisée par la méthode suivante : Les gazes ont été transférées dans 25 mL de bouillon nutritif (Oxoid Inc), puis incubées à 35°C pendant 24 heures en aérobiose. Ensuite, un enrichissement en milieu sélectif a été effectué en transférant 1 mL du bouillon dans 9 mL de TBG (Tetrathionate Brilliant Green) (Difco, Détroit, MI, USA) qui a été incubé à 42°C pendant 24 heures en aérobiose. L'isolement a été obtenu sur des géloses BGS novobiocine (Brillant Green Sulfa agar) (Laboratoire Quelab, Montréal, Québec) incubées à 35°C pendant 24 à 48 heures. Les tests biochimiques TSI (Triple Sugar Iron) et urée ont été effectués sur les colonies typiques. Les isolats ont été confirmés par une épreuve d'agglutination avec un antisérum somatique polyvalent (Salmonella O Antiserum Poly A-1 & Vi) (Difco, Détroit, MI, USA) et envoyés pour sérotypage au Laboratoire de Santé Canada

(Guelph, Ontario, Canada).

### Détection des gènes de virulence chez les isolats d'*E. coli*

La détection des gènes de virulence chez les isolats d'*E. coli* a été effectuée par technique d'hybridation sur colonies suivant des méthodes précédemment décrites par Caya et coll. (1999) (14). Brièvement, les fragments d'ADN ont été marqués par la [ $\alpha$ - $^{32}$ P]dCTP en utilisant une trousse d'amorces polyvalentes (Amersham Pharmacia biotech, Uppsala, Suède) conformément aux directives du fabricant. Pour l'hybridation sur colonie, les isolats ont été ensemencés sur gélose Luria-Bertani (Difco) et incubés à 35°C pendant 4 à 5 heures. Les colonies ont été ensuite transférées sur papier filtre Whatman 3MM (Whatman International Ltd, Springfield, UK). Les filtres ont été traités, hybridés et révélés par autoradiographie. Des sondes génétiques ont été utilisées pour détecter les facteurs de virulence suivants : Intmine (*eae*), P-fimbriae (*pap*), SFA (S-fimbriae adhesins), aérobactine, hémolysine (*hly*), CNF (cytotoxic necrosing factor), vérotoxines (VT1 et VT2), toxines thermostables (Sta et Stb) et toxines thermolabiles (LT).

### Détection des gènes de virulence chez *Listeria monocytogenes*

*Extraction de l'ADN.* L'extraction de L'ADN génomique a été réalisée à l'aide de la trousse DNeasy (Qiagen Inc, Ontario) suivant les indications du fabricant. Brièvement, à partir d'une culture pure fraîche sur gélose au sang, une suspension bactérienne a été préparée dans 1 mL d'eau stérile puis centrifugée à 13000 rpm pendant 2 min 30 sec. Ensuite le culot a été resuspendu dans 180  $\mu$ L de tampon ATL. De la protéinase K (20  $\mu$ L) a été ajoutée au mélange qui a été vortexé et incubé à 55°C pendant 3 heures. Après digestion, 200  $\mu$ L de tampon AL a été ajouté au lysat, puis vortexé et incubé à 70°C pendant 10 min. Ensuite, 200  $\mu$ L d'alcool éthylique (96%) a été ajouté au culot puis vortexé. Le tout a été déposé sur une colonne avec un tube

de collecte de 2 mL. La colonne a été centrifugée à 8000 rpm pendant 1 min puis transférée dans un nouveau tube. Deux lavages ont été effectués en ajoutant tour à tour 500  $\mu$ L de tampon AW1 puis AW2. Finalement, l'ADN fut élué par l'ajout de 200  $\mu$ L de tampon AE directement sur la membrane DNeasy puis laissé à température de la pièce pendant 1 min et centrifugé à 8000 rpm pendant 1 min.

### PCR

La présence des gènes de virulence pour *hlyA*, *inlB* et *pciB* a été détectée par multiplex en adaptant les méthodes préalablement décrites par Jaradat et coll. (2002) (15), Ericsson et coll. (2000) (16), Vasquez-Boland et coll. (1992) (17) et Blais et Philippe (1993) (18). Les amorces utilisées sont décrites dans le tableau 1. Le mélange pour le PCR contient 4,125  $\mu$ L d'eau déionisée stérile (Invitrogène), 2,5  $\mu$ L de tampon 10X (Invitrogène), 0,75  $\mu$ L de MgCl<sub>2</sub> (Invitrogène), 0,5  $\mu$ L de dNTPs (RocheApplied Science), 0,125  $\mu$ L de Taq polymérase (5U/ $\mu$ L) (Invitrogène), 2,5  $\mu$ L de chaque paire d'amorces (10 pmol/ $\mu$ L) (Invitrogène) et de 2  $\mu$ L d'ADN. Des tubes contrôle ont été inclus avec les échantillons. L'amplification a été effectuée dans un thermocycleur (Biométra, Uno II) dans les conditions suivantes : une dénaturation à 94°C pour 3 min, suivi de 35 cycles de 94°C pour 60 sec (dénaturation), 60°C pendant 120 sec (hybridation) et 72°C pendant 60 sec (élongation). Puis une dernière élongation à 72°C pendant 3 min. Chaque amplicon (10  $\mu$ L) a été soumis à une migration électrophorétique à 100 Volts pendant 45 min sur un gel de 1,5% (p/v) d'agarose (Sigma) dans 89mM de Tris, 89mM d'acide borique, 2mM d'EDTA (Fisher Scientific). Le gel a été coloré au bromure d'éthidium et les résultats ont été visualisés sous lumière UV. Des clichés photographiques ont été effectués avec un Polaroid (type 667).

### Détermination de la résistance aux antibiotiques des isolats ayant des gènes de virulence

La susceptibilité aux agents antimicrobiens des isolats de *E. coli*, de *S. typhimurium* et de *L. monocytogenes* a été effectuée par la méthode de diffusion sur gélose selon les standards de NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standard) (19). Les isolats testés ont été cultivés sur gélose Trypticase soja enrichie de sang de mouton à 5% (Difco). Après 24 heures d'incubation à 35°C, des colonies pures de chaque isolat ont été standardisées par suspension dans de l'eau distillée et ajustées à une turbidité équivalente au standard McFarland 0,5. Ensuite, les inoculums standardisés ont été transférés uniformément sur gélose Mueller Hinton (Difco) sur laquelle les disques contenant les antibiotiques ont été dispersés tout de suite après inoculation. Les antibiotiques utilisés pour effectuer les antibiogrammes sont : Pour *E. coli* et *Salmonella typhimurium* : gentamicine (10µg), tétracycline (30µg), chloramphénicol (30µg), triméthoprim en association avec sulfaméthoxazole (25µg), céphalothine (30µg), ampicilline (10µg), amoxicilline en association avec acide clavulanique (30µg), enrofloxacin (5µg), streptomycine (10µg), cefoxitine (30µg), ceftiofur (30µg). Pour *L. monocytogenes* : rifampicine (10µg), érythromycine (15µg), amoxicilline en association avec acide clavulanique (30µg), ampicilline (10µg), clindamycine (2µg), céphalothine (30µg), gentamycine (10µg), pénicilline G (10 unit/s), tétracycline (30µg), vancomycine (30µg), triméthoprim en association avec sulfaméthoxazole (25µg), chloramphénicol (30µg). Des souches de *E. coli* NTTC 25922 et de *S. aureus* NTTC 25923 ont été ajoutées comme contrôles. Après une incubation de 18 heures à 35°C, les géloses ont été retirées de l'incubateur pour fin de lecture, une règle graduée a été utilisée pour mesurer les zones d'inhibition respectives pour chaque antibiotique.

## RÉSULTATS

L'incidence de *L. monocytogenes* sur les carcasses avant pasteurisation, après pasteurisation et après réfrigération a été évaluée à 0,79% (8 cas), 2,59% (26 cas) et 3,09% (31 cas)

respectivement (Tableau 2). Aucune souche de salmonelles n'a été détectée sur les carcasses avant et après pasteurisation. Par contre, une carcasse s'est avérée positive pour *Salmonella* spp. après réfrigération

(Tableau 2). L'incidence des *E. coli* génériques est évaluée à 14,25, 1,79 et 1,59 respectivement avant et après pasteurisation et après réfrigération (Tableau 2).

**Tableau 1. Paires d'amorces utilisées pour l'amplification des gènes de virulence des isolats de *L. monocytogenes***

Amorces		Séquence (5'-3')	Tailles du gène (pb)	Localisation sur le gène	Poids du produit (pb)	Références
<i>inlB</i>	F	AAA GCA CGA TTT CAT GGG AG	1893	922-1067	146	Jaradat et coll. (2002) Ericsson et coll. (2000)
	R	ACA TAG CCT TGT TTG GTC GG				
<i>plcB</i>	F	GGG AAA TTT GAC ACA GCG TT	870	463-723	261	Jaradat et coll. (2002) Vasquez-Boland et coll. (1992)
	R	ATT TTC GGG TAG TCC GCT TT				
<i>hlyA</i>	F	CAT TAG TGG AAA GAT GGA AT	1590	680-1411	730	Blais et Philippe (1993)
	R	GTA TCC TCC AGA GTG ATC GA				

**Tableau 2. Prévalence des bactéries pathogènes sur les carcasses avant pasteurisation (AvP), après pasteurisation (ApP) et après réfrigération (ApR)**

	<i>Salmonella</i> spp.	<i>L. monocytogenes</i>	<i>E. coli</i>
	N= 1003	N = 1003	N = 1003
AvP	0 (0,00%)	8 (0,79%)	143 (14,25%)
ApP	0 (0,00%)	26 (2,59%)	18 (1,79%)
ApR	1 (0,099%)	31 (3,09%)	16 (1,59%)

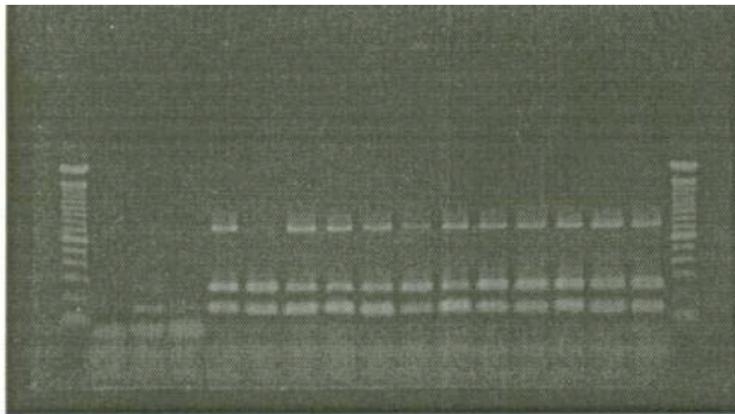
**Tableau 3. Pathotype des *E. coli* isolés sur les carcasses des bovins**

	Avant pasteurisation	Après pasteurisation	Après réfrigération	Total
Pathotypes	N=143	N=18	N=16	177
Eae	4 (2,79%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	4 (2,26%)
Pap	1 (0,70%)	0 (0,00%)	0(0,00%)	1 (0,56%)
VT2	1 (0,70%)	0 (0,00%)	0(0,00%)	1 (0,56%)
AFA	0 (0,00%)	1 (5,55%)	0(0,00%)	1 (0,56%)
Hly-α	3 (2,09%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	3 (1,69%)
Hly-EHEC	0 (0,00%)	1 (5,55%)	0 (0,00%)	1 (0,56%)
CNF	1 (0,70%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	1 (0,56%)
Aérobactine	0 (0,00%)	0 (0,00%)	2 (12,50%)	2 (1,13%)
CNF+Aéro	1 (0,70%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	1 (0,56%)
AFA+Aéro	1 (0,70%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	1 (0,56%)
VT2+Hly-EHEC	0 (0,00%)	0 (0,00%)	3 (18,75%)	3 (1,69)
VT1+VT2+EHEC	0 (0,00%)	2 (11,11%)	0 (0,00%)	2 (1,13%)
Pap+Aéro	2 (1,40%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	2 (1,13%)
Pap+AFA+Aéro	1 (0,70%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	1 (0,56%)
CNF+AFA+Aéro	1 (0,70%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	1 (0,56%)
CNF+Pap+Hly-α+Aéro	1 (0,70%)	0 (0,00%)	0 (0,00%)	1 (0,56%)
Total	17 (11,88%)	4 (22,21%)	5 (31,25%)	26 (14,68%)

**Tableau 4. Résultats des antibiogrammes sur les isolats d'*E. coli*, de *Salmonella* Typhimurium et de *Listeria monocytogenes***

Antibiotiques	<i>E. coli</i> (N=27)			<i>Salmonella</i> Typhimurium (N=1)			<i>Listeria monocytogenes</i> (N=75)		
	S	I	R	S	I	R	S	I	R
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Gentamicine	27 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Tétracycline	19 (70%)	0 (0%)	8 (30%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Chloramphénicol	26 (96%)	0 (0%)	1 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Trimétho./sulfa.*	24 (89%)	0 (0%)	3 (12)	1 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Cépholathine	26 (96%)	1 (4%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Ampicilline	24 (89%)	1 (4%)	2 (8%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Amox./Ac.Cl**	27 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Enrofloxacin	27 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-
Streptomycine	17 (63%)	0 (0%)	10 (37%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	-	-	-
Céfoxitine	27 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-
Ceftiofur	27 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	-	-	-
Clindamycine	-	-	-	-	-	-	0 (0%)	0 (0%)	75 (100%)
Rifampicine	-	-	-	-	-	-	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Pénicilline G	-	-	-	-	-	-	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Vancomycine	-	-	-	-	-	-	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
Erythromycine	-	-	-	-	-	-	75 (100%)	0 (0%)	0 (0%)

S= sensibilité, I= sensibilité intermédiaire, R= résistance  
 \* triméthoprime en association avec sulfaméthoxazole  
 \*\* amoxicilline en association avec acide clavulanique



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

Figure 1. Amplification par PCR des gènes de virulence de *L. monocytogenes* isolée sur les carcasses de bovins. Les gènes des facteurs de virulence amplifiés sont l'hémolysine (*Listériolysine O*) (*hlyA*) (730 pb), la phosphatidylcholine-spécifique phospholipase C (*pleB*) (261) et l'internaline (*inlB*) (146 pb). De gauche à droite sont représentés : 1) Marqueur 100 pb, 2) Blanc, 3) *Listeria innocua* ATCC 33090, 4) *Listeria ivanovii*, 5) *Listeria monocytogenes* ATCC 15313, 6) *Listeria monocytogenes* Ci-I, 7) 01-CB-4 B, 8) 01-CB-24 B, 9) 01-CB-38 B, 10) 01-CB-45 C, 11) 01-CB-69 B, 12) 01-CB-82 A, 13) 01-CB-107 A, 14) 01-CB-108 A, 15) 01-CB-109 A, 16) 01-CB-110 A, 17) Marqueur 100 pb

La prévalence des *E. coli* doté d'un ou plusieurs gènes de virulence sur l'ensemble des échantillons de carcasses a été de 14,68%. Cela représente 11,88% des isolats obtenus avant pasteurisation, 22,21% des isolats obtenus après réfrigération et 31,25% des isolats obtenus après réfrigération (Tableau 3).

Tous les isolats de *L. monocytogenes* se sont avérés positifs pour les trois principaux facteurs de virulence qui ont été testés (*hlyA*, *inlB* et *pleB*).

Les résultats des antibiogrammes (Tableaux 4) montrent que certains isolats sont sensibles à tous les antibiotiques, certains montrent une sensibilité intermédiaire et d'autres sont multirésistants. Chez les isolats d'*E. coli* et de *Salmonella typhimurium* la sensibilité vis-à-vis de gentamicine, amoxicilline/acide clavulanique, enrofloxacin, céfoxitine, ceftiofur était de 100%. Par contre, chez les isolats d'*E. coli*, on a observé une résistance vis-à-vis de la streptomycine (37%), la tétracycline (30%), le triméthoprime / sulfaméthoxazole (12%), l'ampicilline (8%), le chloramphénicol (4%) et une sensibilité intermédiaire pour l'ampicilline (4%) et la cépholathine (4%). Pour *Salmonella typhimurium*, on a noté une résistance vis-à-vis du chloramphénicol, de l'ampicilline, de la streptomycine et une sensibilité intermédiaire pour la tétracycline. Tous les isolats de *L. monocytogenes* ont montré une sensibilité complète pour la rifampicine, l'érythromycine, l'amoxicilline/acide clavulanique, l'ampicilline, la cépholathine, la gentamicine, le pénicilline G, la tétracycline, la vancomycine, le triméthoprime/sulfaméthoxazole, le chloramphénicol et une résistance totale à la clindamycine.

## DISCUSSION

Les bovins sont considérés comme le réservoir principal des *E. coli* pathogènes, en particulier des vérotoxino-gènes. De ce fait, nous avons évalué la prévalence de certains gènes intervenant dans la virulence de ces dernières. Les résultats montrent une grande variation dans le profil génétique en fonction du temps d'i-

solement. Les gènes *eae* et *hly* sont rencontrés uniquement chez les isolats obtenus avant pasteurisation. Les gènes qui codent pour l'entérohémolysine et les toxines VT1 et VT2 sont plus prévalents chez les isolats obtenus après pasteurisation et après refroidissement. De même que le gène qui code pour l'aérobactine est prédominant chez les isolats obtenus avant pasteurisation. Cette variation dans le profil génétique des *E. coli* suggère que la population est très diversifiée en terme de sérovars, et montre que les bactéries qui possèdent des gènes de virulence sont les plus résistantes aux conditions adverses de l'environnement (20-21), en particulier à certaines températures de la pasteurisation.

Par ailleurs, tous les gènes de virulence portés par ces isolats bovins ont été incriminés seuls ou en groupe dans des cas de pathologie chez les humains (22-23). Les CFA sont responsables de l'attachement des bactéries à la surface de la muqueuse de l'homme. Les fimbriae P (*pap*), les CNF, les AFA et l'aérobactine sont généralement rencontrés chez les souches UPEC, qui sont responsables d'infections du tractus urinaire chez les humains. Les vérotoxines (VT1 et VT2) sont responsables de diarrhées sanguinolentes et du syndrome hémolytique et urémique chez l'humain (24). Le gène qui code, en particulier, pour la synthèse de la toxine VT2 a été détecté après traitement. En plus, ce gène a été détecté simultanément avec celui qui code pour l'entérohémolysine laquelle est rencontrée dans 90% des souches EHEC (25). La présence de deux pathotypes VT2+HlyEHEC après réfrigération suggère que les bovins peuvent être la voie de transmission de VTEC autre que *E. coli* O157:H7 (26).

Tous les isolats de *L. monocytogenes* se sont avérés positifs pour les trois principaux facteurs de virulence recherchés. La présence de gènes de virulence (*hlyA*, *inlB* et *pclB*) révélée par technique de PCR chez les isolats de *L. monocytogenes* suggère que toutes ces souches sont poten-

tiellement pathogènes pour l'homme. En effet, Amoril et Bhunia (1999) (27) ont pu démontrer que les isolats de *L. monocytogenes* provenant des aliments étaient cytopathogènes donc capables d'infecter *in vitro* les tissus animaux. Aucun polymorphisme dans les gènes de virulence de *L. monocytogenes* n'a pu être démontré au cours de cette étude. En général, les produits de PCR des gènes de virulence ne montrent pas de polymorphisme chez *L. monocytogenes* (18) sauf pour le gène *actA*, lequel n'a pas été testé au cours de cette étude. Toutefois, comme toutes les souches proviennent du même abattoir on pourrait penser qu'elles sont génétiquement apparentées.

La résistance aux agents antimicrobiens de souches d'*E. coli* isolées sur des aliments a été documentée dans de nombreuses études (28-29). Les résultats ont démontré en général une augmentation de la résistance aux antibiotiques chez les *E. coli* (30). Les résultats de cette étude ont montré un taux de résistance moyen pour la streptomycine (37%) et la tétracycline (30%), un taux de résistance plus faible pour le triméthoprime/sulfaméthoxazole (12%), l'ampicilline (8%) le chloramphénicol (4%) et une sensibilité intermédiaire pour l'ampicilline (4%) et la céphalothine (4%). Ces résultats concordent avec ceux rapportés par d'autres études qui ont relaté une résistance aux tétracyclines, à la streptomycine, aux sulfamides et à l'ampicilline (28-29). Toutefois, les résultats montrent également que certains antibiotiques tels la gentamicine, l'amoxicilline/acide clavulanique, l'enrofloxacin, la céfoxitine et le ceftiofur gardent une excellente activité contre les *E. coli*. *E. coli* est capable de transférer les résistances acquises aux autres bactéries pathogènes à travers des échanges de plasmides, de transposons ou d'intégrons et vice versa (28, 31). Les *E. coli* pathogènes résistants aux antibiotiques présents dans les aliments constituent une sérieuse menace pour la santé des humains, de par les infections qu'elles engendrent et

surtout par leur capacité à transférer cette résistance aux autres pathogènes alimentaires. Ces résultats supportent donc que la viande de bovins puisse être une source potentielle de transmission d'*E. coli* pathogènes résistantes aux antibiotiques.

*S. typhimurium* est un pathogène alimentaire en émergence qui, par ses empoisonnements et sa résistance aux antibiotiques, représente une sérieuse menace pour la santé publique (32). Une augmentation de la résistance multiple aux antibiotiques a été rapportée chez certains isolats de *S. typhimurium*, en particulier le phagotype DT104, dans plusieurs pays y compris le Canada (33-35). Cette multirésistance a été notée, entre autres, pour l'ampicilline, le chloramphénicol, la streptomycine, les sulfamides et les tétracyclines. Les résultats de cette étude montrent que notre isolat de *S. typhimurium* est doté d'un phénotype résistant pour l'ampicilline, le chloramphénicol et la streptomycine et présente une sensibilité intermédiaire aux tétracyclines. Ces résultats confirment l'émergence de souches de *S. typhimurium* multirésistantes aux antibiotiques susceptibles d'être transmises par le biais des aliments contaminés à l'homme (29, 35).

*L. monocytogenes* est un pathogène alimentaire qui représente une menace pour la santé publique par le fait que cette bactérie continue à croître à la température d'entreposage des aliments. Cette menace pourrait être encore plus importante si ces isolats développaient des phénotypes résistants aux agents thérapeutiques. Généralement, les isolats de *L. monocytogenes* sont réputés sensibles à un spectre assez large d'antibiotiques (36-37). Par contre, de plus en plus de résultats de recherche commencent à relater l'apparition de souches de *L. monocytogenes* résistantes suite à l'acquisition de matériel génétique (plasmides, transposons, intégrons) provenant d'autres bactéries résistantes en particulier du genre *Sta-*

*phylococcus* (31, 38). Les résultats de cette étude ont montré une sensibilité complète pour tous les antibiotiques testés sauf pour la clindamycine. Les récentes études rapportent en général un taux de résistance à la clindamycine très élevé chez *L. monocytogenes* (35, 37, 38), ce qu'on a pu constater au cours de nos antibiotypies. Néanmoins, ces résultats confirment que les *L. monocytogenes* isolés sur les aliments gardent leur sensibilité vis-à-vis des antibiotiques usuels mais n'écartent pas la possibilité d'émergence de résistance vu que cette dernière peut être acquise dans l'environnement (38).

## CONCLUSION

Des bactéries potentiellement pathogènes peuvent être isolées sur les carcasses pasteurisées. Ces bactéries présentent des résistances naturelles et des résistances acquises dues sans doute à la pression de sélection de certains antibiotiques. En un mot, ces résultats confirment donc que les aliments d'origine animale tels la viande de bovins peuvent constituer une source éventuelle de transmission pour l'homme de certaines bactéries potentiellement pathogènes pouvant présenter des résistances naturelles ou acquises aux agents antimicrobiens couramment utilisés pour traiter les infections d'origine alimentaire.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Laurette Bard et Annie Desrosiers pour leur assistance technique ; Ont également contribué à ce travail, Dr Sylvain Quessy, Dr Alain Houde, Marie-Lou Gaucher, Louise Lessard et Danielle Leblanc.

## BIBLIOGRAPHIE

- Samelis J., Sofos J.N., Kendall P.A., Smith G.C. Fate of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium Dt 104 and *Listeria monocytogenes* in fresh meat decontamination fluids at 4 and 10°C. *J Food Protect*, 2001, vol 64, no 7, p. 950-957.
- Charlebois R., Trudel R., Messier S. Surface contamination of beef carcass by fecal coliforms. *J Food Protect*, 1991, vol 54, p. 960-956.
- Galland, J.C. Risks and prevention of contamination of beef carcasses during the slaughter process in the United States of America. *Rev. Sci. Tech*, 1997, vol 16, p. 395-404.
- Gill C.O., McGinnis J.C., Bryant J. Microbiological contamination of meat during the skinning of beef carcass hindquarters at three slaughtering plants. *Int J Food Microbiol*, 1998, vol 42, p. 175-184.
- Food Safety and Inspection Service, United States Department of Agriculture. Pathogen reduction, Hazard Analysis and Critical Control point systems. *Federal Register*, 1996, vol 61, no 144, p. 38805-38889.
- Bolton D.J., Doherty A.M., Sheridan J.J. Beef HACCP: intervention and non-intervention systems. *Int J Food Microbiol*, 2001, vol 66, no 1-2, p. 119-129.
- Cutter C.N., Rivera-Betancourt M. Interventions for the reduction of *Salmonella* Typhimurium DT 104 and non-O157:H7 enterohemorrhagic *Escherichia coli* on beef surfaces. *J Food Prot*, 2000, vol 63, no 10, p. 1326-1332.
- Delmore R.J., Sofos J.N., Schmidt G.R., Belk K.E., Lloyd W.R., Smith G.C. Interventions to reduce microbiological contamination of beef variety meats. *J Food Protect*, 2000, vol 63, no 1, p. 44-50.
- Phebus R.K., Nutsch A.L., Schafer D.E. et coll. 1997. Comparison of steam pasteurisation and other methods for reduction of pathogens on surfaces of freshly slaughtered beef. *J Food Protect*, 1997, vol 60, no 5, p. 476-484.
- Nutsch A.L., Phebus R.K., Riemann M.J. et coll. Evaluation of a steam pasteurisation process in a commercial beef processing facility. *J Food Protect*, 1997, vol 60, no 5, p. 485-492.
- Nutsch A.L., Phebus R.K., Riemann M.J. et coll. Steam pasteurization of commercially slaughtered beef carcasses: evaluation of bacterial populations at five anatomical locations. *J Food Protect*, 1998, vol 61, no 5, p. 571-577.
- Dorsa W.J., Cutter C.N., Siragusa G.R., Koohmaraie M. Microbiol decontamination of beef and sheep carcasses by steam, hot water spray washes, and a steam-vacuum sanitizer. *J Food Protect*, 1996, vol 59, no 2, p. 127-135.
- Gill C.O., Jones T. The microbiological effects of breaking operation on hanging beef carcass sides. *Food Res. Int*, 1999, vol 32, p. 453-459.
- Caya F., Fairbrother J.M., Lessard L., Quessy S. Characterization of the risk to human health of pathogenic *Escherichia coli* isolates from chicken carcasses. *J Food Protect*, 1999, vol 62, no 7, p. 741-746.
- Jaradat Z.W., Schutze G.E., Bhunia A.K. Genetic homogeneity among *Listeria monocytogenes* strains from infected patients and meat products from two geographic locations determined by phenotyping, ribotyping and PCR analysis of virulence genes. *Int J Food Microbiol*, 2002, vol 76, p. 1-10.
- Ericson H., Unnerstad H., Mattsson J.G., Danielsson-Tham M.L., Tham W. Molecular grouping of *Listeria monocytogenes* based on the sequence of the *inlB* gene. *J Med. Microbiol*, 2000, vol 49, p. 73-80.
- Vasquez-Boland, J.A., Kocks C., Dramsi S. et coll. Nucleotide sequence of the lecithinase operon of *Listeria monocytogenes* and possible role of lecithinase in cell-to-cell spread. *Infect Immun*, 1992, vol 60, p. 219-230.
- Blais B., Philippe L. A simple RNA probe system for analysis of *Listeria monocytogenes* polymerase chain reaction product. *Appl Env Microbiol*, 1993, vol 59, no 9, p. 2795-2800.
- National Committee for Clinical Laboratory Standards, Inc. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests.

- National Committee for clinical Laboratory Standards, Wayne, Pa. Approved standard M2-A6, 1997, vol 17(31).
20. Rowe M.T., Kirk R.B. Effect of nutrient starvation on the resistance of *Escherichia coli* O157:H7 to subsequent heat stress. *J Food Protect*, 2000, vol 63, no 12, p. 1745-1748.
  21. Harel J., Martin C. Virulence gene regulation in pathogenic *Escherichia coli*. *Vet Res*, 1999, vol 30, no 2-3, p.131-155.
  22. Orskov F., Orskov I. *Escherichia coli* serotyping and disease in man and animals. *Can J Microbiol*, 1992, vol 38, p. 699-704.
  23. Doyle M.P. *Escherichia coli* O157:H7 and its significance in foods. *Int J Food Microbiol*, 1991, vol 12, no 4, p. 289-301.
  24. Doyle M.P., Zhao T., Meng J., Zhao S. "Escherichia coli O157:H7", in Doyle MP, Beuchat L R, Montville TJ, éd. Food microbiology: Fundamentals and frontiers, ASM Press, Washington, D.C, 1997, p.171-191.
  25. Gyles C.L. "Escherichia coli verotoxins and other cytotoxins", in C.L Gyles, éd. *Escherichia coli* in domestic animals and humans, 1994, CAB International, Guelph, Canada, p. 365-398.
  26. Ganzalez-Garcia E.A. Animal health and foodborne pathogens: enterohaemorrhagic O157:H7 strains and other pathogenic *Escherichia coli* virotypes (EPEC, ETEC, EIEC, EHEC). *Pol J Vet. Sci*, 2002, vol 2, p. 103-115.
  27. Amoril J.G., Bhunia A.K. Immunological and cytopathogenic properties of *Listeria monocytogenes* isolated from naturally contaminated meats. *J Food Safety*, 1999, vol 19, p. 195-207.
  28. Schroeder C.M., White D.G., Ge B. et coll. Isolation of antimicrobial-resistant *Escherichia coli* from retail meats purchased in Greater Washington, DC, USA. *Int J food Microbiol*, 2003, vol 85, p. 197-202.
  29. White D.G., Zhao S., Sudler R. et coll. The isolation of antibiotic-resistant salmonella from retail ground meats. *N Engl J Med*, 2001, vol 345, no 16, p. 1147-1154.
  30. Bettelheim K.A., Hornitzky M.A., Djordjevic S.P., Kuzevski A. Antibiotic resistance among verocytotoxigenic *Escherichia coli* (VTEC) and non-VTEC isolated from domestic animals and humans. *J Med Microbiol*, 2003, vol 52, no 2, p. 155-162.
  31. White D.G., Zhao S., Simjee S., Wagner D.D., McDermott P.F. Antimicrobial resistance of foodborne pathogens. *Microbes Infect*, 2002, vol 4, no 4, p.405-412.
  32. Logue C.M., Sherwood J.S., Olah P.A., Elijah L.M., Dockter M.R. The incidence of antimicrobial-resistant Salmonella spp on freshly processed poultry from US Midwestern processing plants. *J Appl Microbiol*, 2003, vol 94, no 1, p. 16-24.
  33. Threlfall E.J., Fisher I.S., Berg-hold C. et coll. Antimicrobial drug resistance in isolates of *Salmonella enterica* from cases of salmonellosis in humans in Europe in 2000: results of international multi-centre surveillance. *Euro Surveill*, 2003, vol 8, no 2, p. 41-5.
  34. Poppe C., Ziebell K., Martin L., Allen K. Diversity in antimicrobial resistance and other characteristics among *Salmonella* Typhimurium DT104 isolates. *Microb Drug Resist*, 2002, vol 8, no 2, p. 107-22.
  35. Yang S.J, Park K.Y, Seo K.S. et coll. Multidrug-resistant *Salmonella* Typhimurium and *Salmonella* Enteritidis identified by multiplex PCR from animals. *J Vet Sci*, 2001, vol 2, no 3, p. 181-188.
  36. Prazak A.M, Murano E.A, Mercado I., Acuff G.R. Antimicrobial resistance of *Listeria monocytogenes* isolates from various cabbage farms and packing sheds in Texas. *J Food Protect*, 2002, vol 65, no 11, p. 1796-1799.
  37. Vela A.I., Fernandez-Garayzabal J.F., Latre M.V., Rodriguez A.A., Dominguez L., Moreno M.A. Antimicrobial susceptibility of *Listeria monocytogenes* isolated from meningoencephalitis in sheep. *Int J Antimicrob Agents*, 2001, vol 17, no 3, p. 215-220.
  38. Antunes P., Reu C., Sousa J.C., Pestana N., Peixe L. Incidence and susceptibility to antimicrobial agents of *Listeria* spp. and *Listeria monocytogenes* isolated from poultry carcasses in Porto, Portugal. *J Food Protect*, 2002, vol 65, no 12, p. 1888-1893.

# Internal Breakdown, Mineral Element Concentration, and Weight of Mango Fruit

L. Raymond and B. Schaffer, Tropical Research and Education Center, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Homestead. J. K. Brecht, Horticultural Science Department, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville and E. A. Hanlon, Southwest Florida Research and Education Center, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Immokalee

---

## ABSTRACT

Raymond, L., Schaffer, B., Brecht, J. K. and Hanlon, E. A. 2005. Internal Breakdown, Mineral Element Concentration, and Weight of Mango Fruit. RED 2 (1): 25—31

Internal breakdown in mango fruit is a disorder often attributed to a nutrient deficiency, particularly of calcium (Ca), in the fruit. The relationship between internal breakdown in mango fruit and fruit mineral element concentrations and fresh weight was investigated. Fruit were collected weekly from a commercial orchard beginning 4 weeks after fruit set (WAFS) until the fruit were ripe. The concentrations of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), Ca, magnesium (Mg), zinc (Zn), copper (Cu), manganese (Mn), iron (Fe), and boron (B) and fresh weight of Tommy Atkins' mango fruit with and without internal breakdown were compared. Disordered fruit weighed more than healthy fruit 4 WAFS. However, when fruit were ripe there were no significant differences in fruit weight between healthy and disordered fruit. Disordered fruit contained significantly higher concentrations of N, P, Ca, and B than the healthy mango fruit, 4 WAFS. When fruit were ripe, there were no differences in N, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe, and B concentrations between healthy and disordered fruit. Ripe, healthy fruit had higher Cu and lower P concentrations than ripe, disordered fruit. Internal breakdown could not be specifically linked to a Ca deficiency in mango fruit at any stage of fruit ontogeny.

## RESUME

Raymond, L., Schaffer, B., Brecht, J. K. and Hanlon, E. A. 2005. Internal Breakdown, Mineral Element Concentration, and Weight of Mango Fruit. RED 2 (1): 25—31

La "dépression interne" des fruits du manguier ou "internal break-down" a souvent été attribuée à une carence nutritionnelle, particulièrement en Calcium (Ca). La relation entre ce désordre physiologique, la concentration en éléments minéraux et le poids frais des fruits a été investiguée. Des fruits d'un verger commercial ont été collectés sur une base hebdomadaire de la quatrième semaine après le début de la fructification (WAFS) à la maturation. Les concentrations en Azote (N), phosphore (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnésium (Mg), Zinc (Zn), Cuivre (Cu), Manganèse (Mn), Fer (Fe), Bore (B) ainsi que le poids frais des fruits de la variété Tommy Atkins avec ou sans dépression interne ont été comparés. A 4 WAFS, le poids des fruits malades était supérieur à celui des fruits sains. Par contre, aucune différence significative n'a été trouvée entre les poids pour les fruits mûrs. De même, quatre semaines après le début de la fructification, la concentration des fruits malades en N, P, Ca, et B était significativement plus élevée que celle des fruits sains. Cependant, pour les fruits mûrs avec ou sans dépression interne, aucune différence significative n'a été trouvée en terme de concentration en N, K, Ca, Mg, Zn, Mn, Fe et B. Les fruits sains mûrs révèlent une concentration en Cu plus grande et une concentration en P plus faible que les fruits mûrs avec dépression interne. Ainsi, aucune relation spécifique n'a pu être établie entre la dépression interne des fruits et une carence en Ca à un stade quelconque de la formation des fruits.

---

## INTRODUCTION

The fruit of several commercial mango (*Mangifera indica* L.) cultivars are affected by various physiological disorders such as black tip (Agarwala et al., 1962; Srivastava, 1963; Zhanget al., 1995), internal necrosis (Ram, 1988; Ram et al., 1988), fruit splitting (Lim and Koo, 1985), and internal breakdown (Subramanyam et al., 1971; Verma, 1950; Young, 1957). Internal breakdown is thought to prevail in Indian cultivars or cultivars with an Indian pedigree (Schaffer, 1994; Young, 1957). Depending upon the symptoms and growing regions, internal breakdown is referred to as 'jelly seed', 'soft nose', 'stem-end cavity' (SEC), 'yeasty fruit

rot', 'insidious fruit rot', or 'flesh breakdown'. The disorder has been related to several variables, including environmental factors (Lad et al., 1992), cultural practices (Malo and Campbell, 1978), a nutritional imbalance or deficiency (Burdon et al., 1991), fruit weight (Subramanyam et al., 1971) and fruit specific gravity (Krishnamurthy, 1981).

There is much controversy surrounding the nature or cause of internal breakdown in mango fruit. In studies conducted in Florida, increased N fertilization increased the incidence of soft nose (Young, 1957; Young and Miner, 1961; Young et al., 1962). However, in another study in Florida, N fertilization

or high leaf N concentrations could not be correlated with the incidence of internal breakdown (Malo and Campbell, 1978). Increased irrigation (Malo and Campbell, 1978) or rain (Katrodia et al., 1988) at the time of fruit development have also been considered to increase the occurrence of internal breakdown in mango. However over a six-year period, no differences in the percentages of disordered 'Sensation' fruit were observed among irrigation treatments that maintained soil matric potentials at -20, -50, or -70 kPa (Farre and Hermoso, 1993).

Calcium deficiency is considered to be the most probable cause of internal breakdown (Shear, 1975; Young, 1957). However, there is no definitive evidence for the role of Ca in the development of the disorder. In a study of the distribution of P, K, Ca, and Mg in mango fruit susceptible to the soft nose disorder, Burdon et al. (1991) observed that the Ca and Mg concentrations in disordered 'Kent' fruit were lower than those in the healthy 'Kent' fruit. It was also observed that Ca and Mg concentrations were equally low in healthy and disordered 'Beverly' mango fruit. However, the disordered mesocarp of 'Beverly' mangoes contained significantly higher Ca, Mg, K, and P concentrations than the healthy mesocarp (Burdon et al., 1991). Krishnamurthy (1981) found no relationship between internal breakdown and Ca concentrations in the mesocarp of 'Alphonso' mango fruit. Gunjate et al. (1979) reported a reduced incidence of spongy tissue in 'Alphonso' fruit following pre-harvest or postharvest dips of the fruit in 5 or 20 g L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub> or Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. However, pre-harvest sprays of 5 g L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub> alone or in combination with 0.5 g L<sup>-1</sup> H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub> did not reduce the incidence of internal breakdown, and had no effect on the fruit Ca level (Krishnamurthy, 1982). In that study, the post-harvest dips of the fruit into 2.5 or 5 g L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub>

solution baths for 5 minutes also failed to reduce the incidence of internal breakdown (Krishnamurthy, 1982). In addition, higher Ca concentrations were observed in disordered 'Carabao' fruit than in healthy fruit (Burdon et al., 1991; Lad et al., 1992; Wainright and Burbage, 1989).

Comparing the concentrations of specific nutrients in healthy fruit with those in disordered fruit would help to elucidate the role of mineral nutrition in internal breakdown. The purpose of this study was to compare the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, and B in the fruit, and fruit weight between healthy and disordered mango fruit, and to determine if there is a relationship between these fruit mineral element concentrations and the occurrence of internal breakdown in 'Tommy Atkins' fruit throughout fruit development.

## MATERIALS AND METHODS

### Location

The study was conducted during the 1996 fruiting season in a commercial orchard in south Miami, Bude County (25.36°N and 80.21 °W). The orchard was established on a Krome soil (loamy, skeletal, carbonatic, hyperthermic Lithic Udorthents). These soils are 0-27.50 cm deep and composed of very gravelly loam or weathered bedrock. They contain 15-20% clay and have a pH of 7.4-8.4 (USDA, 1996). Daytime temperatures during the experimental period averaged 23.6°C and the total rainfall amount was 894.5 mm, with a peak in June.

### Plant Materials

Eight 30-year-old trees of 'Tommy Atkins' grafted on 'Turpentine' rootstock were used in the study. No fertilizer was applied during the experiment. However, the trees had received 568 kg ha<sup>-1</sup> of 6-0-19 (N-P-K) in March 1995, 9.94 kg ha<sup>-1</sup> of Sequestrene-Fe (Geigy 138, 5% Fe) in August 1995, 852.27 kg ha<sup>-1</sup> of 3-8-12 and 19.32 kg ha<sup>-1</sup> of Sequestrene-Fe in September 1995, and 19.31 kg ha<sup>-1</sup> of Sequestrene-Zn (Geigy, 14% Zn) plus 19.32 kg ha<sup>-1</sup> of Sequestrene-Mn (Geigy, 12% Mn) in December 1995.

### Sampling

Three fruit were collected every week from each tree, beginning four weeks after fruit set (WAFS) until the fruit were ripe. There were four two-tree replicates. The fruit were considered to be ripe when the mesocarp was sufficiently soft to allow consumption as a fresh fruit. The samples were placed in paper bags and shaded to prevent water loss that could result from prolonged exposure to the sun during sampling and transportation from the field to the laboratory.

### Determination of Fruit Weight and Internal Breakdown

Fruit weight was determined by individually weighing the fruit immediately after collection from the orchard. The presence of internal breakdown was determined after cutting open the fruit samples. Each fruit was first transversely cut at the proximal end, between the peduncle and the base of the stone. The objective of the transverse cut was to assess the presence of stem-end cavity in the fruit. Two additional longitudinal cuts were made on each of the wider flat sides of the stone to expose the interior of the fruit and detect the presence of either jelly seed or soft nose.

### Processing of Samples

Collected fruit were washed in a 10 mL detergent solution, rinsed in tap water, washed in 0.6 M HCl, and rinsed twice in distilled water as described by Schaffer et al. (1988). After washing, the fruit were weighed, and cut open, as previously described, and oven dried for 48 to 120 hours, depending upon the size of the fruit. Dried samples were ground in a cyclone mill (UDY Corp., Fort Collins, CO).

For P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, and B determination, 1 g of ground tissue was weighed in a 40-mL high-form porcelain crucible (Fischer Scientific, Pittsburgh, PA) and ashed at 500°C in a muffle furnace (Furnatrol FA 1730, Bamstead/Thennolyne, Dubuque, LA). The ashed sample was digested with 5 mL of 6M HCl and brought to 50 mL with deionized water in a polyethylene volumetric flask. The preparation was shaken and filtered through Whatman # 1 filter paper into a 20-mL polyethylene scintillation vial.

For N determination, 0.2 g of ground tissue was weighed and placed in a 100-mL diges-

tion tube in which 2 g of Kjeldahl mixture and 5 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> were added. Glass funnels were placed on the tubes, and the tubes and funnels were placed on a pre-heated aluminum digestion block at 250° C for 1 hour. The temperature of the digestion block was raised to 380°C for an additional 3-hour period. After the tubes cooled to room temperature, 5 mL of distilled water were added to each tube and the preparation was agitated with a vortex mixer. The digested material was transferred to a 100-mL volumetric flask, and the content was vigorously mixed and filtered through Whatman #1 filter paper into a 20-mL polyethylene scintillation vial (Hanlon et al., 1994). Nitrogen concentrations were determined by the Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) method and K, P, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, and B were determined by inductively coupled argon plasma spectroscopy (ICAP).

## RESULTS

### Fruit Fresh Weight

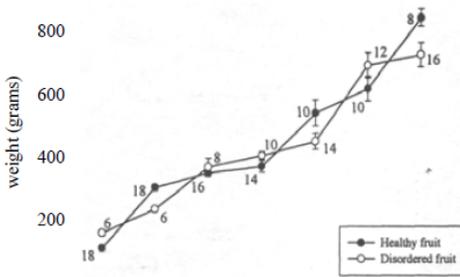
Significant differences in fruit fresh weight existed between healthy and disordered fruit throughout most of the fruit development period (Figure 1). However, no definite pattern was observed in the relationship between fruit weight and internal breakdown. Healthy fruit weighed significantly less than disordered fruit when symptoms of internal breakdown were first detected 8 WAFS, but when the fruit were ripe, the healthy fruit were heavier than the disordered fruit. Healthy fruit weighed more than disordered fruit 9 and 12 WAFS. However, the opposite was observed 11 and 13 WAFS. There were no differences in fruit fresh weight between healthy and disordered fruit 10 WAFS.

### Development of Internal Breakdown Symptoms

Stem end cavity and jelly seed were the first disorders detected in the fruit 8 WAFS. Symptoms of the soft nose disorder appeared only when the fruit were nearly mature. Although fruit sampling commenced 4 WAFS, data presented for fruit mineral concentrations correspond to the time at which internal symptoms were noticed, to allow for comparisons between disordered and healthy fruit.

Weeks after fruit set

Figure 1. Weight of healthy and disordered Tommy Atkins' mangoes from first signs of internal breakdown to fruit ripeness. Values on the left or right of symbols represent the numbers of healthy and disordered fruit, respectively. Vertical bars represent  $\pm 1$  standard error. Absence of error bars indicates that the standard error bar was smaller than the symbol for the mean.



### Mineral Elements

The concentrations of N were higher in disordered fruit than in healthy fruit 8 and 9 WAFS, i.e., during the two weeks after the first signs of internal breakdown were observed (Figure 2A). There were no differences in fruit N concentrations between disordered and healthy fruit 10 WAFS and 12 WAFS, and when the fruit were ripe. Nitrogen concentrations fluctuated more in the disordered fruit than in the healthy fruit. For example, N concentrations in healthy fruit were fairly consistent from 10 to 13 WAFS, whereas significant fluctuations in fruit N concentrations occurred in disordered fruit.

Concentrations of P in healthy fruit were significantly lower than those in disordered fruit 8 and 9 WAFS, i.e., during the first two weeks after symptoms of internal breakdown appeared (Figure 2B). Phosphorus concentrations in healthy fruit were nearly equal to those in disordered fruit during the remaining period of fruit development, except 11 WAFS, when P concentrations were higher in the healthy fruit than in the disordered fruit. The P concentrations in disordered fruit did not show any significant changes from 10 to 13 WAFS, whereas a significant fluctuation occurred in the P concentration in healthy fruit 11 WAFS. There was a significant increase in the P concentration in the disordered fruit when those fruit were ripe, i.e., 14 WAFS.

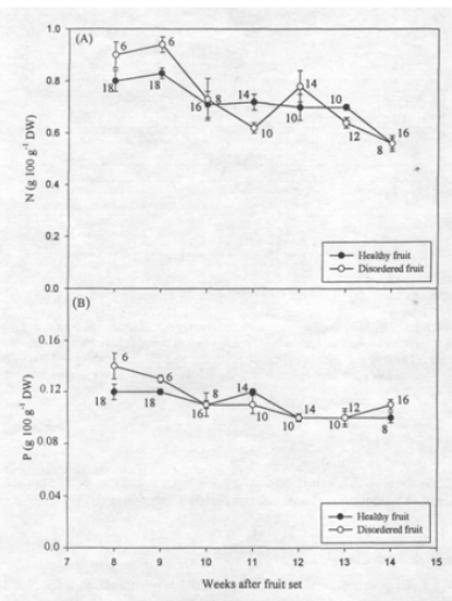
The concentrations of K in healthy and disordered fruit fluctuated throughout fruit ontogeny. Fruit K concentrations in the healthy fruit were not significantly different from those observed in the disordered fruit at 8 and 10 WAFS, and when the fruit were ripe (Figure 3A). The K concentrations in healthy fruit were

higher than that in disordered fruit at 11 and 13 WAFS, whereas disordered fruit contained higher fruit K concentrations than healthy fruit at 9 and 12 WAFS.

Concentrations of Ca in healthy fruit were similar to those in disordered fruit throughout the sampling period. No differences in fruit Ca concentrations were observed between healthy and disordered fruit 8 WAFS, i.e., when the symptoms of internal breakdown were first detected, although variability in Ca concentrations among the disordered fruit was much greater than in the healthy fruit (Figure 3B). Calcium concentration in the disordered fruit was significantly higher than the concentration in the healthy fruit 9 WAFS, whereas healthy fruit contained significantly higher Ca concentrations than disordered fruit 11 WAFS. From 12 WAFS until the fruit were ripe, there were no differences in fruit Ca concentrations between healthy and disordered fruit.

Figure 2. Concentrations of N and P in healthy and disordered Tommy Atkins' mangoes from first signs of internal breakdown to fruit ripeness. Values on the left or right of symbols represent the numbers of healthy and disordered fruit, respectively. Vertical bars represent  $\pm 1$  standard error. Absence of error bars indicates that the standard error bar was smaller than the symbol for the mean.

Figure 3. Concentrations of K and Ca in healthy and disordered Tommy Atkins' mangoes from first signs of internal breakdown to fruit ripeness. Values on the left or right of symbols represent the numbers of healthy and disordered fruit, respectively. Vertical bars represent  $\pm 1$  standard error. Absence of error bars indicates that the standard error bar was smaller than the symbol for the mean.



smaller than the symbol for the mean.

Figure 4. Concentrations of Mg and Zn in healthy and disordered Tommy Atkins' mangoes from first signs of internal breakdown to fruit ripeness. Values on the left or right of symbols represent the numbers of healthy and disordered fruit, respectively. Vertical bars represent  $\pm 1$  standard error. Absence of error bars indicates that the standard error bar was smaller than the symbol for the mean.

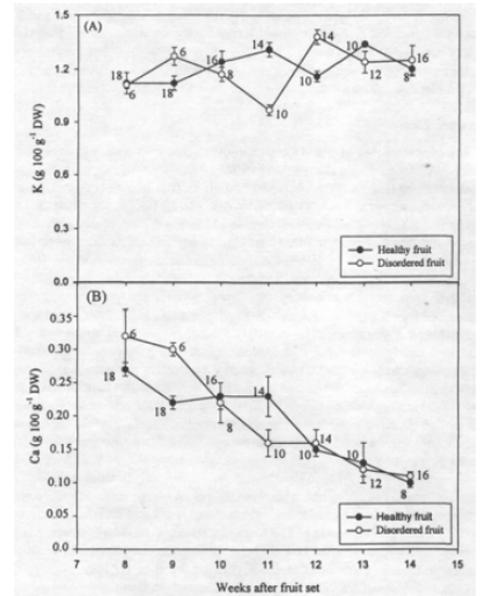
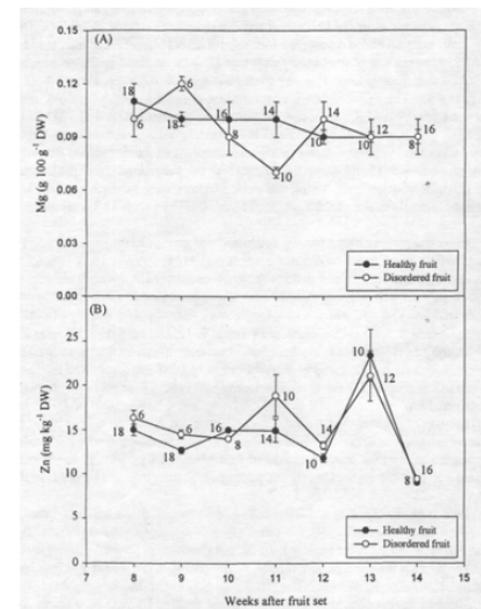


Figure 4. Concentrations of Mg and Zn in healthy and disordered Tommy Atkins' mangoes from first signs of internal breakdown to fruit ripeness. Values on the left or right of symbols represent the numbers of healthy and disordered fruit, respectively. Vertical bars represent  $\pm 1$  standard error. Absence of error bars indicates that the standard error bar was smaller than the symbol for the mean.

There were no differences in Mg concentra-



tions between healthy and disordered fruit when the symptoms of internal breakdown were first detected (8 WAFS). The Mg concentration of the disordered fruit significantly increased between 8 and 9 WAFS, whereas that of the healthy fruit significantly declined such that healthy fruit had significantly lower fruit Mg concentrations than disordered fruit 9 WAFS (Figure 4A). The increase in Mg concentration in the disordered fruit observed between 8 and 9 WAFS was followed by significant declines 10 and 11 WAFS. In

the healthy fruit, no significant changes in Mg concentrations were observed from 9 to 11 WAFS. Another increase in Mg concentration of the disordered fruit was observed between 11 and 12 WAFS, whereas the Mg concentrations of the healthy fruit significantly declined during that period. There were no differences in Mg concentrations between healthy and disordered fruit from 12 WAFS until the fruit were ripe,

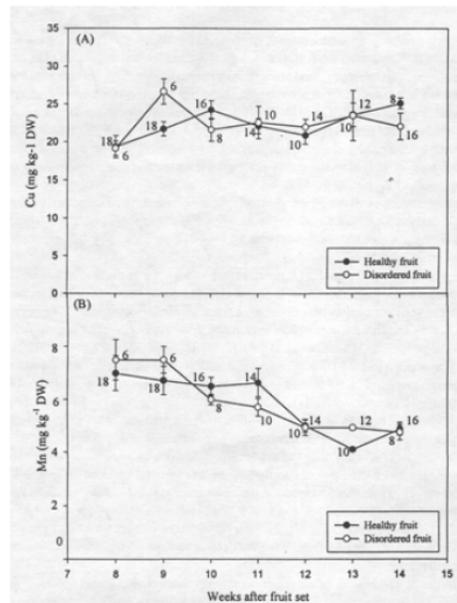
Concentrations of Zn significantly fluctuated with time in healthy and disordered fruit. When the symptoms of internal breakdown were first noticed 8 WAFS, there were no significant differences in Zn concentrations between healthy and disordered fruit (Figure 4B). Healthy and disordered fruit also contained similar concentrations of Zn at 13 WAFS and when the fruit were ripe. Healthy fruit had significantly lower Zn concentrations than disordered fruit at 9, 11, and 12 WAFS, whereas Zn concentrations were lower in the disordered fruit than in healthy fruit at 10 WAFS. Zinc concentrations fluctuated widely from 10 to 14 WAFS in disordered fruit and from 11 to 14 WAFS in healthy fruit, fluctuating  $\pm 30$  to 60% from the concentrations observed 10 WAFS

Throughout the sampling period, Cu concentrations remained fairly similar in healthy compared to disordered fruit. However, Cu concentrations were significantly higher in healthy fruit than in disordered fruit when the fruit were ripe, whereas disordered fruit had higher Cu concentrations than healthy fruit at 9 WAFS (Figure 5A).

There were no significant differences in Mn concentrations between healthy and disordered fruit throughout most of the fruit development period (Figure 5B). The Mn concentrations of healthy fruit did not

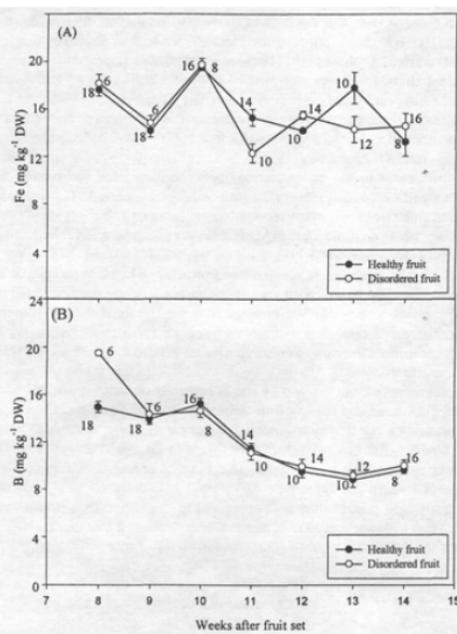
Figure 5. Concentrations of Cu and Mn in healthy and disordered 'Tommy Atkins' mangoes from first signs of internal breakdown to fruit ripeness. Values on the left or right of symbols represent the numbers of healthy and disordered fruit, respectively. Vertical bars represent  $\pm 1$  standard error. Absence of error bars indicates that the standard error bar was smaller than the symbol for the mean.

Figure 6. Concentration of Fe and B in healthy and disordered 'Tommy Atkins' mangoes from first signs of internal breakdown to fruit ripeness. Values on the left or right of symbols represent the numbers of healthy and disordered fruit, respectively. Vertical bars represent  $\pm 1$  standard error. Absence of error bars indicates that the standard error bar was



smaller than the symbol for the mean.

change significantly from 8 to 11 WAFS. During the same period, the Mn concentration in the disordered fruit had declined 20% by 10 WAFS. The Mn concen-



tration in the healthy fruit was significantly higher than that of the disordered fruit at 11 WAFS, whereas the reverse was observed at 13 WAFS. When the fruit were ripe, no differences in Mn concentrations were observed between healthy and disordered fruit.

The Fe concentrations in healthy fruit were similar to those in disordered fruit from 8 to 10 WAFS and when the fruit were ripe (Figure 6A). Iron concentrations

were higher in healthy fruit at 11 and 13 WAFS, whereas disordered fruit contained slightly higher Fe concentrations at 12 WAFS.

Healthy fruit had similar B concentrations as disordered fruit throughout most of the fruit development period, except at 8 WAFS, at which time B concentration was significantly higher in the disordered fruit than in the healthy fruit (Figure 6B).

## DISCUSSION

No relationship existed between fruit weight and the occurrence of internal breakdown. Subramanyam et al. (1971) reported an increased incidence of internal breakdown in 'Alphonso' mangoes with increasing fruit weight. In that study, the fruit were harvested at the mature-green stage and allowed to ripen in ventilated wooden boxes at  $28 \pm 30^\circ\text{C}$  and 60-90% relative humidity. When the fruit were ripe, the percentages of disordered fruit were 18.2%, 25.4%, 36.4%, and 44.5% for weight classes of <200 g, 200-250 g, 250-300 g, and >300 g, respectively. There are large differences in weight between 'Alphonso' mangoes and the 'Tommy Atkins' mangoes used in this study. 'Tommy Atkins' fruit weigh approximately 500 g at maturity (Figure 1). It is possible that the lack of correlation between the fruit fresh weight and the incidence of internal breakdown was due to the fact that the 'Tommy Atkins' fruit exceeded the weight range reported in the study of 'Alphonso' mangoes.

The incidence of internal breakdown in mango may not be the result of a nutrient deficiency since there were few differences in the concentrations of fruit mineral elements between healthy and disordered fruit. A number of studies have related high N concentrations to the incidence of physiological disorders in mango. Young (1957) observed an increasing incidence of soft nose with increased N fertilization of 'Kent' mango trees. In that study, the percentages of fruit with definite symptoms of soft nose were 7.7%, 9.6%, and 11.9% harvested from trees that received 90, 180, or 360 g of N, respectively. It was also observed that the severity of the disorder was higher for trees in acidic, sandy soils

than for trees in calcareous soils. A study of the effects of N and K fertilization on the incidence of internal breakdown in Tommy Atkins' fruit failed to produce conclusive evidence for a relationship between high N concentrations in the leaves and internal breakdown (Malo and Campbell, 1978). In that 5-year study, the treatments were 0.68, 1.36, and 2.72 kg of K tree<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, and 0.34, 0.68, and 1.36 kg of N tree<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (Malo and Campbell, 1978). In these previous studies, mineral element concentrations were only determined in leaves and there were no determinations of fruit mineral element concentrations.

Similar to the results observed in this study, Lad et al. (1992) reported that various application rates of N, P, and K did not have a significant effect on the occurrence of spongy tissue in 'Alphonso' mango, but N concentration in the fruit before ripening was not reported. The relationship between leaf N and internal breakdown has raised some controversy (Young, 1957; Young and Miner, 1961; Malo and Campbell, 1978). There is almost no information on the relationship between N concentration in mango fruit throughout fruit development and the incidence of the disorder. During the accelerated growth phase of mango fruit, cell enlargement takes place. During this period, excessive N in the fruit mesocarp may accentuate the cell enlargement process and, consequently, contribute to weakening of the structural arrangement of the cell wall polysaccharides. Higher N concentrations in the disordered fruit may also have resulted from *de novo* synthesis of enzymes such as the hydrolases,  $\alpha$ -amylase, and cellulases. An increase in the activity of these enzymes results in the breakdown of the starch molecules, cell wall softening, and also cell wall deterioration. Other enzymes such as ACC synthase, ACC oxydase, malic enzyme, and pectin methylesterase may also be involved. A study of the chemical composition of 'Alphonso' fruit indicated the activities of malic enzyme (7.2  $\mu\text{mol mm}^{-1} \text{mg}^{-1}$  protein) and pectin methylesterase (1.60  $\mu\text{eq min}^{-1} \text{mg}^{-1}$  protein) in disordered fruit were significantly higher than the activity levels (4.6  $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg}^{-1}$  protein and

0.97  $\mu\text{eq mm}^{-1} \text{mg}^{-1}$  protein, respectively) of the enzymes in healthy fruit (Krishnamurthy, 1981).

No differences in Ca concentrations were observed between disordered and healthy fruit at the beginning and at the end of the sampling period, i.e., when the fruit were youngest and when the fruit were ripe. These results are in agreement with observations made by Burdon et al. (1991) who observed no differences in Ca concentrations between disordered and healthy fruit of 'Beverly' trees at the same site, whereas significant differences in the percentages of disordered fruit existed between 'Kent' and 'Beverly' (Burdon et al., 1991). Similarly, Krishnamurthy (1981) was unable to correlate internal breakdown in 'Alphonso' mango with Ca deficiency in the fruit. The disordered mesocarp of 'Beverly' fruit had higher Ca concentrations than healthy mesocarp (Burdon et al., 1991). In that study, the fruit mesocarp was divided into exterior and interior portions of the mesocarp, and apical, mid, and stem-end sections. In our study, fruit tissues were not separated, i.e., each fruit was considered as a whole. Consequently, the differences between the results reported in this chapter and those reported by Burdon et al. (1991) may be related to fruit sectioning procedures. Internal breakdown may be the result of redistribution or compartmentalization of nutrients within the fruit (Burdon et al., 1991).

Leaf Ca concentrations have been considered to be a valuable criterion for predicting internal breakdown in mango (Malo and Campbell, 1978; Young, 1957; Young and Miner, 1961). Young (1957) and Young and Miner (1961) indicated that soft nose in 'Kent' was correlated with low foliar Ca concentrations, whereas Malo and Campbell (1978) did not find any relationship between leaf Ca concentrations and internal breakdown in 'Tommy Atkins' mangoes. However, the use of foliar analysis for predicting fruit disorders may not be the best criterion. Calcium primarily moves in the transpiration stream in the xylem (Kirkby and Pilbeam, 1984; Mengel and Kirkby, 1982), which is well developed in leaves. However, the xylem is reduced in the mesocarp of most fruit, and the vascular system mainly consists of phloem (Esau, 1977), in which Ca moves slowly. These

anatomical differences predispose mango fruit to limited Ca absorption compared to the leaf. Thus, in mango, leaves are probably stronger sinks for Ca than fruit. Therefore, the fruit nutritional status should be a better criterion to use for diagnostic purposes related to internal breakdown. Internal breakdown does not affect mango varieties with fibrous fruit (Malo and Campbell, 1978). This may be related to a more efficient vascular network in fibrous fruit. In addition to internal breakdown, Ca deficiency in the fruit has been associated with several other mango fruit disorders. Agarwala et al. (1962) observed that Ca concentrations in healthy 'Safeda' and 'Tamboori' fruit were more than twice those observed in fruit affected by the black tip disorder. Subramanyam (1971) also observed higher Ca concentrations in the healthy tissues (85 mg 100 g<sup>-1</sup>) compared to disordered tissues (74 mg 100 g<sup>-1</sup>) of 'Alphonso' fruit affected by internal breakdown. Gunjate et al. (1979) observed that dipping mango fruit in 5 or 20 g L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub> or Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> significantly reduced the incidence of spongy tissue and that treated fruit contained appreciably higher Ca concentrations than untreated fruit. However, Krishnamurthy (1982) did not observe any reduction of spongy tissue or an increase in the Ca concentrations when 'Alphonso' fruit were treated with 5 g L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub> in pre-harvest sprays, or with 5 g L<sup>-1</sup> CaCl<sub>2</sub> alone or in combination with 0.5 g L<sup>-1</sup> H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub> in post-harvest dips.

Disordered fruit contained higher P concentrations than healthy fruit when the disorder was first detected and when the fruit were ripe. These results are in agreement with observations previously reported by several researchers. Agarwala et al. (1962) observed that black tip-disordered tissues of 'Safeda' and 'Tamboori' fruit contained higher P concentrations than the healthy tissues, and that the P content decreased from the apex towards the base of the fruit. In a similar study of internal breakdown, Burdon et al. (1991) observed that the P concentration was higher in disordered 'Kent' and 'Beverly' mangoes than in healthy fruit. Disordered tissue of affected immature fruit also had a higher P level than healthy portions of the mesocarp.

Krishnamurthy (1981) also found higher P concentrations in 'Alphonso' fruit affected by spongy tissue (0.19 g 100 g<sup>-1</sup>) than in healthy fruit (0.12 g 100 g<sup>-1</sup>). It is difficult to find an explanation for the presence of elevated P concentrations in disordered tissue. Internal breakdown is considered to be a ripening disorder (Subramanyam, 1971). As such, it involves a number of biochemical processes such as softening, climacteric respiration, and ethylene production (Gomez-Lim, 1997). Phosphorylases are among the enzymes involved in starch degradation by adding phosphate to glycosidic molecules forming monosaccharide phosphate (Smith, 1993). There is no detailed information on the production of these substances in disordered mangoes. However, it is possible that the high P concentrations observed in the disordered fruit tissues are related to increased demand for phosphate-based substances such as ATP in the ripening tissues due to an increased respiratory rate and/or accelerated degradation of starch molecules, making the disordered fruit stronger sinks for P than healthy fruit.

There were no differences in fruit K concentrations between disordered and healthy fruit when the disorder first appeared or when the fruit were ripe. Young et al. (1962) and Malo and Campbell (1978) were also unable to correlate internal breakdown with leaf K levels. However, Burdon et al. (1991) reported that K concentrations in the disordered mesocarp of mature green 'Beverly' mangoes were significantly higher than those in the healthy mesocarp. Krishnamurthy (1981) reported lower concentrations of K in internal breakdown-affected fruit compared to healthy fruit. The differences between each of those studies and between those studies and the present study may be due to differences in the maturity stage at harvest. Immature and mature green fruit were used by Burdon et al. (1991) whereas Krishnamurthy (1981) used fruit that had ripened off the tree. In the present study, fruit were collected on a weekly basis until on-tree ripening occurred. Also, differences in K fertilization may have interfered with the fruit K concentrations observed in each

study. No information was given on the fertilization programs applied to the orchards where the fruit samples were collected by Burdon et al. (1991) and Krishnamurthy (1981).

The differences in Mg concentrations between disordered and healthy fruit were not significant during most of the fruit development period. This result is in agreement with results previously reported for 'Alphonso' fruit affected by internal breakdown, where no differences in Mg levels were found between disordered and healthy fruit (Krishnamurthy, 1981). Agarwala et al. (1962) reported higher Mg concentrations in the distal region of mango fruit affected by black tip compared to the intermediate or proximal portions. Although, black tip has been confused with internal breakdown it is probably an unrelated disorder. Burdon et al. (1991) observed that the disordered mesocarp of fruit with internal breakdown had higher Mg levels than healthy mesocarp. Further studies are needed to determine the role of fruit Mg concentrations in internal breakdown of mango fruit.

Concentrations of Zn, Mn, and Fe and B generally did not significantly differ between disordered and healthy fruit throughout the sampling period, although the B concentration in disordered fruit was significantly higher than that of healthy fruit 8 WAFS. The general lack of differences in Zn, Mn, Fe, and B between disordered and healthy fruit suggests that these micronutrients do not play a significant role in the incidence of internal breakdown. The higher Cu concentrations in ripe, healthy fruit compared to disordered fruit may be more related to fungicide application rates than to the incidence of the internal breakdown. Many of the fungicides used to control anthracnose of mango in south Florida contain Cu.

## CONCLUSIONS

Indisputable evidence for the role of any nutrient element including Ca in the occurrence of internal breakdown is lacking. No relationship between fruit Ca concentrations and internal breakdown was found. Thus, this study does not support the hypothesis that internal breakdown results from Ca deficiency.

Further studies are needed to elucidate the role of mineral nutrition in the development of internal breakdown of mango fruit. Such studies should include the use of radioactive markers for Ca and possibly other elements so that the incorporation of these elements in different tissues of the fruit could be followed. Fruit nutritional studies with mature mango trees in containers, whereby specific elements could be withheld to try to induce the disorder, may be essential to determine the role of mineral nutrient elements in internal breakdown. Except for P and Cu, there were no significant differences in mineral element concentrations between disordered and healthy fruit when the fruit were ripe. At the early stages of internal breakdown, N, P, Ca, and B concentrations were significantly higher in disordered fruit than in healthy fruit. These results indicate that a nutritional imbalance established early during fruit ontogeny may be responsible for internal breakdown. It is also possible that an unknown factor triggered the biochemical processes that resulted in those elevated N and P concentrations in the disordered fruit, resulting in the early ripening of the mesocarp.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank Mr. Frank Sesto for technical assistance, Brooks Tropicals, Inc. for use of their orchards, the Tropical Fruit Growers of South Florida Advisory Council for financial support of the project, and Drs. J.H. Crane and B. Dehgan for critical review of the manuscript.

## REFERENCES

- Agarwala, S.C., C.P. Sharma, and A. Kumar. 1962. The mineral nutrient element composition of the mango fruit, with particular reference to the 'black tip' disease. *J. Indian Bot. Soc.* 12:16-23.
- Burdon, J.N., K.G. Moore, and H. Wainright. 1991. Mineral distribution in mango fruit susceptible to the physiological disorder 'soft nose'. *Sci. Hort.* 48:329-336.
- Esau, K. 1977. *Anatomy of Seed Plants*. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.

- NY.
- Farre, J.M. and J.M. Hermoso. 1993. Mulching and irrigation effects on growth, cropping, and fruit quality of the mango cv. Sensation. *Acta Hort.* 341:295-301.
- Gomez-Lim, M.A. 1997. Post-harvest physiology, pp. 425-445. In: R. Litz (ed.), *The Mango: Botany, Production, and Uses*. CAB International Press, London, England.
- Gunjate, R.T., S.J. Tare, A.D. Rangwala, and V.P. Limaye. 1979. Effect of pre-harvest and post-harvest calcium treatments on calcium content and occurrence of spongy tissue in 'Alphonso' mango fruits. *Indian J. Hort.* 37:140-144.
- Hanlon, E.A., J.G. Gonzales, and J.M. Bartos. 1994. *Soil Testing Laboratory Chemical Procedures and Training Manual*. Circular 812, Institute Food and Agricultural Science, University of Florida, Gainesville, FL.
- Katrodia, J.S., D.A. Rane, and O.K. Salunkhe. 1988. Biochemical nature of spongy tissue in 'Alphonso' mango fruit. *Haryana J. Hort. Sci.* 10:151-154.
- Kirkby, E.A. and D.J. Pilbeam. 1984. Calcium as a plant nutrient. *Plant Cell Environ.* 7:397-405.
- Krishnamurthy, S. 1981. Chemical studies on internal breakdown in 'Alphonso' mango (*Mangifera indica* L.). *J. Hort. Sci.* 56:247-250.
- Krishnamurthy, S. 1982. Effect of calcium and boron on the incidence of internal breakdown in 'Alphonso' mango (*Mangifera indica* L.). *J. Food Sci. Tech.* 19:80-81.
- Lad, B.L., R.T. Gunjate, and M.J. Salvi. 1992. Cause and control measures of spongy tissue disorder in 'Alphonso' mango fruit: An integrated approach. *Maharashtra J. Hort.* 6:25-32.
- Lim, T.K. and K.C. Khoo. 1985. *Diseases and Disorders of Mango in Malaysia*. Tropical Press, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Malo, S.E. and C. W. Campbell, 1978. Studies on mango fruit breakdown in Florida. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci., Tropic Regional Region* 22: 1-15.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1982. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute, Bern, Switzerland.
- Ram, S. 1988. Factors associated with black tip and internal necrosis in mango and their control. *Acta Hort.* 231 :797-804.
- Ram, S., L.D. Bist, and S.C. Sirohi. 1988. Internal fruit necrosis of mango and its control. *Acta Hort.* 231:805-813.
- Schaffer, B. 1994. Mango disorders caused by abiotic factors, pp. 43-44. In: R.C. Ploetz, G.A. Zentmyer, W.T. Nishijima, K.G. Rohrbach, and H.D. Ohr (eds.), *Compendium of Tropical Fruit Diseases*. APS Press, St Paul, MN.
- Schaffer, B., K.D. Larson, C.A. Sanchez, and G.H. Snyder. 1988. Identification of mineral deficiencies associated with mango decline by DRIS. *HortScience* 23:617-619.
- Shear, C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *HortScience* 10:361-365.
- Smith, C.J. 1993. Carbohydrate biochemistry, pp. 73-112. In: P.J. Lea and R.C. Leegood (eds.), *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. John Wiley and Sons, Chichester, England.
- Srivastava, R.P. 1963. The black-tip disease of mango and control. *Punjab Hort. J.* 3:226-
- Subramanyam, H., S. Krishnamurthy, and N.V. Subhadra. 1971. Studies on internal breakdown, a physiological ripening disorder in 'Alphonso' mangoes (*Mangifera indica* L.). *Tropic. Sci.* 13:203-210.
- U.S.D.A. 1996. *Soil Survey of Dade County Area, Florida*. U.S. Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Venna, G.S. 1950. Tip pulp of the mango fruit. *Current Sci.* 8:246.
- Wainright, H. and M.B. Burbage. 1989. Physiological disorders in mango (*Mangifera Mica* L.) fruit. *J. Hort. Sci.* 64:125-135.
- Young, T.W. 1957. 'Soft nose', a physiological disorder in mango fruit. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 70:280-283.
- Young, T.W. and J.T. Miner. 1961. Relationship of nitrogen and calcium to 'soft nose' disorder in mango fruits. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 74:201-208.
- Young, T.W., R.C. Koo, and J.T. Miner. 1962. Effects of nitrogen, potassium, and calcium fertilization on 'Kent' mangoes in deep, acid, and sandy soil. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 75:364-371.
- Zhang, C., H. Huang, and Y. Kuang. 1995. A study of the cause of the mango black tip disorder. *Scientia Hort.* 64:49-54.

## La Sigatoka Noire (*Mycosphaerella fijiensis* Leach.), une menace pour la culture de la banane en Haïti

Carvil, O. N. Département de Phytotechnie, FAMV / UEH



Plantation de banane atteinte de sigatoka noire (courtoisie de L'Ing-Agr. P. G. Laurore SPV/MARNDR)

### Les bananes et plantains en Haïti

La banane (*Musa sapientum*) et les plantains (*Musa paradisiaca*) sont des monocotylédones appartenant à la famille des musacées. Ils dérivent en grande partie de l'hybridation intra ou interspécifique de deux ancêtres diploïdes : *Musa balbisiana* Colla et *Musa acuminata* Colla. De ces croisements sont issues des espèces qui peuvent se différencier par leur composition génomique : diploïdes, triploïdes et tétraploïdes (AA, AB, AAA, AAB, ABB, AB BB), et par leur phénotypes (port, taille, forme des fruits, goûts, réaction à certains facteurs de l'environnement...), les variations au niveau de la même espèce définissent des variétés ou des cultivars divers. Parmi les cultivars de génome de type AAA, résultant de l'hybridation intra spécifique de variétés de l'espèce *M. acuminata* se retrouvent : Gros-Michel, les cultivars du groupe Cavendish (locatan, Poyo, Grande Naine...) et la figue rose (2). La banane, couramment appelée en Haïti figue ou figue banane, de même que les plantains (généralement consommés après cuisson) sont de type AAB. On rencontre également la figue sucrée (AA), la figue pomme (ABB). De sorte qu'en fin de compte, la classification des musacées cultivées

demeure assez confuse et les dénominations latines *M. sapientum* pour désigner la banane figue et *M. paradisiaca* pour les plantains ne font qu'ajouter à la confusion. Déjà vers les années 1960 on dénotait un peu plus de 300 clones différents de banane (2)

La banane est originaire du Sud'Est asiatique et du sous-continent indien. On la retrouve tant sur les plateaux d'Afrique de l'Est (type AAA) que sur le littoral (AA). Les plantains représentent un sous-groupe dont l'Amérique Latine est le principal centre de diversification. Introduite à Saint-Domingue au début du XVIème siècle, la banane s'est très vite répandue à travers toutes les zones tropicales de l'Amérique. On la retrouve en Colombie, au Costa Rica, en Equateur, au Panama, au Mexique, au Brésil, à Cuba, en République Dominicaine. En Haïti, Les principales aires de production incluent la plaine de l'Arcahaie dans le département de l'Ouest avec près de 6500 ha, la Vallée des Trois-Rivières, Jean-Rabel et Saint-Louis du Nord dans le Nord-ouest (approximativement 2000 ha). Les bananiers se rencontrent également dans le Sud'Est (Marigot, Jacmel, Cayes-Jacmel), dans la Grande Anse (Abricot, Jérémie), dans le Plateau Central (Belladère), dans le Sud particulièrement la Plaine des Cayes et sur la côte sud du pays (Coteaux). Selon les annuaires de la FAO, la production de banane (tout type confondu) de la République d'Haïti, s'estimerait à 258.000 TM (1). La consommation annuelle per capita y serait de 36,5 kg (6). Le chiffre exacte des besoins en cette denrée en Haïti n'est actuellement pas disponible. Toutefois, si l'on se réfère à la situation de fait que représentent les importations officielles, non enregistrées au niveau de

l'administration des douanes ni des postes frontières, cette production serait déficitaire par rapport aux besoins totaux du pays.

Cet éventuel déficit de production pourrait s'expliquer par le faible rendement des plantations bananières haïtiennes. En effet, comparativement aux 25 – 30 TM/ha attendues en moyenne d'une plantation moderne, en Haïti le rendement moyen reste inférieur à 10 TM/ha (8). Ces faibles rendements sont le fait de pratiques culturales désuètes, résultant du manque d'encadrement des agriculteurs, de la qualité non contrôlée du matériel de propagation, de la carence ou de l'inefficacité des systèmes d'irrigation (quand ils existent), de l'indisponibilité ou de l'inaccessibilité des fertilisants chimiques, d'une technologie dépassée basée sur une culture de subsistance pratiquée par des agriculteurs livrés à eux-mêmes. De plus, la production bananière requiert des investissements relativement lourds que ne peuvent supporter les petits planteurs dont les contributions individuelles concourent à la quasi-totalité de la production nationale. L'absence de structures ou d'organismes de financement est la preuve indiscutable du peu d'intérêt accordé par l'état à ce secteur pourtant vital de la production agricole. Le crédit, une technologie améliorée et une planification adéquate demeurent de puissants leviers sur lesquels il faudra jouer pour améliorer la production agricole. L'absence de ces facteurs pourtant essentiels ou leur substitution par des procédés relevant bien plus du dilettantisme que de la technique, témoigne de l'insuffisance des programmes d'accompagnement.

En sus de ces problèmes, les plantations bananières du pays sont sou-

vent soumises à de fortes pressions parasitaires exercées par les nématodes, les vers blancs, les maladies virales, certains champignons dont *Fusarium oxysporum f. sp. cubense*, ou encore une bactérie (*Erwinia sp.*) d'introduction relativement récente mais qui a déjà prélevé un fort tribut sur les plantations de Marigot, ou de l'Archaie à la fin du siècle dernier. C'est dans cette situation déjà désastreuse qu'est apparue la maladie la plus redoutable des bananiers : la Sigatoka noire.

### La Sigatoka noire des bananiers, origine et distribution

Encore appelée Maladie des Raies Noires, Black leaf streak (dans le Pacifique), la Sigatoka noire (en Amérique Latine) est aujourd'hui, la maladie la plus redoutable des espèces du genre *Musa*. La maladie fut décrite pour la première fois par Leach aux îles Fiji (Océanie) en 1964 et fut attribuée à un champignon de la classe des ascomycètes *Mycosphaerella fijiensis* Leach. Environ cinq ans plus tard soit en 1969, une variante de ce champignon ou ce qui fut considérée comme telle à l'époque fut décrite sous le nom *Mycosphaerella fijiensis var. difformis* Mulder et Stover en Honduras. Durant quelques années, la confusion demeura quant aux différences réelles existant entre ces deux organismes. Aujourd'hui les mycologistes reconnaissent qu'il ne s'agit en fait que d'une seule et même espèce qu'ils s'accordent à désigner indépendamment de l'origine géographique sous le binôme latin *Mycosphaerella fijiensis*. Huit ans plus tard, la maladie a été retrouvée en Honduras (1972), d'où elle se serait disséminée en Amérique centrale, Mexique, Colombie, Equateur. De 1977 à 1979, elle fut successivement identifiée au Guatemala, Belize, Costa Rica, Nicaragua. La maladie mit un peu plus de dix ans avant d'atteindre les Caraïbes où elle fut observée pour la première fois à Cuba en 1992. En 1997, elle fut reconnue en République dominicaine et environ deux ans plus tard, soit en 1999, elle fut identifiée en Haïti, particulièrement à Jean

Rabel dans le Département du Nord-ouest.

### Biologie du pathogène

La sigatoka noire est provoquée par *Mycosphaerella fijiensis*, un ascomycète de l'ordre des dothideales (3). Comme *M. musicola*, responsable de la Sigatoka jaune, le champignon se reproduit par conidies et ascospores. Les conidies, spores asexuées produites sur conidiospores émergent des stomates. Ces spores sont produites bien plus abondamment sur la face inférieure des feuilles. Leur dissémination est assurée par la pluie et le vent, elles servent, principalement à la propagation à courte distance de la maladie.

La reproduction sexuée est assurée par des ascospores produites dans des asques à l'intérieur de structures appelées périthèces. En conditions de forte humidité relative, notamment entretenue par des pluies fréquentes ou la présence de rosée abondante, les ascospores sont libérées dans l'atmosphère; elles jouent un rôle particulièrement important dans l'extension des épidémies de sigatoka noire.

*M. fijiensis* est bien plus agressive que *M. musicola*. En effet, l'agent de la sigatoka noire a une gamme d'hôtes beaucoup plus large incluant les cultivars de bananes ainsi que la plupart de plantains généralement résistants à *M. musicola* (5). De même, dans le cas de la sigatoka noire, les lésions sporogènes apparaissent environ 20 à 30 jours après le début de l'infection, soit dix jours avant celles de la sigatoka jaune. Les premières conidies sont produites entre 28 et 34 jours après infection. Elles assurent la dissémination locale (courte distance) de la maladie. Les ascospores apparaissent dans les lésions environ trois à quatre semaines après les conidies et assurent la dissémination à longue distance de la sigatoka. Les infections secondaires sont particulièrement fréquentes dans le cas de la sigatoka noire, ce qui augmente considérablement le potentiel de production d'inoculum de ce champi-

gnon. Les ascospores également sont plus abondantes et arrivent à maturité bien plus rapidement. Ces propriétés expliquent la tendance de *M. fijiensis* à supplanter l'espèce voisine dans les plantations où les deux sont présentes simultanément (6, 5).

### Importance économique de la Sigatoka noire

La Sigatoka noire de la banane est une maladie particulièrement grave tant par l'étendue des dommages causés sur plantes individuelles que par sa vitesse de propagation. En effet, la maladie est capable de provoquer la défoliation extensive des plantes atteintes. La croissance des fruits déjà formés ralentit et finalement s'arrête au fur et à mesure que se poursuit la destruction du feuillage. Chez ces plantes, la maturation des fruits peut être précoce et irrégulière, leur durée de conservation est bien plus courte, ce qui les rend inaptes à l'exportation. Dans certains cas d'attaque sévère, la totalité des feuilles peut être détruite, laissant le régime pendant au bout d'un pseudo tronc chétif dont il finit généralement par entraîner la verse. Des pertes de rendement de l'ordre de 50% ont été imputées à cette maladie (9). Dans certains cas, elle peut entraîner la destruction totale d'une plantation. Pour l'année 1999 – 2000, des pertes monétaires de l'ordre de onze millions de gourdes (soit environ quarante mille dollars US au taux de change de l'heure) auraient été enregistrées dans le Nord-ouest suite à l'introduction de cette maladie selon les données du Projet des Petits Périmètres Irrigués (PPI) rapportées par Prophète et Charles (8).

La maladie s'attaque aussi bien aux bananes qu'aux plantains contrairement à la Sigatoka jaune à laquelle la grande majorité des plantains sont résistants. Ainsi, de par les dommages provoqués, de par l'étendue de sa gamme d'hôtes incluant aussi bien les espèces cultivées du genre *Musa* qu'une grande variété d'espèces sauvages; la Sigatoka noire constitue à terme une menace plus que sérieuse pour l'industrie

bananière. Cette menace est d'autant plus imminente pour les pays où, le maintien des structures médiévales de production rend la lutte chimique difficilement réalisable. L'introduction de cette maladie dans les bananeraies haïtiennes devait être une occasion de plus d'adopter des pratiques modernes, plus productives, plus aptes à supporter l'entrée inéluctable du pays dans le processus phagocytaire de la mondialisation. La Sigatoka noire de la banane vient, entre autre, relancer le débat entre une agriculture de masse condamnée à produire pour une population sans cesse croissante, tributaire du moins pour le moment de l'arme chimique, et une agriculture biologique dédaigneuse de cette dernière. La question préoccupante de l'heure, pour les consommateurs et les agriculteurs haïtiens engoncés dans une agriculture de cueillette, est celle-ci : A quand les variétés qui réunissent à la fois les caractères de résistance à cette pathologie, d'adaptabilité à nos conditions de culture, qui soient en plus garanties contre une trop grande sensibilité à des pestes endémiques et capables de satisfaire les goûts des consommateurs ? La réponse est dans une prise de conscience immédiate des responsables tant politiques que techniques des problèmes et besoins du pays en terme d'agriculture. Il est inconcevable que toutes les décisions techniques à ce niveau soient envisagées, prises et mises à exécution par des institutions étrangères. La banane est avec le riz, le maïs et le haricot une culture stratégique dont la production soutenue devrait être un objectif prioritaire de tout gouvernement haïtien soucieux du bien-être au moins nutritionnel de sa population.

### **Distribution géographique de la maladie en Haïti**

Depuis son identification à Jean-Rabel à la fin de 1999, la Sigatoka noire s'est relativement rapidement étendue à d'autres écosystèmes bananiers du département du Nord-ouest dont la Vallée des Trois-Rivières. Un peu plus tard, au dé-

but de 2001, elle a été signalée à Petit-Goâve puis à Léogane (Département de l'Ouest). Des témoignages non concordants pour le moment l'auraient rapportée dans la Plaine des Cayes. Elle est aujourd'hui présente au Plateau Central ainsi que dans le Département du Nord. Elle a depuis Septembre 2003 été identifiée à l'Arcahaie, la principale zone bananière du pays. Fatalité, ou négligence ? D'une manière ou d'une autre on devait s'attendre effectivement à l'apparition de la maladie dans d'autres zones bananières y compris l'Arcahaie. Toutefois, il ne s'agit pas d'une fatalité. L'absence de mesures propres à contenir l'épidémie ou à ralentir son extension explique ce passage rapide d'une zone à une autre du pays. De plus, à aucun moment un contrôle des importations en provenance de la république voisine où la maladie sévissait depuis 1997 n'avait été envisagé. Les pluies abondantes du dernier quadrimestre de 2003 aidant, la maladie a vite fait de s'étendre à Cabaret, commune contiguë à l'Arcahaie où les bananeraies occuperaient environ 3500 ha (8).

### **Les mesures de contrôle en Haïti**

L'introduction d'une maladie telle que la Sigatoka noire devrait être, sinon l'occasion, du moins un prétexte suffisant pour moderniser l'industrie de la banane pour ce qu'elle vaut en Haïti. De toute évidence, quand on considère que la lutte chimique demeure l'une des méthodes les plus efficaces et les plus largement employées pour lutter contre cette maladie dans les plantations commerciales, il est peu probable que les petits agriculteurs haïtiens puissent y faire face. En fait, comme le reconnaissent les praticiens, la Sigatoka noire est surtout dangereuse dans les systèmes où les fermiers sont incapables de supporter les dépenses exigées par la lutte... [chimique]. Ce qui malheureusement correspond au cas précis des milliers de petits fermiers haïtiens impliqués, ou mieux dépendant de cette culture. Dans ces conditions, l'applicabilité des mesures de lutte chimique reste condi-

tionnée par l'intervention soit directe des structures de l'état dans les plantations sous forme de petits projets à durée limitée, soit des ONG quand cela cadre avec leur programme de développement. Dans les deux cas, la durabilité de telles interventions restent questionnables. L'appropriation par les agriculteurs des pratiques vulgarisées et/ou réalisées dans les plantations avec l'aide des institutions suscitées étant à priori handicapée par l'incapacité des bénéficiaires à faire face aux coûts souvent élevés des traitements. A moins que les résultats de recherche, encore à entreprendre, permettent de réduire ces coûts en diminuant le nombre d'aspersions à l'année, en portant l'emphase bien plus sur les pratiques culturales.

Il reste, bien évidemment, l'alternative représentée par l'utilisation dans les plantations de variétés résistantes à la maladie. Cette option est d'ailleurs celle primée par le Ministère de l'Agriculture des Ressources Naturelles et du Développement Rural (8). Ainsi, différentes parcelles d'expérimentation ont été établies dans des régions du pays où la maladie est présente (Petit-Goâve, Port-de-Paix, Coteaux, ...). Des variétés telles FHIA-03, FHIA-21, FHIA-25, CRBP-39, PITA-16 ont été introduites dans des essais où sont testées la résistance à la maladie et l'adaptabilité agronomique. Dans cette course contre la montre, les variétés résistantes demeurent l'arme du pauvre avec tout ce que cela sous-entend. Ce sont en majorité des variétés exotiques qui entraînent en l'occurrence tous leurs problèmes d'adaptabilité, les risques aussi de transporter, par devers leurs introducteurs bien intentionnés, des virus ou autres atavismes dont la sensibilité à certaines maladies et pestes endémiques à Haïti, et qui en plus peuvent avoir à subir le "choc culturel" du refus des agriculteurs et des consommateurs. Les cultivars introduits peuvent en effet, avoir des caractéristiques agronomiques assez attrayantes sans présenter pour autant des qualités culina-

res aptes à les faire accepter par les consommateurs (7). Une variété telle la FHIA 21 par exemple est présente en République dominicaine, certes, mais uniquement dans les stations expérimentales. Dans le meilleur des cas, en adoptant l'optimisme des éminents collègues E. Prophète (Généticien) et P. Charles (Spécialiste de la culture de la banane), le MARNDR ne pourra assurer une diffusion significative des nouveaux clones que dans un délai de quatre à cinq ans (8). Evidemment, cinq ans peuvent paraître un délai raisonnable dans l'esprit des humains. Pour *Mycosphaerella fijiensis*, capable de produire des générations de spores [infectieuses] tous les 4 à cinq semaines, cinq ans, c'est plus qu'il n'en faut pour s'établir dans l'ensemble des zones bananières du pays et y provoquer d'incalculables dégâts. Cinq ans, c'est peut-être long pour cet intelligent organisme, mais c'est sans doute bien trop court pour l'inconsistance habituelle de nos actions en agriculture entre autre. Le riz dans l'Artibonite en a fait les frais. Lorsqu'en 1998, la maladie de la pourriture des gaines (Sheat Rot) ou paille noire fut identifiée, le secteur tout entier était en émoi. Certains y avaient vu le signe des temps, la fin de la riziculture haïtienne, d'autres au contraire avaient nourri l'espoir de la voir se relever sous l'impulsion des actions à entreprendre pour combattre la maladie. Il y eut des rencontres nationales et internationales, des colloques, des documents écrits, des programmes, des projets..., puis le riz "Miami" est arrivé, faisant de la Crête À Pierrot un souvenir du bon vieux temps. De même, de la fin des années 1980 au début de 1990, tous les efforts étaient concentrés sur le contrôle de la rouille du café, qu'en est-il aujourd'hui ? Le scolyte du café a également connu son heure de gloire; aujourd'hui, il suit tranquillement son petit bonhomme de chemin. Ainsi, les pestes qui nous envahissent ne s'en iront que si elles ont peur des premiers bruits qui ne manqueront pas de se faire autour d'elles. Mais si elles ne craignent

pas les concerts de casseroles, ou sont d'aventure sourdes aux clameurs; elles sont assurées de régner en maître, en toute "impunité".

### En guise de conclusion

Le problème de la Sigatoka noire de la banane est sérieux, aussi vrai que l'étaient la rouille du café il y a une quinzaine d'années, la paille noire du riz, le scolyte du café un peu moins longtemps. L'adoption à chaque fois de mesures intérimaires pour résoudre des problèmes "durables" est une perte de temps énorme, un gaspillage de ressources que souvent nous n'avons pas. Il importe de prendre des décisions capables d'influencer durablement le système. Ici, par exemple, la lutte contre la Sigatoka devrait être comme énoncé antérieurement le motif par excellence de modernisation de l'industrie bananière. Cela impliquerait l'adoption de mesures qui à première vue peuvent paraître démodées, dépassées, comme le remembrement des terres en banane, l'acquisition en commun de matériels et équipements pour la réalisation des traitements, la planification de ces derniers sur la base d'avertissements agricoles, la dynamisation de la recherche..., bref : la transformation de petits planteurs individuels en association d'entrepreneurs avertis. Faire de l'Agriculture, non point un petit négoce de survivants, mais un champ d'activité prospère, efficace et compétitif. Cela sous-entend de toute évidence un travail d'éducation de longue haleine, une lutte acharnée contre une forte tradition d'individualisme, contre le refus viscéral de laisser émerger l'homme social en quête du bien-être commun. Mais là où faute de temps, l'éducation peut être inopérante, la loi administrée par un Etat responsable, éprouvé dans sa volonté et sa capacité réelle de garantir le bonheur commun, se doit d'intervenir pour forcer la société au progrès.

### BIBLIOGRAPHIE

1. Anonyme. 1999. Annuaire de la Production Agricole. FAO 53 (156) : 251p.

2. Champion, J. 1963. Le Bananier. Ed. Maisonneuve & Larose. Paris, France. 263p.
3. Frossard P. 1981. *Mycosphaerella musicola* Leach. In: Maladies, ravageurs et mauvaises herbes des cultures tropicales. Eds. Jurgen Krantz, Heinz Schmutterer, W. Koch Verlag, Paul Larcy, Berlin et Hambourg. Pp.
4. Fullerton, R. A. 1994. Sigatoka leaf diseases. Pages 12 – 14 in : In Compendium of tropical fruit diseases. R. C. Ploetz, Z. A. Zentmyer, W. T. Nishijima, R. G. Rohrbach, H. D. Ohr, eds. APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota
5. Laville, E. 1983. Les cercosporioses du bananier et leurs traitements. Evolution des populations pathogènes. Généralités. Fruits, 38 (2): 75-82
6. Nozine G. 1997. La banane plantain dominicaine, une menace et un avertissement pour le producteur haïtien. PREPIPA/MARNDR. 22p.
7. Nowakunda, K., Rubaihayo, P. R., Ameny, M. A., Tushemereirwe W. 2000. L'acceptabilité des bananes exotiques par le consommateur ougandais. INFOMUSA, 9(2) : 22 - 25
8. Prophète, E. et P. Charles. 2003. Efforts du ministère de l'Agriculture pour contrôler la Sigatoka noire sur les bananiers plantains (bananes musquées) en Haïti. MARNDR, Bulletin Agricole 11 (7) : 12 -15
9. Torres, C. M. C., Gonzales, G. A. Y., Zapata, J. C. Sévérité de la Cercosporiose noire (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet et de la cercosporiose jaune *Mycosphaerella musicola* Leach) sur Musa AAB cv. « Dominica har-tòn » soumis à irradiation par <sup>60</sup>Co. INFOMUSA, 9(2) :16 - 21

# Exploitation des systèmes symbiotiques forestiers pour la production du bois de feu et la lutte contre l'érosion des Sols en Haïti

J. F. Félix, Directeur du Laboratoire de Biotechnologie végétale, Département Phytotechnie, FAMV/UEH

## Introduction

La déforestation d'Haïti a commencé depuis la période coloniale avec des exportations massives de bois de teinture (*Indigofera indica*, *Campechianum haematoxylon*) et de construction y compris navale. Par la suite, la régression des forêts s'explique par le besoin croissant de terre cultivable pour l'établissement de cultures vivrières (Maïs, Haricot, Manioc, Patate douce,...) et pour la mise en place dans des sites climatiques favorables, de systèmes agroforestiers (Cacaoyer, Caféier, Agrumes, Manguiers, ...). Ce système a fonctionné dans un certain équilibre pendant plus d'un siècle pour être ébranlé par la pression de plus en plus forte exercée sur la terre par une population à démographie galopante. De plus, les coupes anarchiques d'arbres pour la production de charbon de bois, de bois de chauffage ou de construction, se sont intensifiées avec le temps et la décapitalisation des masses rurales. Autant de facteurs qui ont contribué à transformer en zones presque incultes des forêts de plaine à cactées et d'épineux des régions semi-arides et à perturber des écosystèmes d'agroforesterie des zones d'altitude, laissant ainsi un milieu à faible potentiel biologique. L'érosion des sols de déclive se produit ainsi à un rythme effréné et leur fertilité baisse graduellement. Une ceinture de boue entourant les côtes d'Haïti après les moindres averses de pluie et qui résulte de la dispersion de la terre arable dans la mer des Caraïbes illustre bien cette situation de dégradation du milieu naturel.

Des efforts de reforestation effectués dans le passé par le Service des Eaux et Forêts du Ministère de l'Agriculture et actuellement par diverses organisations non gouvernementales (ONG) n'ont pas donné des résultats concrets en raison de l'absence d'appropriation de solutions

alternatives réalisables au moindre coût par les secteurs concernés (ménages, artisans, petite industrie, blanchisserie, construction). Il faut, de plus, signaler que le pourcentage de survie des plantules transplantées dans des milieux aux conditions édaphiques marginales reste assez faible.

Une approche plus judicieuse pour résoudre ce problème énergétique serait de produire du bois de chauffage sur les terres de plaine semi-arides tout en reboisant les bassins versants pour arrêter l'érosion des sols. En raison des moyens financiers très limités, il serait indiqué d'utiliser les écosystèmes au mieux de leur potentiel en évitant autant que possible de faire appel à des intrants extérieurs. Le succès d'une pareille approche repose sur un choix judicieux des espèces d'arbre à introduire et doit prendre en compte l'aspect tant agronomique qu'économique. La priorité devrait être donnée à la sélection d'espèces qui, en plus de leur intérêt agro-économique (croissance rapide, importante production de biomasse) doivent être capable d'améliorer le sol. L'identification de variétés ou clones d'espèces à fort potentiel de fixation d'azote atmosphérique et capables d'utiliser efficacement d'autres éléments nutritifs spécialement le phosphore natif du sol grâce aux associations ecto et/ou endomycorhiziennes, constitue un objectif primordial à atteindre.

La capacité d'une espèce telle *Casuarina equisetifolia* d'avoir une bonne croissance en sol pauvre déficient en azote, grâce à une association symbiotique avec *Frankia* et sa sensibilité à l'infection par un champignon mycorrhizien pour une meilleure alimentation en phosphore doit retenir l'attention. L'Acacia (*Acacia mangium*), une légumineuse à croissance rapide et très fixatrice

d'azote, est une espèce exotique très prometteuse pour la protection des bassins versants. Elle peut jouer un grand rôle dans les systèmes d'agroforesterie avec des retombées économiques rapides

## Etat actuel de nos connaissances

La carence en bois de chauffage, la rareté de ressources alimentaires tant pour l'homme que pour les animaux, l'érosion accélérée et la baisse continue de la fertilité des sols constituent des problèmes majeurs pour beaucoup de pays en développement. L'application des biotechnologies dans les domaines forestiers devait contribuer à résoudre progressivement les problèmes d'insuffisance alimentaire et énergétique par le biais de plantations rationnelles de plantes pour combler les besoins énergétiques et contribuer au développement de l'agroforesterie. Ces nouvelles technologies s'appliquent non seulement aux arbres vivants en association symbiotique avec des micro-organismes fixateurs d'azote et des champignons mycorrhiziens capables de solubiliser le phosphore natif du sol mais aussi aux méthodes modernes d'amélioration du matériel végétal (Redhead, 1968 ; Janos, 1980 ; Posingham *et al.*, 1971).

En fait, les ligneux fixateurs d'azote atmosphérique (en particulier les légumineuses) sont souvent recommandés pour faire face aux problèmes de fertilité dans les pays en voie de développement (NAS, 1980). Grâce à leur capacité de fixation de l'azote atmosphérique, ces espèces s'établissent relativement facilement et produisent une biomasse importante même dans des écosystèmes pauvres en éléments nutritifs. Elles constituent des sources potentielles d'énergie renouvelable et de multiples produits de base et de services (NAS, 1980 ; Brewbaker *et al.*, 1981). En plus d'améliorer la fertili-

té des sols appauvris, elles peuvent participer au contrôle de l'érosion en zones de déclive.

Certains arbres fixateurs d'azote forment une symbiose tripartite composée de l'hôte, d'une bactérie (*Rhizobium*) ou d'un actinomycète (*Frankia*) et d'un champignon mycorrhizien (Rose et Younberg, 1981 ; Diem et Gauthier, 1982). Ils représentent très souvent une composante très importante des écosystèmes arides et semi-arides car, en plus de leur aptitude à établir des symbioses bénéfiques, nombre de ces arbres ont la capacité de développer un système racinaire profond (Phillips, 1963) et manifestent une grande adaptation physiologique au stress hydrique et à la salinité (Nielsen *et al.*, 1983 ; Felker *et al.*, 1981). Ceci explique la prédominance de ces espèces dans les écosystèmes pauvres en azote, telles les plaines tropicales à cactées et les zones désertiques (Richard, 1952 ; Formann et Hahn, 1980 ; Martin, 1948).

En dépit du potentiel élevé des arbres fixateurs d'azote, très peu d'études ont été effectuées pour évaluer l'efficacité des plantules inoculées avec des micro symbiotes. Il est couramment admis que la quantité de N fixée par ces plantes dans le milieu naturel, peut être limitée par de nombreux facteurs dont la faible population, l'inefficacité de souches de *Rhizobium*, et certains autres facteurs liés à l'environnement même de la plante. Les légumineuses ont été traditionnellement utilisées comme haies vives, source d'énergie ou comme arbres d'abri pour les cultures de rente. Au Mexique par exemple, c'est seulement récemment que certaines de ces espèces ont été introduites dans les aires de production (Roskoski *et al.*, 1986). Le succès de ces introductions a été, en grande partie, rendu possible grâce au développement récent de projets de recherche pour la maîtrise de la biologie des symbioses fixatrices de N chez les ligneux. La biologie des interactions ecto ou endomycorrhizes et nodules racinaires fixa-

trices de N est relativement connue. L'amélioration de la productivité d'arbres établis dans des conditions édaphiques et climatiques défavorables est fondée sur une meilleure exploitation des associations symbiotiques et sur les méthodes modernes d'amélioration végétale.

Les premiers résultats obtenus dans le domaine de la biotechnologie forestière pour le reboisement ou la reforestation sont très encourageants et leur application dans le cadre de projets du même type peut être justifiée. Des résultats intéressants ont été obtenus avec des espèces telles : *Prosopis juliflora*, *Leucaena leucocephala* dans le Nord-Est brésilien ou avec *P. Juliflora*, *Acacia modesta* et *A.catechu* en Inde (Lima, 1986 ; Mukerji et Anita Kapoor, 1986).

### Deux espèces prometteuses pour Haïti

La première, *Casuarina equisetifolia* Forst, couramment appelée Filao appartient à la famille des Casuarinacées et est originaire de l'Australie. Elle fait partie des plantes actinorhiziennes qui comportent environ 200 espèces (non légumineuses) appartenant à 24 genres et huit familles. Ces plantes sont nodulées par un micro-organisme fixateur de l'azote atmosphérique connu sous le nom de *Frankia* (Akerman et Dykvan, 1981 ; Bond, 1983 ; Le Chevalier, 1983). La famille des Casuarinacées comporte à elle seule 82 espèces (arbres et arbustes) endémiques majoritairement d'Australie, d'Asie du Sud-Est et des Iles du Pacifique (Sellsted, 1988). Elles sont généralement utilisées pour la production de bois de chauffage et pour augmenter la production des forêts naturelles et de plantation (Sellsted, 1988).

Dans certaines parties du monde, les espèces du genre *Casuarina* sont parfaitement intégrées dans les systèmes agroforestiers. Un exemple classique est celui de la Nouvelle Guinée Papouasie, où *C. oligodon* et *C. papuana* sont intégrées dans un système d'altitude, tandis que *C.*

*equisetifolia* est cultivée en association avec d'autres cultures (Thiagalingam, 1983 ; Bourke, 1985). En Inde, *C. equisetifolia* est cultivée en association avec l'arachide, le sésame et d'autres légumineuses à graines comestibles (Konda, 1981). En Tunisie, *C. glauca* est utilisée comme brise-vent tandis qu'au Sénégal, *C. equisetifolia* est plantée sur les franges maritimes pour protéger les cultures maraîchères contre l'avancement des dunes de sable (Dommergues, 1987).

Le genre *Casuarina* stricto sensu est habituellement bien nodulé (Reddel et Bowen, 1985). L'espèce *C. equisetifolia* est classée à côté de *Acacia mangium* et de *Leucaena leucocephala* comme des espèces à fort potentiel de fixation de N se retrouvant dans la gamme de 100 à 300 kg/ha/an de N fixé (Dommergues, 1987). Le poids sec d'un nodule de *C. equisetifolia* est d'environ 500g et plus pour un arbre âgé de 13 ans (Cao Yue Huan, comm. pers.). Cette nodulation importante explique la forte potentialité fixatrice de N de l'espèce. Dans une expérience réalisée en microparcelles irriguées à la station ORSTOM à Dakar (Sénégal), un clone sélectionné de *C. equisetifolia* fixe 42,5 g par plante durant les neuf premiers mois suivant la plantation. Ce qui correspond à 11,3 kg/an de N pour une plantation de 2000 plants (Sougoufara *et al.*, 1986). Pour une plantation de *C. equisetifolia* établie en condition pluviale sur les dunes de sable des côtes sénégalaises, la fixation de N est estimée à 58kg/ha/an (Diem et Dommergues, 1983). Cette espèce peut également être utilisée pour la récupération des sols affectés par le sel. Des études effectuées en Australie par Bowen et Rosbrook (1968) ont montré que *C. obesa*, inoculée avec une souche de *Frankia* résistante au sel, pousse en dépit d'une concentration de 15000ppm de NaCl (approximativement la concentration de l'eau de mer).

Dans le but de bénéficier pleinement du potentiel de *C. equisetifolia*, des recherches ont été effectuées pour

trouver la combinaison plante-microsymbiote la plus performante. Le genre *Casuarina* est infecté par un microorganisme filamenteux *Frankia sp.* avec lequel, il forme des nodules racinaires appelés actinorhises (Aldrich et Blanke, 1932) ; Beeking, 1977 ; Bond, 1957 ; Janse, 1987 ; Reddel *et al.*, 1986 ; Torrey, 1976). Il existe environ 160 espèces connues d'angiospermes capables de former des symbioses fixatrices de N avec *Frankia sp.* (Akkerman et Dijkvan, 1981 ; Le Chevalier, 1983). Un très grand nombre de souches de cet organisme ont été isolées de nombreuses espèces (non légumineuses) depuis le succès de son isolement à partir de *Comptonia peregrina* (Callaham *et al.*, 1978). L'isolement de *Frankia sp.* à partir de nodules de *C. equisetifolia* a été rendu possible par Diem et Dommergues en 1963. La culture industrielle de *Frankia* inclus dans l'alginate permet la préparation d'inoculum stable même dans les conditions sévères d'alcalinité, d'acidité ou d'aridité des milieux tropicaux. Cet inoculum d'une technologie perfectionnée est facile d'utilisation en pratique forestière (Dommergues *et al.*, 1989).

Les recherches sur la fixation de N chez *C. equisetifolia* ont démontré que les semis de cette espèce présentaient des variations considérables dans leur vitesse de croissance et dans leur nodulation (Gauthier *et al.*, 1985). Depuis quelques années, les chercheurs ont recours au bouturage pour multiplier ces espèces (Somosundaran et Jagadees, 1977 ; Hussain et Ponnuswamy, 1980 ; Lundquist et Torrey, 1984 ; Ellakany et Shepherd, 1984). Une méthode de micropropagation spécifique à *C. equisetifolia* a été mise au point par Sougoufara *et al.* en 1986 en vue d'identifier plus facilement les individus caractérisés par des potentiels de fixation de N différents et de multiplier à grande échelle des clones sélectionnés pour leur forte capacité fixatrice. D'après cette étude, la différence entre clones est liée à leur aptitude à la nodulation. Cette variabilité intraspécifique chez le genre *Casuarina* peut être

exploitée pour accroître la fixation de N des arbres par sélection clonale. Chez *C. equisetifolia*, la sélection des clones peut être effectuée dès le sixième mois du cycle végétatif de la plante et peut conduire à un accroissement de plus de 50% du pouvoir fixateur et un doublement de la biomasse (Sougoufara *et al.*, 1986).

De plus, on sait que tous les genres appartenant à des espèces non légumineuses fixatrices de N peuvent héberger des endomycorhizes vesiculo-arbusculaires (Trappe, 1979). La présence de ces endomycorhizes chez *Casuarina sp.* a été rapportée par Rose en 1980. L'association des racines de plantules avec ces microorganismes est susceptible d'accroître la fixation de N et la productivité des arbres même dans des conditions édaphiques défavorables, notamment dans les sols déficients en phosphore assimilable (Rokosky *et al.*, 1986). Les travaux de Diem et de Gauthier (1982) ont montré que l'infection par *Glomus mossae* de plantules de *C. equisetifolia* antérieurement inoculées avec *Frankia* (appliqué sous forme de broyat de nodules) entraîne un doublement du poids des nodules et de la teneur en N total des plantes.

La conjugaison de la sélection clonale et de l'inoculation avec des souches spécifiques de *Frankia* et de mycorrhiziens peut quadrupler la production de l'arbre. Les résultats des diverses recherches présentées dans cette revue sont particulièrement prometteurs et indiquent qu'à court terme, il est possible d'accroître de manière importante la production de biomasse chez *C. equisetifolia*. Introduite depuis plusieurs décennies en Haïti, cette espèce a souvent été utilisée comme plante d'ornement et de fixation des talus en bordure des routes. Son établissement dans les terres marginales des plaines semi-arides, en utilisant les biotechnologies nouvelles, permettra de produire à court terme du bois de chauffage pour usage domestique et à long terme, de récupérer ces terres.

La deuxième espèce, *Acacia mangium*, appartient à la famille des Mimosoïdeae et est originaire du climat pluvieux de Queensland en Australie. C'est probablement l'espèce d'*Acacia* la plus prometteuse pour la production de biomasse et la reforestation en zone tropicale humide. Cette légumineuse à croissance très rapide est à la fois peu exigeante sur le plan nutritionnel et excellente fixatrice de N. L'espèce est classée parmi les arbres à croissances rapides à côté de *Gomelina arborea* et *Albizia falcataria* considérés comme les arbres ayant les plus fortes vitesses de croissance connues (NAS, 1979). En milieu favorable, des spécimens de *Acacia mangium* atteignent 23 mètres de haut et 23 cm de diamètre après une période de 9 ans seulement, donnant ainsi une production de 413 m<sup>3</sup> de grumes à l'ha, soit une production annuelle de 46 m<sup>3</sup>/ha (NAS, 1979). L'espèce est aussi caractérisée par une très bonne adaptation aux conditions les plus adverses de l'environnement. Selon le même rapport de la NAS, en sol pauvre, *A. mangium* surpasse *Gmelina arborea*, *Albizia falcataria*, *Pinus caribaea* et d'autres espèces testées. Il arrive à produire 20 m<sup>3</sup> de grumes/ha même sur des sols latéritiques acides et pauvres en éléments nutritifs.

Cette légumineuse ligneuse de zone humide a un fort potentiel de fixation de N. Elle pourrait fixer entre 100 et 300 kg de N/ha/an (Dommergues, 1987). Ce potentiel peut être certainement amélioré de façon considérable par la sélection tant de la souche de Rhizobium que de la plante-hôte elle-même. Très peu de travaux ont été réalisés sur les systèmes symbiotiques chez *Acacia mangium*. Les quelques données existantes proviennent des travaux réalisés au laboratoire de Biotechnologie des Systèmes Symbiotiques Forestiers Tropicaux (BSSFT) de Nogent-sur-Marne (France). Le groupe de chercheurs du BSSFT a étudié plus particulièrement la biologie des symbioses fixatrices de N chez cette espèce en adoptant l'ap-

proche tant microbienne (amélioration du micro symbiote) que végétale (amélioration de la plante hôte). Le matériel végétal a été amélioré à partir de techniques de micropropagation. Dans le même temps, les recherches ont porté sur la sélection et la génétique de souches des *Rhizobium* (BSSFT, 1986). Ainsi a été constituée une collection de 28 souches de *Bradyrhizobium* et de deux souches de *Rhizobium*.

La micro propagation de *A. mangium* en vue de l'obtention de matériel végétal homogène et une technique originale de culture aseptique permettant de tester les souches de *Rhizobium* dans les conditions rigoureuses, ont été mises au point. Cette technique permet de cribler les clones de *A. mangium* les plus performants dans leur aptitude à fixer N en association avec les souches de *Rhizobium* sélectionnées. La symbiose entre les deux organismes a été ainsi réalisée en conditions contrôlées à partir de matériel végétal issu de clones.

L'espèce *Acacia mangium* s'est aussi révélée une plante mycotrophe. Des souches natives de champignons mycorrhiziens appartenant à deux espèces : *Pisolithus sp.* et *Phlebopus sudanensis*, sont apparues les plus agressives et les plus efficaces. La technique d'inoculation avec des champignons ectomycorrhiziens est actuellement complètement applicable (Schenck, 1982). Cette légumineuse a en plus l'avantage d'être semée directement et semble aussi apte à contrôler l'érosion. Sa plantation peut être recommandée dans des aires écologiques appropriées et peut contribuer à la production de bois, de produits de base et de services plus rapidement que les espèces indigènes.

#### Propositions de recherche

Notre proposition principale consisterait à montrer qu'il est possible, à partir de ces deux espèces *Casuarina equisetifolia* et *Acacia mangium*, de produire du bois de feu (une partie de nos besoins énergétiques) dans les zones de plaine aux conditions édaphiques marginales et de reboiser

les sols des pentes dégradées d'Haïti, recréant ainsi des agrosystèmes fertiles

A cette fin, des essais sur les techniques d'inoculation pour assurer l'établissement des plantations de ces deux espèces vivant en symbiose avec des microorganismes fixateurs de N et de P et à croissance rapide seraient une piste de recherche à explorer.

#### Références

Akkermans A. D. L., Dijk Van C. 1981. Non-leguminous root nodule symbioses with actinomycetes and *Rhizobium*. In : Broughton W. J. Nitrogen Fixation, Ecology vol. 1. Oxford Univers. Press. New York pp 57 – 103.

Akkermans , A. D. L., Hoovers, H. 1983. Morphology of nitrogen fixer in forest ecosystems. In : Gordon J. C. and Wheeler C. T., eds. Biological Nitrogen Fixation in Forest Ecosystems. Foundations and Applications. The Hague : Nijhoff/Junk.

Aldrich-Blake, F. N. 1932. On the fixation of atmospheric nitrogen by bacteria living symbiotically in root nodule of *C. equisetifolia*. Oxford for Memo. 14.

Becking, J. M. 1977. Endophyte and association establishment in non-leguminous nitrogen fixing plants. In : recent Developments in Nitrogen Fixation. Newton, W., J. R. Postgate and R. Barrueca, eds. Academic Press, London. Pp 551 – 567

Bond , G. 1983. Taxonomy and distribution of non-legume nitrogen fixing system. In : J. C. Gordon and C. T. Wheeler, eds. Biological Nitrogen Fixation Forest Ecosystem : Foundations and Applications. The Hague : Nijhoff/junk

Bond , G. 1957. The development and significance of the root nodules of *Casuarina*. Ann. Bot.(Lond) NS 21, 373-380.

Bourke, R. M. 1985. Food coffee and casuarina : an agroforestry system from the Papua New Guinea highlands. Agroforestry Systems 2 :273

–9.

Bowen, G. D. and P. A. Rosbnook. 1968. The management of nitrogen fixation by *Casuarina*. CSIRO and ACIAR (Mimeo)

Brewbaker, J. L., Van Den Belt and Mac Diken K. 1981. Nitrogen fixing trees resources. In : Proceedings of the International Workshop on Biological Nitrogen Fixation Technology of tropical Agriculture. CIAT. Cali, Colombia.

Callahan, D., P. del Tredici and J. G. Torrey. 1978. Isolation and cultivation in vitro of the actinomycete causing root nodulation in *comptonia*. Science (Washington D. C.) 199 : 899 – 902.

Diem H. G. et D. Gauthier. 1982. Effet de l'infection endomycorrhizienne (*Glomus mossae*) sur la nodulation et la croissance de *Casuarina equisetifolia* C. R. Acad. Sci. Paris t. 294p.

Diem, H. G. and Dommergues, Y. R. . 1983. The nodulation of Frankia from nodules of *Casuarina*. Can J. Bot. Vol 61(11) : 2822 – 2825.

Dommergues, y. R. 1987. The role of biological nitrogen fixation in agroforestry. In : Agroforestry, a Decade of development. Howard A. Steppler and P. K. Ramachandran Nair, pp 245 – 271.

Dommergues, Y. R., Diem D. G. , K. Ben Khalifa, M. Neya. 1989. Recent advances in the inoculant technology with special emphasis on plant symbiotic microorganisms. Basite Law. CNR 0018 – 4.

Ellakany, M. H. and Shepherd, K. R. 1984. Preliminary observations on stump propagation in *Casuarina cunninghamiana*. Australian Forest research, 14 : 243 – 247.

Felker, P. 1986. Forest Ecology and management 16 : 1 – 4. In : Tree Planting in Semi-Arid Regions. Felker P. and Elsevier eds.

Felker, P., Clark, P. R.k, Laag, A. E. and Pralt, P. F. 1981. Salinity tol-

- erance of threelike legumes mesquite (*Prosopis glandulosa* var *torreya*, *P. veludina*, *P. articulata* and *P. tamarugo*) growing in sand culture on nitrogen free media. *Plant and Soil*, 61 : 311 – 317.
- Gauthier D., Diem, H. G., Dommergues Y. R., Garry F. 1985. Assessment of N<sub>2</sub> fixation by *Casuarina equisetifolia* inoculated with *Frankia* ORS 21001 using 15N methods. *Soil Biology and Biochemistry* 17 : 375 – 379.
- Gauthier D., Diem, H. G., Dommergues Y. R. 1984. Tropical and Subtropical Actinorhizal plants. *Presq. Agropec. Bras.* 19 : 119 – 136.
- Husain, A. M. M., P. K. Ponnuswamy. 1980. Propagation of *Casuarina junghuhniana* by planting shoots and roots suckers. *Indian Forest*. 106 : 298 – 299.
- Janse, J. M. 1987. Les endophytes radicaux de quelques plantes javanaises. *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg* 14, 53 – 201.
- Janos, D. P. 1980. Vesicular Arbuscular Mycorrhizae affect lowland of tropical rain forest plant growth. *Ecology* 61 : 151 – 162.
- Kondas S. 1981. *Casuarina equisetifolia*. A multipurpose cash crop in India. In : S. J. Midgley, J. W. Turnbull and R. D. Johnson eds. *Casuarina : Ecology management and utilisation*. Melbourne CSIRO.
- Le Chevalier M. P. 1983. Cataloguing frankia strains. *Can. J. Bot.* 61 : 2964 – 2967.
- Lundquist, R., J. G. Torrey. 1984. Propagation of *Casuarina* species from rooted stem cuttings. *Botanical gazette*. 145 : 378 – 384.
- Martin. 1948. *Soil Con. Ser. Regional Bull.* 107 Plant Studies Series N0 4. USDA.
- Nielsen, E. T., Sharifi, M. R., Rendel P. W., Jarrel W. M. and Virginia R. A. 1983. Diurnal and seasonal water relations of the desert phreatophyte *Prosopis glandulosa* (honey Mesquite) in the sonoran desert of California. *Ecol.* 64 : 1381 – 1393.
- N.A.S. (National Academy of Science). 1977. *Leucaena. Promising Forage and Tree crop for the Tropics*. Washington D. C. 115 pp.
- N.A.S. (National Academy of Science). 1979. *Tropical Legumes: resources for the future*. Washington D. C. 331 pp.
- N.A.S. (National Academy of Science). 1980. *Firewood crops. Shrub and tree species for energy production*. Washington D. C. 237 pp.
- Phillips, W. S. 1963. Depth of root in soil. *Ecol.* 44 : 424 – 430.
- Possingham, J. V., Obbink, G. J., Jones, R. K. 1971. Tropical Legumes and vesicular-arbuscular mycorrhizae. *J. Aust. Agr. Sce.*, 160 – 171.
- Rapport BSSTF 1986. Laboratoire de Biotechnologie des Systèmes Symbiotiques Forestiers Tropicaux de Nogent-sur-Marne. *Revue Bois et Forêts des Tropiques* no 213.
- Rapport OEA. 1972. Mission d'Assistance Technique Intégrée. Secrétariat Général Organisation des Etats Américains. 656pp.
- Redhead, J. F. 1968. Mycorrhizal association of some nigerian forest trees. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 51 : 377 – 387.
- Reddell, P., Bown G. D. 1985. *Frankia* source affects growth nodulation and nitrogen fixation in *Casuarina* species. *Nes Phytol* 1000 : 115 – 122.
- Reddell, P., Bown G. D., Robson, A. D. 1986. Nodulation of *Casuarinaceae* in relation to host species and soil properties. *Aust. Journal Biol.* 34 : 435 – 444.
- Richards, P. W. 1952. *The tropical rain forest : An ecological study*. Cambridge University Press. London 450 pp.
- Rose, S. L. 1980. Mycorrhizal associations of some actinomycete nodulated nitrogen fixing plants. *Can. J. Bot.* 58 : 1449 – 1454.
- Rose, S. L., Younberg C. T. 1981. Tripartite association in snowbush (*Ceanothus velutinus*) : effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae on growth, nodulation and nitrogen fixation. *Can. J. Bot.* 59 : 33 – 43.
- Roskoski, J. P., I. Pepper, E. Pardo. 1986. Inoculation of leguminous trees with *Rhizobia* VAM fungi. In : *tree Planting in Semi-Arid Regions*. Ed. Felker pp 57 – 68.
- Schenck, N. C. 1982. *Methods and Principles of Mycorrhiza Research*. American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota.
- Sellstedt, A. 1988. Nitrogenase activity, hydrogenase evolution and biomass production in different *Casuarina* symbiosis. *Plant and Soil* 105 : 33 – 40.
- Sougoufara, B., E. Duhoux, M. Corbasson, Y. Dommergues. 1986. Amélioration de la fixation biologique d'azote chez le Filao (*Casuarina equisetifolia*) par selection clonale. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 211 : 47 – 51.
- Somasundaran, T. R. and Jagadees, S. S. 1977. Propagation of *Casuarina equisetifolia* Forst. By planting shoots. *Indian Forester*, 103 : 734 – 738.
- Thiagalingam, K. 1983. Role of *Casuarina* in agroforestry. In : S. J. Midgley, J. W. Turnbull and R. D. Johnson eds. *Casuarina ecology, management and utilization*. Melbourne CSIRO.
- Torrey, J. G. 1976. Initiation and development of root nodules of *Casuarina* (*Casuarinaceae*). *Ann. J. Bot.*, 63 : 335 – 344.

## Principales caractéristiques physico-chimiques des terres rizicoles de la Vallée de l'Artibonite (Haïti) et disponibilités réelles en éléments majeurs

J. Louissaint, Département de Ressources Naturelles et Environnement / FAMV / UEH et P. Duvivier, Département de Phyto-technie / FAMV / UEH.

### Résumé

Louissaint J. et Duvivier P. 2005. Principales caractéristiques physico-chimiques des terres rizicoles de la Vallée de l'Artibonite (Haïti) et disponibilités réelles en éléments majeurs. RED 2 (1): 32–36

Dans le but de rationaliser l'usage des engrais minéraux pour la fertilisation de la culture du riz dans la Vallée de l'Artibonite, une étude a été réalisée pour déterminer les principales caractéristiques physico-chimiques des sols. Cinquante échantillons de sol ont été prélevés entre 0 et 30 cm de profondeur et 50 autres entre 30 et 60 cm à raison d'un point de sondage dans chacune des 50 localités sous étude. Le pH, la texture, la conductivité électrique, le taux de matière organique et les teneurs en éléments majeurs ont été dosés au Laboratoire des Sols de la FAMV. Les résultats ont montré que les sols sont en général limono-argileux avec en moyenne 28.8% de sable, 30.2% de limon et 41 % d'argile entre 0 et 30 cm ; 28.98 % de sable, 31.12% de limon et 39.80 % d'argile entre 30 et 60 cm. Ils sont neutres à légèrement alcalins avec des pH compris entre 7.25 et 7.96 entre 0 et 30 cm ; 7.34 et 8.03 entre 30 et 60 cm de profondeur. Leurs teneurs en éléments majeurs sont élevées (N : 0.18%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 12.92 ppm, K<sub>2</sub>O : 0.29 méq/100g entre 0 et 30 cm ; N : 0.11 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 14.99 ppm, K<sub>2</sub>O : 0.28 méq/100 g entre 30 et 60 cm). Le taux de matière organique est moyen (1.69 % en moyenne entre 0 et 30 cm ; 1.38 % entre 30 et 60 cm). La conductivité électrique est en général faible (0.54 mmhos/cm entre 0 et 30 cm et 0.59 mmhos/cm entre 30 et 60 cm) à l'exception de deux localités (Hatte Desdunes et Grand Hilaire) où les valeurs de la conductivité électrique sont respectivement 2.47 et 2.80 mmhos/cm. Dans ces zones, des problèmes de salinité se posent.

### Mots clés

Vallée de l'Artibonite, sol, culture du riz, pH, texture, conductivité électrique, azote, phosphore, potassium, matière organique, salinité.

### Abstract

Louissaint J. et Duvivier P. 2005. Main physical and chemical characteristics of rice productive soils at Artibonite Valley (Haïti) and N P K nutrient disponibilities. RED 2 (1): 32–36

Soil main physical and chemical properties were studied for the Artibonite Valley in order to generate information able to permit the regulation of the use of fertilizers for rice production. 50 between 0 and 30 cm of depth and 50 between 30 and 60 cm sampling point in each of 50 sites. Soil pH, electrical conductivity, particle size distribution, organic matter, nitrogen, phosphorus and potassium status were measured in the soil laboratory of FAMV. The results showed that the Artibonite Valley soils are loamy clay with 28.8% of sand, 30.2% of loam and 41 % of clay between 0 and 30 cm; 28.98 % of sand, 31.12% of loam and 39.80 % of clay in average between 30 and 60 cm, they are neutral and slightly basic with 7.25 to 7.96 unit of pH between 0 and 30 cm and 7.34 to 8.03 units of pH between 30 and 60 cm. They have high amounts of nitrogen, potassium and phosphorus with respectively 0.18% of N, 12.92 ppm of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 0.29 méq/100g of K<sub>2</sub>O between 0 and 30 cm of depth and 0.11% of N, 14.99 ppm of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 0.28 méq/100g of K<sub>2</sub>O between 30 and 60 cm of depth. Soil organic content is in the middle range (1.69% between 0 and 30 cm of depth and 1.38 % between 30 and 60 cm of depth. Electrical conductivity is low (0.54 mmhos/cm between 0 et 30 cm of depth and 0.59 mmhos/cm between 30 and 60 cm of depth) except two sites ( Hatte Desdunes and Grand Hilaire) that have soils with high amount of salts (respectively 2.47 and 2.80 mmhos/cm).

### Key words

Artibonite Valley, Soil, culture of rice, pH, particle size distribution, electrical conductivity, nitrogen, phosphorus, potassium, organic matter, salinity.

### Introduction

Dans la Vallée de l'Artibonite, les riziculteurs appliquent 139 kg d'azote, 70 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 35 kg de K<sub>2</sub>O à l'ha et obtiennent un rendement moyen de 3.5 tonnes/ha (Louissaint et Duvivier, 2003). Selon Angladette

(1996), une tonne de riz paddy exporte en moyenne 12.5 kg d'azote, 6 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 3 kg de K<sub>2</sub>O. Ainsi, pour un rendement de 3.5 tonnes/ha, les exportations espérées à l'ha sont proches de 43.8 kg d'azote, 21 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 10.5 kg de K<sub>2</sub>O. Plu-

sieurs hypothèses ont été émises à ce sujet: les sols de la zone rizicole de la Vallée de l'Artibonite seraient très pauvres en éléments majeurs et les doses de fertilisants appliquées actuellement par les exploitants ne seraient pas en adéquation avec les besoins réels de la culture du riz.

Ce travail a testé la première hypothèse à partir d'une étude conduite dans la Vallée de l'Artibonite, la plus importante zone de production de riz du pays. De façon plus précise, l'étude a pour objet d'évaluer la fertilité naturelle des terres destinées à la production rizicole dans la Vallée de l'Artibonite.

### Méthodologie

Sur la base de la cartographie préliminaire disponible, l'aire d'étude a été divisée en quatre sous zones baptisées I, II, III et IV. La sous zone I se situe dans la partie sud-ouest de la zone d'étude et est constituée de 13 localités. La sous zone II part du canal de Duclos vers l'Estère du côté gauche de la route Nationale n° 1 en allant vers le Nord. La sous-zone III se situe dans la partie nord-est de la zone d'étude du côté droit de la route nationale n° 1 et s'étend de Boudette Grande Place Jusqu'à l'Estère. La sous-zone IV se localise dans la partie sud-est de la zone d'étude, du Pont-Sondé sur l'Artibonite jusqu'aux localités Niel et Duvallon.

Les quatre sous zones délimitées regroupent cinquante localités couvrant une superficie approximative de 20000 hectares. Dans chacune de ces localités deux échantillons de sol, dont l'un entre 0 et 30 cm et l'autre entre 30 et 60 cm, ont été prélevés à la tarière à partir d'un même point. Les coordonnées géo-

graphiques des points de sondage et leur élévation ont été repérées à l'aide d'un GPS de type Garmin tout en précisant les localités de prélèvement. Cette approche est de nature à permettre un suivi effectif de l'évolution du niveau de fertilité des sols et de la dynamique des éléments nutritifs pour un point de sondage situé dans une localité donnée.

Les échantillons de sol prélevés ont été analysés au Laboratoire des Sols de la FAMV. Les paramètres suivants ont été mesurés : l'azote total par la méthode de Kjeldahl, le  $P_2O_5$  assimilable par la méthode Olsen, le  $K_2O$  par saturation à l'acétate d'ammonium et dosage au spectrophotomètre, le pH avec un ratio sol : eau de 1 : 2, la granulométrie par la méthode de Bouyocos. Le pourcentage de carbone organique et la conductivité électrique ont été respectivement mesurés par les méthodes de Wackley -Black et de Bouver et Wilcox.

Les données collectées ont été d'abord traitées par sous zone puis soumises à une analyse de variance en vue de tester l'homogénéité entre les quatre sous zones pour tous les paramètres de manière à mieux appréhender les caractéristiques pédologiques de la région. Le test de F a été utilisé pour comparer les valeurs moyennes à la probabilité de 0.05%. Dans le souci de faciliter l'utilisation pratique des résultats obtenus, les teneurs en éléments majeurs ont été converties en tonnes d'éléments fertilisants à l'hectare.

## Résultats et discussions

### Caractéristiques physico-chimiques des sols de la sous-zone I

Les résultats présentés dans le tableau 1 montrent qu'entre 0 et 30cm, la réaction des sols va de neutre (pH=7.40) à alcalin (pH=8.45) avec un pH moyen égal à 7.96. Ces valeurs découlent de l'origine calcaire des alluvions formant les sols de la Vallée de l'Artibonite. Cette gamme de pH ne pose pas de grands problèmes à la disponibilité de la

majorité des éléments fertilisants dans le sol, mais le phosphore peut être immobilisé par le calcium (Sposito, 1989). Le taux de matière organique oscille entre 0.32 et 2.01% avec une moyenne de 1.18% qui peut être considérée comme un niveau moyen (Dominguez, 1978). Quant au rapport C/N, il est faible allant de 1.33 à 11.14 indiquant la rapidité du processus de décomposition de la matière organique (Ministère de la coopération, 1991).

La texture des sols en général va de limono sableuse à argileuse avec un pourcentage d'argile variant de 25 à 60% expliquant ainsi le faible niveau de perméabilité de ces derniers. La conductivité électrique oscille entre 0,156 et 0,957 mmohs/cm soit une moyenne de 0,32 mmohs/cm. D'après Gros (1979) cette gamme de valeurs indique, à priori, qu'il n'existe aucun risque de salinisation des sols par l'irrigation pourvu que les eaux utilisées respectent les normes généralement admises en ce qui a trait à leur teneur en certains éléments chimiques notamment le sodium (Bohn and O'Comor, 1985) et que le système de drainage fonctionne de manière adéquate.

La teneur en azote est comprise entre 0,105 et 0,273%, celle en phosphore entre 4 et 34.66 ppm et celle en potassium entre 0,10 et 0,41 méq/100 g. Ces valeurs indiquent que le niveau actuel de fertilité des sols, en référence aux intervalles définis par Gros (1984), est élevé; ce qui est en contradiction avec l'utilisation à outrance de fertilisants pour la production du riz dans la région.

Pour les échantillons de sol prélevés entre 30 et 60 cm, le pH des sols varie de 7.70 à 8.40 soit une moyenne égale à 8.03. Cette gamme de valeurs ne révèle pas de différence significative avec les données obtenues au niveau de la couche superficielle. De ce fait, les mêmes conclusions en terme de disponibilité des éléments fertilisants sont maintenues.

La teneur en matière organique est comprise entre 0,51 et 3,22% avec une moyenne égale à 2,375% qui représente le double de celle observée au niveau de la première couche. De plus, le rythme de décomposition de cette matière organique se révèle également plus élevé voire optimal avec en moyenne un rapport C/N égal à 14.4 (tableau 1).

La texture des sols reste inchangée dans la majorité des cas allant de limoneuse à argileuse. Toutefois, le pourcentage d'argile diminue dans certains cas pour atteindre 15%. En conséquence, la perméabilité des sols peut augmenter légèrement en profondeur. La conductivité électrique demeure très faible dans tous les cas (< 0,682 mmohs/cm).

Pour les éléments majeurs, le taux d'azote varie de 0,05 à 0,14%, la quantité de phosphore assimilable va de 5,33 à 37.33 ppm de  $P_2O_5$  tandis que la teneur en potasse ( $K_2O$ ) oscille entre 0,05 et 0,36 méq/100g. De même que dans le cas précédent, ces valeurs confirment le niveau élevé de fertilité actuelle des sols de la sous zone I.

En résumé, à l'exception du taux de matière organique et de son rythme de minéralisation, il n'existe pas de différence significative entre les caractéristiques physico-chimiques observées entre les deux horizons des sols appartenant à la première sous zone.

### Caractéristiques physico-chimiques des sols de la sous zone II

Dans l'ensemble pour les deux niveaux 0 – 30 cm et 30 – 60 cm, les caractéristiques des sols de la sous zone II sont identiques à celles de la sous zone I en ce qui a trait à la texture, le pH, la teneur en matière organique, le rapport C/N et les teneurs en éléments majeurs. Par contre, la conductivité électrique les différencie. En effet, la conductivité électrique reste dans la gamme normale des valeurs pour la plus grande partie de la sous zone II. Cependant, pour les localités de la

Hatte Desdunes (S<sub>45.1</sub>) et Grand Hilaire (S<sub>46.1</sub>), les valeurs de la conductivité électrique sont élevées, respectivement 2.47 et 2.80 mmhos/cm dénotant ainsi un niveau alarmant de salinisation des sols. Il est donc urgent de prendre des mesures afin de corriger cette situation qui risque d'avoir des incidences néfastes sur les localités avoisinantes d'après les conclusions de Soltner (1988). Le système de drainage actuel mérite d'être contrôlé et suivi de façon régulière en vue d'empêcher toute aggravation de la situation.

### **Caractéristiques physico-chimiques des sols de la sous-zone III**

Entre 0 et 30cm, le pH des sols oscille entre 7.0 et 8.26 à l'exception d'une valeur de 5.50 obtenue pour la localité de Gilbert où le sol serait acide en surface. En général, les sols sont neutres à légèrement alcalins. Quant au taux de matière organique, il varie de 0,46 à 5,80% avec une moyenne égale à 1,93% qui peut être considérée d'après Tisdale et al. (1984) comme un niveau moyen pour les sols tropicaux. Le rapport C/N atteint en moyenne 6.05 démontrant que la décomposition de la matière organique se réalise à un rythme rapide au niveau de ces sols.

La texture des sols va de limono argilo sableuse à argileuse avec un pourcentage d'argile compris entre 15 et 55. A part quelques rares exceptions, dans tous les cas, l'argile demeure la fraction dominante dans la granulométrie des sols. La conductivité électrique reste dans les limites normalement admises allant de 0,144 à 1,809 mmhos/cm. Il n'existe, donc, aucun risque de salinisation des sols par l'irrigation aussi longtemps que l'eau utilisée à cette fin est de bonne qualité et qu'un système de drainage adéquat y est associé.

La teneur en azote varie de 0,12 à 0,35%, celle en phosphore assimilable oscille entre 4 ppm et 17 ppm tandis que pour le potassium elle est comprise entre 0,05 et 0,58

még/100g. Dans tous les cas, les valeurs obtenues dénotent un haut niveau de fertilité naturelle des sols dans lesquels les plantes en particulier le riz pourraient produire des rendements adéquats sans un apport additionnel de fertilisants chimiques au cas où il n'existerait pas de relations antagonistes graves entre les éléments comme l'ont révélé Bonneau et Sousher (1979) dans la compilation d'études similaires effectuée dans plusieurs sites à travers le monde.

Au niveau de la seconde couche (30-60cm) le pH des sols oscille entre 7.20 et 9.20 montrant ainsi que l'alcalinité augmente par endroits en profondeur. Ceci tend à occasionner une plus forte immobilisation du phosphore par le calcium le rendant ainsi non disponible pour les cultures.

Quant au taux de matière organique, il s'étend de 0,26 à 1,53% avec une moyenne de 0,96% de loin inférieure à celle observée au niveau de la première couche. Cette différence est normale et explique un faible taux de matière organique dans cet horizon appauvri au profit de la couche sous-jacente. Les autres propriétés restent inchangées à savoir la texture, le rapport C/N et les teneurs en éléments majeurs.

### **Caractéristiques physico-chimiques des sols de la sous-zone IV**

Sur une profondeur comprise entre 0 et 30cm, le pH est compris entre 6.80 et 8.17 avec une moyenne égale à 7.91 montrant ainsi que les sols se révèlent neutres à légèrement alcalins. Cette gamme de valeurs exclut toute possibilité d'immobilisation d'éléments fertilisants dans ces sols. Le pourcentage de matière organique atteint en moyenne 2.028 que l'on peut considérer comme un niveau moyen pour ce paramètre. Quant au rapport C/N, il demeure faible variant de 0,46 à 9,69 et dénote un rythme rapide de dégradation de la matière organique dans ces sols.

Au point de vue texturale, les sols sont limono argileux à argileux avec une teneur moyenne en argile de plus de 43%. Compte tenu de l'importance de la fraction argileuse, le niveau de perméabilité de ces sols est faible. C'est pourquoi ils retiennent l'eau en surface et permettent la pratique de la riziculture. Quant à la conductivité électrique, elle varie de 0,166 à 1,78 mmhos/cm soit en moyenne 0.44 mmhos/cm (tableau 1). Ces valeurs montrent qu'il n'y a pas de risque de salinisation des sols par l'irrigation avec un système de drainage adéquat et une eau de bonne qualité.

La teneur en azote oscille entre 0,098 et 0,28% avec une moyenne de 0,18%, celle en phosphore (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) varie de 5 ppm à 23,33 ppm avec une valeur moyenne de 11,18 ppm tandis que la teneur en potasse (K<sub>2</sub>O) va de 0,13 à 0,85 még/100g avec une moyenne de 0,32 még/100g (tableau 1). Dans l'ensemble, les valeurs demeurent élevées et dénotent un haut niveau de fertilité actuelle des sols de la région (Gros, 1984).

Au niveau de la seconde couche (30-60cm), les valeurs obtenues pour les paramètres mesurés ne diffèrent pas de la première à l'exception du pH qui est légèrement plus élevé. Il faut noter qu'au-delà d'un pH 8, le phosphore tend à être immobilisé par le calcium.

En résumé, au niveau de l'horizon 0-30 cm, de manière globale les quatre sous zones ne se sont pas révélées différentes au point de vue de la texture des sols, de leur teneur en éléments majeurs, de leur teneur en matière organique et de leur rapport C/N. Par contre, elles sont différentes par leur pH et leur conductivité électrique (CE). La sous-zone II est à surveiller pour sa salinité élevée.

Au niveau de l'horizon 30-60 cm, les sous-zones sont comparables pour presque tous les paramètres à l'exception de la teneur en matière organique plus élevée dans la sous zone I et la conductivité électrique

qui dénote un degré de salinité préoccupant dans deux localités (Hatte Desdunes : CE=2.47 mmhos/cm et Grand Hilaire : CE=2.80 mmhos/cm) de la sous zone II.

### Teneurs en éléments majeurs en tonnes à l'hectare

Pour les besoins pratiques, les tableaux 2 et 3 présentent les teneurs en éléments majeurs en tonnes par hectare. Au niveau de l'horizon supérieur (0 – 30cm), la teneur en azote varie entre les sous zones de 6.375 T/ha à 7.125 T/ha avec une moyenne de 6.75 T/ha. La teneur en phosphore assimilable oscille entre 0.042 et 0.064 T/ha avec une moyenne de 0.050 T/ha. Quant au potassium, sa teneur au niveau de l'horizon superficiel est comprise entre 0.293 et 0.541 T/ha avec une moyenne de 0.413 T/ha (tableau 2).

En ce qui a trait à la teneur en macro éléments, l'analyse de variance de ces données a montré que les sous zones ne sont pas différentes entre elles en terme de fertilité naturelle des sols au niveau de l'horizon superficiel c'est-à-dire entre 0 et 30 cm.

Sur la base de ces résultats, la zone rizicole de la Vallée de l'Artibonite peut être considérée comme étant non hétérogène avec une teneur moyenne en azote de 6.75 T/ha, une teneur en phosphore assimilable de 0.050 T/ha et une teneur en K<sub>2</sub>O de 0.413 T/ha.

Entre 30 et 60 cm, les résultats ne sont pas très différents. La teneur en azote varie de 3.75 à 4.50 T/ha avec une moyenne de 4.172 T/ha. La quantité de phosphore assimilable oscille entre 0.048 et 0.065 T/ha avec une moyenne égale à 0.058 T/ha. Quant à la teneur en potasse, elle varie de 0.263 à 0.512 T/ha avec une moyenne de 0.421 T/ha (tableau 3).

Une fois de plus, les résultats obtenus montrent que la zone rizicole de la Vallée de l'Artibonite est homogène en termes de teneurs en éléments majeurs avec des teneurs moyennes de 6.75 T/ha, 0.050 T/ha et 0.413 T/ha respectivement pour l'azote, le phosphore assimilable et le potassium.

**Tableau 1. Valeurs moyennes des indicateurs dans les quatre sous zones**

Horizon 0-30 cm				
Sous Zones	I	II	III	IV
Indicateurs				
Sable (%)	27 a	32.5 a	29 a	27 a
Limon (%)	34 a	28.0 a	30 a	29 a
Argile (%)	39 a	39.8 a	41 a	44 a
pH	7.96 a	7.25ab	7.7 a	7.3 b
Matière organique (%)	1.18 a	1.6 a	1.93 a	2.02 a
Azote (%)	0.18 a	0.19 a	0.17 a	0.18 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	14.10 a	17.11 a	11.15 a	11.18 a
K <sub>2</sub> O (méq/100g)	0.20 a	0.37 a	0.24 a	0.32 a
Conductivité électrique (mmhos/cm)	0.32 b	0.895 a	0.52 b	0.44 b
C/N	4.24 a	5.00 a	6.05 a	6.31 a
Horizon 30-60 cm				
Sous Zones	I	II	III	IV
Indicateurs				
Sable (%)	35 a	24 a	29 a	28 a
Limon (%)	32 a	32 a	27 a	33 a
Argile (%)	33 a	44 a	44 a	39 a
pH	8.03 a	7.7 a	7.34 a	7.70 a
Matière organique (%)	2.375 a	1.05 b	0.96 b	1.17 b
Azote (%)	0.10 a	0.115 a	0.11 a	0.12 a
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	12.82 a	16 a	15.4 a	17.38 a
K <sub>2</sub> O (méq/100g)	0.18 a	0.35 a	0.32 a	0.30 a
Conductivité électrique (mmhos/cm)	0.273 b	2.25 a	0.446 b	0.40 b
C/N	14.4 a	4.8 b	5.17 b	5.82 b

N.B. Dans une ligne, les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes.

**Tableau 2. Teneur en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O entre 0 et 30cm en T/ha**

Sous zones	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
I	6.75	0.053	0.293
II	7.125	0.064	0.541
III	6.375	0.042	0.351
IV	6.75	0.042	0.468
Test de F	NS	NS	NS
Moyenne	6.75	0.050	0.413

N.B.- NS signifie que le test de F est non significatif à 5% de probabilité.

**Tableau 3. Teneur en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O entre 30 et 60 cm en T/ha**

Sous-zones	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
I	3.750	0.048	0.263
II	4.313	0.06	0.512
III	4.125	0.058	0.468
IV	4.5	0.065	0.439
Test de F	NS	NS	NS
Moyenne	9.302	0.058	0.421

N.B.- NS signifie que le test de F est non significatif à 5% de probabilité.

En définitive, l'analyse et l'interprétation des données obtenues permettent d'infirmar l'hypothèse de départ à savoir que les sols de la région rizicole de la Vallée de l'Artibonite sont pauvres. Au contraire, les sols détiennent des teneurs appréciables en éléments majeurs qui dénotent un niveau élevé de fertilité. Toutefois, compte tenu des fortes doses d'engrais appliquées par les agriculteurs pendant une période relativement longue, il s'avère opportun d'investiguer de manière exhaustive l'histoire de gestion de la fertilité des sols afin de mieux statuer sur l'origine effective de leur richesse en éléments majeurs.

Les résultats obtenus à partir de ce travail de recherche permettront de:

- dégager des doses théoriques de fertilisants à partir des résultats d'analyse d'échantillons de sols et des besoins réels de la culture du riz en fonction des objectifs de rendement.
- tester la validité des doses théoriques par des essais de fertilisation en plein champ et faire des recom-

mandations relatives aux doses de fertilisants à utiliser

### Bibliographie

Angladette, A. 1966. Le riz. Collection Techniques Agricoles et Productions tropicales. Edition G.-P. Maisonneuve & Larose, Paris, France. 930p.

Bohn, H. L. M. and O'Connor, C. A. 1985. Soil Chemistry. 2e Edition. John Willey & Sons, New-York. 341 p.

Bonneau, M. et Sousher, B. 1979. Pédologie ; constituants et propriétés du sol. Tome II. Paris Masson. 459 p.

Dominguez, V. A. 1978. Abonos minerales. Quinta edición. Ministerio de Agricultura, Madrid 398 p.

Gros, A. 1979. Engrais, guide pratique de la fertilisation. 7<sup>e</sup> édition, Maisson Rustique, Paris. 382 p.

Gros, A. 1984. Engrais, guide pratique de la fertilisation 8<sup>e</sup> édition – Masson Paris 520 p.

Louissaint, J. et Duvivier, P. 2003. Rapport d'avancement no. 1 du projet d'Élaboration d'un référentiel technique fiable pour la fertilisation rationnelle et économique des terres rizicoles de la Vallée de l'Artibonite. Damien, Haïti. 63 p.

Ministère de la Coopération Française. 1991. Mémento de l'Agronome. Edition du Ministère de la Coopération française. 4<sup>e</sup> édition. 1635 p.

Soltner, D. 1988. Les bases de la Production Végétale. Tome 1, 16<sup>e</sup> édition Science et Technologie agricoles. 467 p.

Sposito, G., 1989. The chemistry of soils. Oxford University Press New York. 398 p.

Tisdale, S. L.; Nelson, W. L. and Beaton, J. D. 1984. Soil fertility and fertilizers. Fourth edition. Macmillan Publishing Company New-York. 754 p.

# Performances zootechniques et rentabilité de l'élevage intensif de poulets de chair dans le contexte haïtien actuel

M. L. Fontin et J. Vilna, Département de Production Animale, FAMV / UEH

## RESUME

Fontin, M. L. et Vilna, J. 2005. Performances zootechniques et rentabilité de l'élevage intensif de poulets de chair dans le contexte haïtien actuel. RED. 2 (1): 37– 41

Un élevage de 510 poulets de chair a été mis en place dans le but d'évaluer les performances zootechniques et la rentabilité de l'élevage intensif de poulets de chair dans le contexte haïtien. Cet élevage a été conduit dans la Station Avicole de la Ferme de Damien, en respectant les techniques de l'élevage.

Les résultats montrent qu'il est rentable de réaliser actuellement l'élevage de poulets de chair. Le GMQ (0,237 Kg), l'IC (1,865), le poids à 35 jours (1,702 Kg) et le taux de mortalité (3,33%) enregistrés sont tout à fait acceptables et comparables aux résultats de la littérature. Les rentrées (69.210,00 gourdes) sont largement supérieures aux dépenses (52.512,00 gourdes) et permettent d'avoir un bénéfice de 34,93 gourdes soit environ 32 % du coût de production du poulet vendu.

Cependant, le coût de production du poulet à la ferme a énormément augmenté de 1986 (20,25 gourdes) ou de 1996 (42,00 gourdes) à nos jours (109,86 gourdes).

Il existe de réelles opportunités pour une relance de la production de poulets : infrastructures disponibles, marché important, rentabilité assurée. Toutefois, d'autres obstacles sont à surmonter : absence de couvoirs fonctionnels, non disponibilité des aliments, concurrence déloyale des morceaux de volailles importés, faible pouvoir d'achat des familles haïtiennes, difficulté d'avoir accès au crédit et taux très élevé des prêts, situation socio-politique du pays.

**Mots clefs :** Poulets de chair, performances zootechniques, rentabilité, Haïti

## INTRODUCTION

L'aviculture haïtienne a rencontré et rencontre encore des problèmes majeurs qui ont entraîné la diminution de la production avicole en particulier celle des poulets de chair. En effet, de 1986 à 1996, le nombre d'éleveurs de poulets de chair a diminué de plus de 90% pour les petits et moyens producteurs, entraînant une baisse de la production annuelle de poulets de chair qui est passée de 6.500.000 à 3.000.000 de têtes (MARNDP, 1998). En outre, le coût de production du poulet de chair a aussi augmenté au cours des ans. Le kilogramme d'aliment est passé de 0,704 gourde en 1986 à 1,144 gourde en 1996 (MARNDP, 1998) et à 6,60 gourdes en 1999 (Fontin, non publié). Ce qui représente une augmentation de 62,5% de 1986 à 1996 et 477% de 1996 à 1999. Cette hausse du coût d'alimentation a entraîné une grande augmentation du coût du produit à la ferme qui est passé respectivement de 20,25 à 42,00 gourdes par poulet, soit une variation de 107% environ (MARNDP, 1998). En 1999, il a été de 68,71 gourdes, sans tenir compte de l'amortissement du poulailler, des abreuvoirs, des mangeoires, du

coût de l'eau, de l'électricité et des honoraires de l'éleveur (Fontin, non publié). Donc, au fil des ans, on a assisté à une diminution du nombre d'éleveurs et de la quantité de poulets de chair produite. Par contre, le coût de production et le prix de vente de la livre de poulet n'ont pas cessé d'augmenter.

En fait, les difficultés ont commencé dès 1987-1988 avec la libération du marché des produits avicoles et se sont accentuées avec la fermeture des principales agro-industries (SODEXOL, Minoterie, HASCO, ...). Le coup de grâce fut porté par l'embargo (1991-1993) qui provoqua l'arrêt de la production avicole industrielle trop dépendante des importations.

La reprise de l'élevage des poulets de chair se heurte, depuis 1994 après la levée de l'embargo, à des difficultés majeures qui sont entre autres :

- la non compétitivité par rapport aux morceaux et aux abats de volailles importés,
- la non disponibilité d'aliments locaux et l'incapacité du sous-secteur à reprendre les importations d'aliments en vrac pour cause de volume insuffisant,

- l'absence de politique étatique en faveur de ce sous-secteur (Bien-Aimé, non publié).

Ces dernières empêchent à AHPEL (Association Haïtienne pour la Promotion de l'Élevage créée en 2001 dans le but de promouvoir l'élevage) de concrétiser jusqu'à présent son objectif de production de 1.000.000 de poulets de chair par an.

Cependant, l'étude quantitative des critères techniques et économiques de l'élevage avicole intensif actuel, pouvant aussi aider à comprendre la non valorisation de ce sous secteur par les éleveurs et les professionnels de l'élevage, n'a jamais été approfondie. Ainsi, nous nous proposons d'évaluer Les performances techniques et la rentabilité de l'élevage intensif de poulets de chair dans les conditions socio-économiques actuelles.

## Objectifs de l'étude :

- Quantifier les critères techniques de l'élevage de cinq cent dix (510) poulets de chair
- Evaluer le coût de production de ces cinq cent dix (510) poulets de chair
- Etudier la rentabilité économique de cet élevage
- Identifier les atouts et les contraintes rencontrés dans la réalisation et la réussite de l'élevage des poulets de chair dans le contexte socio-économique actuel.

## METHODOLOGIE

L'élevage a été réalisé, du 5 novembre au 31 décembre 2004, avec cinq cent dix (510) poussins de chair de « un (1) » jour, achetés à AHPEL qui les a importés de la République Dominicaine. Ces poussins, de souche Hubbard, ont été élevés dans la partie Sud-Ouest du poulailler de la Station Avicole de la Ferme de Damien, de capacité de deux mille (2.000) poulets, orienté Nord-Est – Sud-Ouest. Dans ce bâtiment, seulement cinquante quatre (54) mètres carrés (9 m de long sur 6 m de large) ont été utilisés, ce qui donne une

densité d'élevage de dix (10) poulets environ par mètre carré.

### Préparation de la poussinière

Avant la réception des poussins, plusieurs opérations ont été effectuées de façon à rendre le milieu d'élevage relativement sain. Il s'agissait de :

*Désinfection du poulailler* : Elle a été réalisée le 14 septembre 2004, soit un mois et demi avant la réception des poussins et consistait en : le nettoyage suivi de la désinfection proprement dite. Cette dernière a été réalisée en badigeonnant le parquet et les parois du bâtiment, préalablement dépoussiérés, avec une solution de lait de chaux préparée suivant cette formule : 2 kg de chaux éteinte, 200 grammes de soude dans 10 litres d'eau. Par contre, les abreuvoirs et les mangeoires ont été lavés avec du détergent liquide (citronnex), puis désinfectés avec une solution de HTH (1 cuillerée dans un gallon).

*Vide sanitaire* : Réalisé juste après la désinfection, il a été de 52 jours.

D'autres opérations visant à aménager la poussinière ont été également réalisées :

*Mise en place de la litière* : De la litière a été éparpillée sur toute la surface du poulailler prévue pour l'élevage, donnant une épaisseur d'environ deux (2) centimètres. Cette litière a été constituée de bagasse de canne à sucre provenant d'une distillerie de la zone.

*Délimitation de la poussinière (Mise en place des rideaux)* : Des rideaux ont été placés seulement au niveau de la poussinière, de façon à la délimiter et à l'isoler. Ces rideaux ont été faits avec des sacs d'aliments de bétail vides, décousus et agencés de manière à avoir des bandes appropriées permettant l'isolement de la poussinière. Un tiers du poulailler a été ainsi aménagé en poussinière.

*Mise en place de la source de chauffage* : La source de chauffage a été constituée du charbon de bois. Ce dernier a été mis dans un récipient en tôle, non troué, porté par un trépied et placé au milieu de la poussinière.

*Mise en place des abreuvoirs et des*

*mangeoires* : Le jour même de la réception des poussins, soit le 5 novembre 2004, des abreuvoirs d'un gallon et des mangeoires de premier âge (plateau en plastique) ont été placés dans la poussinière à raison de dix (10) abreuvoirs et de six (6) mangeoires. Ils ont été disposés de façon alternée autour de la source de chaleur.

*Mise en place du pédiluve* : Le désinfectant du pédiluve a été constitué d'une solution de HTH (1 cuillerée dans 1 gallon d'eau). Cette solution a été placée quelques heures avant la réception des poussins à l'entrée du poulailler et a été remplacée régulièrement tout au cours de l'élevage.

### Conduite d'élevage

L'élevage a été mené pendant cinquante six (56) jours, soit du 5 novembre au 31 décembre 2004 respectivement J<sub>0</sub> et J<sub>56</sub>, avec une période de démarrage de J<sub>0</sub> à J<sub>21</sub> jours (élevage réalisé dans la poussinière). Au J<sub>21</sub>, les rideaux ont été enlevés et tout l'espace prévu pour l'élevage a été mis à la disposition des poulets. La période de croissance et de finition a été de J<sub>22</sub> à J<sub>42</sub>. Cependant, la vente a débuté à partir du J<sub>36</sub>, en faisant le tri des meilleurs sujets et a pris fin au J<sub>56</sub>.

Les poussins ont été chauffés, pendant la nuit, seulement les cinq (5) premiers jours. L'alimentation et l'abreuvement ont été menés à volonté. Cependant, leur distribution a été réalisée deux (2) fois par jour. Les aliments utilisés ont été achetés dans une usine d'aliment du marché haïtien. La valeur nutritive, indiquée par le fournisseur, des différents types d'aliments utilisés pendant l'élevage est donnée dans le tableau 1.

Tableau 1. Valeur nutritive du starter, du grower et du finisher consommés par les poulets (en g pour 100g de produit brut)

	Starter	grower	Finisher
Protéines minimum	22	20	18
Matières grasses minimum	2	2	2
Fibre maximum	4.5	4.5	4.5
Sel	0.35	0.35	0.35
Calcium	0.8	0.65	0.65
Phosphore	0.65	0.65	0.65

Pendant les huit (8) premiers jours d'élevage, le « Dynavit 200<sup>ND</sup> » et le « Neotetrafur +<sup>ND</sup> » respectivement un complément vitaminique et électrolytes et des antibiotiques à large spectre ont été ajoutés, à but préventif, dans l'eau de boisson. Ces produits ont été administrés aux doses de 150 grammes pour 200 gallons et de 100 grammes pour 50 gallons d'eau, respectivement.

La vaccination contre la maladie de New-Castle a été réalisée au J<sub>4</sub>. Un rappel a été effectué au J<sub>21</sub>. Ce vaccin a été administré dans l'eau de boisson après avoir assoiffé tous les poussins pendant une heure.

Tout au cours de l'élevage, différentes mesures ont été effectuées. La quantité d'aliment distribuée a été mesurée tous les jours aux environs de 8 : 00 heures AM. Le refus a été pesé chaque semaine, soit aux jours 7, 14, 21, 28, 35 et 42 à 8 : 00 AM. En même temps, la pesée d'un échantillon choisi au hasard de 50 poulets, dont 25 mâles et 25 femelles, a été réalisée dans le but de suivre la croissance et d'estimer l'indice de consommation des poulets pendant le cycle d'élevage. La mortalité a été évaluée tous les jours.

A la fin de l'élevage, les poulets ont été vendus sur pattes au prix du marché.

### RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'élevage, tel que réalisé, présente différentes failles techniques. En effet, pendant l'élevage certaines mangeoires non adaptées ont contribué au gaspillage des aliments, le chauffage n'a pas été contrôlé puisqu'il n'y avait aucune présence sur place la nuit. Ces inconvénients ont sans doute joué un rôle sur les diffé-

rents résultats obtenus. De plus, certains postes de dépense comme l'amortissement du poulailler, des abreuvoirs, des mangeoires, le coût de l'eau, de l'électricité, des honoraires de l'éleveur n'ont pas été pris en compte dans le calcul économique. Donc, ces résultats doivent être utilisés avec précaution.

### Performances zootechniques

Les performances zootechniques étudiées sont présentées dans les lignes suivantes.

### Taux de mortalité

Le nombre de morts enregistré au J<sub>42</sub> a été de 17, soit 3,33%. Il se répartit en 1,96% pendant le démarrage et 1,37% pendant la période de croissance et de finition. Il reste dans la limite 3 à 5 % recommandée pour tout le cycle d'élevage, dont 2 à 3% au démarrage et 1 à 2% en croissance-finition (Buldgen et al., 1996). Cependant, de J<sub>35</sub> à J<sub>56</sub>, 15 mortalités ont été enregistrées portant le nombre total de morts à 32 et le taux de mortalité à 6,27%. Ces dernières mortalités ont été plutôt dues à des picages et à des suffocations.

### Poids des poulets et Gain Moyen Quotidien (GMQ)

Le tableau 2 et la figure 1 montrent une augmentation du poids des poulets pendant l'élevage. L'allure de la courbe est la même pour les mâles que pour les femelles. Néanmoins, contrairement à la littérature (NRC, 1984 : ISA, 1996), la croissance des femelles est plus rapide que celle des mâles jusqu'au J<sub>21</sub>. Ceci est sûrement dû à l'échantillonnage : les pesées ayant été réalisées par les étudiants qui arrivaient difficilement à distinguer les mâles des femelles dans les premiers jours. Par contre, à partir du 22<sup>ème</sup> jour d'âge, les résultats obtenus sont en accord avec ceux de la littérature.

Au J<sub>35</sub>, le poids moyen des poulets est de 1,702 Kg, un peu plus élevé que les données de NRC, 1984. Ces résultats sont sûrement plus élevés que ceux obtenus dans d'autres élevages du pays. Après J<sub>35</sub>, le suivi de l'évolution du poids des poulets en

Tableau 2. Evolution du poids et du GMQ des poulets (poids en Kg)

Age des poulets	Mâle	Femelle	Moyenne	Ecart Type	GMQ	NRC (1984)	
						Mâle	Femelle
J <sub>0</sub>	0,040	0,040	0,040	0,000	-	-	-
J <sub>7</sub>	0,144	0,164	0,154	0,014	0,114	0,130	0,120
J <sub>14</sub>	0,350	0,388	0,369	0,027	0,215	0,320	0,300
J <sub>21</sub>	0,860	0,760	0,810	0,071	0,441	0,860	0,790
J <sub>28</sub>	1,352	1,120	1,236	0,164	0,426	1,250	1,110
J <sub>35</sub>	1,792	1,612	1,702	0,127	0,466	1,690	1,430

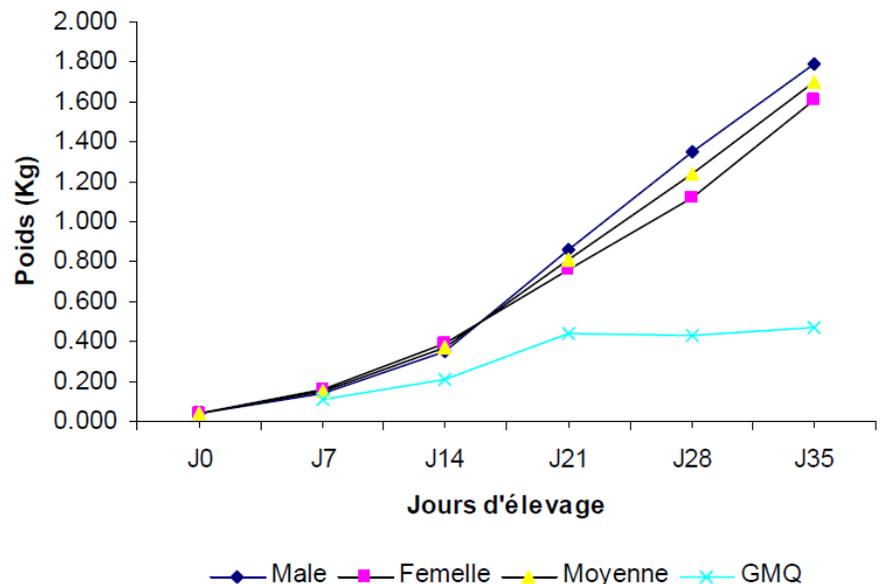


Figure 1 . Evolution du poids des poulets pendant l'élevage (Poids en Kg)

faisant des pesées hebdomadaires a été arrêté pour ne pas fausser les résultats, car la vente a été entamée avec les individus les plus lourds.

Le gain moyen quotidien (GMQ) varie de 0,114 Kg pour la première semaine à 0,466 Kg pour la cinquième semaine, soit 0,237 Kg pour le cycle d'élevage. Le rythme de croissance des poulets est plus faible

pendant les 2 premières semaines. Il est plus élevé et reste plus ou moins stable de la troisième à la cinquième semaine (fig.1).

### Quantité d'aliment consommée et Indice de Consommation (IC)

La quantité d'aliment consommée de J<sub>0</sub> à J<sub>35</sub> est de 3,099 Kg par poulet pour un gain de poids de 1,662 Kg (tableau 3). Cette quantité d'ali-

Tableau 3. Consommation cumulée d'aliment par poulet au cours de l'élevage

Jour d'élevage	Consommation par poulet (Kg)	Gain de poids par poulet (Kg)	Indice de Consommation (IC)
J <sub>0</sub> - J <sub>7</sub>	0,131	0,114	1,151
J <sub>8</sub> - J <sub>14</sub>	0,369	0,215	1,717
J <sub>15</sub> - J <sub>21</sub>	0,647	0,441	1,466
J <sub>22</sub> - J <sub>28</sub>	0,950	0,426	2,231
J <sub>29</sub> - J <sub>35</sub>	1,002	0,466	2,150
Total	3,099	1,662	-
Moyenne	-	-	1,865

ment est un peu plus élevée que celle enregistrée dans les élevages industrialisés dont les poulets consomment 2,365 Kg à J<sub>35</sub> et 3,430 Kg de nourriture environ pendant 42 jours d'élevage (ISA, 1996). Dans ces mêmes élevages, l'IC moyen à 42 jours serait de 1,7 à 1,9 (ISA, 1996). Dans cette expérimentation, la transformation de l'aliment par les poulets est assez efficace et est comparable aux normes de ISA (1996).

Il faut noter que la quantité totale d'aliment consommée par les poulets pendant toute la durée d'élevage a été de 2.340,00 Kg, soit 1.557,80 Kg jusqu'au J<sub>35</sub> et 782,20 Kg de J<sub>36</sub> à J<sub>56</sub>. Il fallait donc continuer à alimenter les poulets pendant toute la période de vente de façon à maintenir un poids commercial de 2 Kg environ.

#### Calcul économique

Les dépenses totales effectuées pour élever les 510 poulets sont de 52.512,00 gourdes (tableau 4). Cependant, seuls 478 poulets ont atteint le poids commercial. Ainsi, le coût de production d'un poulet est de 109, 86 gourdes dont 84, 75 gourdes pour les aliments (soit 17,31 gourdes par Kg d'aliment) qui représentent ainsi plus de trois quarts des charges, soit 77,1%. Le coût de production a donc augmenté de 161% de 1996 à nos jours. Vient ensuite le coût des poussins (15,2%), ce qui correspond à 16,74 gourdes par poussin. Les autres charges (médicaments, chauffage, désinfection, main d'oeuvre, ...) ne représentent que 7.7% des dépenses totales effectuées pour la réalisation de cet élevage.

A rappeler que l'amortissement du poulailler, des abreuvoirs, des mangeoires, le coût de l'eau, de l'électricité et les honoraires de l'éleveur n'ont pas été pris en compte. Il faut aussi remarquer qu'une grande partie des dépenses, soit 13.500,00 gourdes environ, a été effectuée pour acheter des aliments pendant la période de commercialisation.

La vente des poulets permet de ré-

**Tableau 4. Dépenses effectuées au cours de l'élevage**

	Coût total (Gourdes)	Coût/poulet vendu (Gourdes)	%
Poussins	8.000,00	16,74	15,2
Aliments (Starter, Gro- wer, Finisher)	40.512,00	84,75	77,1
Médicaments (Vitamines, Vaccins, ...)	1.260,00	2,64	2,4
Divers (Charbon, Chaux, Clou, ...)	240,00	0,50	0,5
Frais forfaitaires (Main d'œuvre animalier)	2.500,00	5,23	4,8
<b>Total</b>	<b>52.512,00</b>	<b>109,86</b>	<b>100,0</b>

aliser 69.210,00 gourdes soit 144,79 gourdes par poulet à 70,00 gourdes le Kg. Le bénéfice total est donc de 16.698,00 gourdes, soit 34,93 gourdes par poulet. Quoique ce gain ait été réalisé sur trois mois et demi, durée de mobilisation du poulailler (vide sanitaire et occupation), il est assez satisfaisant si l'on considère le nombre de poulets élevé qui est très faible. L'élevage de poulets de chair est donc une activité tout à fait rentable. Toutefois, s'il y avait possibilité de vendre tous les poulets à 35 jours d'âge, le coût alimentaire aurait été seulement de 27.012,00 gourdes et les bénéfices auraient été plus importants.

#### Atouts et contraintes

L'élevage traditionnel de poules indigènes n'arrivant pas à couvrir la demande en volailles de consommation, le développement de l'élevage moderne de poulets de chair reste donc le moyen le plus indiqué pour augmenter la production de viandes de volailles dans le pays. Ce sous-secteur a aussi l'avantage d'avoir des infrastructures déjà existantes telles 1,4 million de pieds carrés de poulailler, 4 couvoirs, des usines d'aliments et des abattoirs qui mériteraient peut-être de petits travaux de réhabilitation. Ces unités réhabilitées permettraient de produire environ 7 millions de poulets de chair par an, quantité équivalente à la production de 1968 lorsque l'aviculture moderne était à son apogée.

Toutefois, en dépit de sa rentabilité, cette activité fait face, dans le

contexte actuel, à plusieurs contraintes dont :

- \* L'absence de couvoirs fonctionnels dans le pays rend difficile l'approvisionnement en poussins. Les poussins qui devraient être livrés après huit jours sont parfois livrés un à deux mois après,
- \* Le coût élevé et parfois la non disponibilité des aliments,
- \* La concurrence déloyale des morceaux de volailles importés,
- \* Le faible pouvoir d'achat des familles haïtiennes qui préfèrent consommer des morceaux de volailles moins chers, forçant l'éleveur à étaler la vente des poulets finis au lieu de libérer immédiatement le poulailler pour une autre bande,
- \* La difficulté d'accès au crédit
- \* La situation socio-politique du pays qui décourage les investisseurs.



#### CONCLUSION

L'aviculture moderne en Haïti confronte certes divers problèmes, mais représente aussi une opportunité très intéressante. Les différents résultats obtenus dans cet essai montre qu'il est tout à fait pos-

sible, du point de vue technique et économique, de réussir un élevage moderne de poulets de chair dans le contexte actuel. Les résultats techniques (GMQ : 0,237 Kg ; IC : 1,865 ; Poids à 35 jours : 1,702 Kg ; Taux de mortalité à 35 jours : 3,33%) sont conformes aux normes théoriques.

Bien que le coût de production soit très élevé (109,86 gourdes par poulet commercialisé), le bénéfice a été de 34,93 gourdes par poulet. Le coût du poulet à la ferme a augmenté de 161% environ de 1996 à nos jours. Les opportunités pour ce sous-secteur existent, certes. Cependant, les difficultés rencontrées pour trouver les poussins et pour commercialiser les poulets finis contribuent à diminuer la marge de l'éleveur en entraînant une augmentation de la durée du cycle de production et du coût alimentaire.

Il serait donc nécessaire de rendre

disponibles les poussins et d'importer en vrac les ingrédients alimentaires dans le but de diminuer leur coût. L'accès au crédit et la concurrence déloyale des découpes de volailles importés sont également des problèmes à résoudre pour promouvoir l'élevage des poulets de chair.

#### REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier :

- Toute l'équipe du département de la PDA, spécialement le Docteur Jacques BLAISE et Ing.-Agr. M. D. Maryse Laurenceau FRANCOIS, respectivement notre ancien directeur et notre actuelle directrice qui nous ont beaucoup aidé à réaliser cet essai,
- Les étudiants de la promotion 2002-2007 qui ont participé acti-

vement à la réalisation de cet élevage,

- L'animalier Lyonel SANON pour son dévouement dans la réalisation de l'élevage,
- Le Vice-Décanat à la Recherche de la FAMV qui a financé l'étude.

#### BIBLIOGRAPHIE

Buldgen A. et al., 1996. Aviculture semi-industrielle en climat subtropical. Guide pratique. 122p.

ISA, 1996. Guide d'élevage. Poulets de chair. 24p.

MARNDR, 1998,. Forum sur l'élevage et la santé animale. 20p.

NRC, 1994. Nutrient Requirements of Poultry: Ninth Revised Edition. 157p.

---

*Vous cherchez un laboratoire d'analyse bien équipé,  
fiable, objectif, à la mesure des normes  
et standards internationaux?*



*Contactez-nous!  
298-3010, 514-0749, 401-7983*

*La FAMV va au devant de vos besoins!*

# La FAMV au fil des jours

## Vers la réhabilitation durable de la Ferme Expérimentale de Damien

P. Duvivier, D. Jannini Eyma, M.L. Fontin, R. Tesca et E.J. Vilmont, Comité de Gestion de la Ferme et de l'Arboretum (CGFA) / FAMV / UEH



### Un premier projet de réhabilitation

En 1997, ayant vécu les difficultés rencontrées dans la réalisation des travaux pratiques agricoles (TPA), notamment en production végétale, et interpellés par le contraste insupportable entre le « passé glorieux » de la ferme de Damien et son état d'alors, deux Assistants-Professeurs à la FAMV (Predner DUVIVIER et Marie Lesly FONTIN) ont prêté leurs services dans la conception et l'élaboration d'un projet de réhabilitation d'une partie de la Ferme. Ce projet devait sécuriser une superficie de 24 ha et remettre en fonctionnement certaines unités de production et de recherche en vue :

- \* d'améliorer le cadre physique de réalisation des cours de TPA,
- \* de permettre la réalisation de travaux de recherche et de mémoire de fin d'études,
- \* d'offrir un minimum de services à la communauté,
- \* d'assurer des rentrées financières à la FAMV.

Malheureusement, le financement n'a pu être accordé dans les délais prévus. En 2001, Dominique JANNINI EYMA a intégré l'équipe pour actualiser le dossier. En mars 2002, une subvention de 1.132.103 gourdes a été accordée pour la mise en œuvre de ce projet de réhabilitation.

A la faveur de cette subvention, un Comité pour la Réhabilitation de la Ferme (CRF) a été créé par avis du Décanat en date du 12 avril 2002 pour l'implémentation du projet. Ce comité était composé de trois membres : Predner DUVIVIER, coordinateur ; Marie Lesly FONTIN et Dominique JANNINI EYMA, membres.

Dans le cadre de cette réhabilitation, trois grands axes d'intervention ont été définis :

- \* Sur le plan de la sécurité, environ deux kilomètres de clôture en barbelés ont été érigés autour des 24 hectares à exploiter.
- \* Sur le plan énergétique, un pylône supportant trois transformateurs de 25 kVA chacun a été placé à proximité de la station de pompage, des lignes de moyenne et de basse tensions ont été installées ; une armoire de commande et de protection a été fabriquée et installée, le moteur de la pompe de 60 hp a été révisé.
- \* Sur le plan hydraulique, le matériel de pompage a été réparé, le puits nettoyé et la station de pompage remise en fonctionnement.

Après les travaux de réhabilitation, le CRF, avec les moyens mis à sa disposition, a fait son possible pour mettre en valeur l'espace et ne pas laisser les installations livrées à elles-mêmes. Dans ce sens :

- \* le bureau de la station bovine a été réparé,
- \* une collection de 15 variétés de bananiers dont 13 importées a été établie sur une superficie 1.32 ha, à la faveur d'un contrat de service entre la FAMV et l'Institut Interaméricain de Coopération en Agriculture (IICA),

- \* quatre hectares additionnels de bananiers plantains ont été établis,
- \* les travaux pratiques agricoles en production végétale en première et en deuxième années sont réalisés dans cette partie réhabilitée de la ferme depuis le deuxième trimestre de l'année académique 2002-2003. Les étudiants produisent du maïs, du melon, du vigna, du haricot, de l'aubergine, de la tomate ; se familiarisent avec les techniques d'irrigation par gravité et la culture du bananier,
- \* un étudiant en génie rural a soutenu son mémoire de fin d'études sur l'irrigation de la ferme ; un étudiant en phytotechnie, qui est maintenant en phase de rédaction, travaille sur l'adaptabilité des variétés de bananier importées dans le milieu.

### Les enjeux

D'un côté, la FAMV a besoin d'espace pour ses activités de formation, d'expérimentation, de production, de démonstration et de services à la communauté. De l'autre, bien que le CRF ait créé un certain nombre d'emplois au bénéfice de la population avoisinante à la faveur des travaux de réhabilitation et d'exploitation, le projet a été perçu par cette dernière comme dérangeant plutôt qu'utile. Cela s'explique par le fait que cette population a développé toute une série d'activités de subsistance sur la ferme quand elle était abandonnée :

- \* récolte du bois de chauffe et de construction,
- \* production du charbon du bois,
- \* récolte de mangues, de noix de coco et de feuilles de palmier,
- \* élevage d'animaux en liberté et en captivité,

\* Exploitation de parcelles pour la production de vivres alimentaires, de gazon et de plantes ornementales.

Par ailleurs, cet espace servait à d'autres fins telles décharge d'ordures ménagères, satisfaction des besoins physiologiques pour ceux qui n'avaient pas d'installations sanitaires. Les enjeux sont donc majeurs.

### Les difficultés

Les difficultés se situent sur deux plans : social et structurel. Sur le plan social, les gens du village avoisinant ont systématiquement saboté la clôture en barbelés qui a été installée. Ils relâchent leurs animaux dans les plantations et vont jusqu'à les attacher au milieu des parcelles cultivées pour la FAMV. Ils volent les récoltes. Ils semblent donc déterminés à tout faire pour que la ferme ne soit pas remise en valeur. Rien ne permet de croire que l'on n'aura pas à confronter les mêmes problèmes vécus par le CRF tant qu'une clôture en dur n'aura pas été construite.

Sur le plan structurel, le problème vient de la mauvaise qualité de service fourni par l'électricité d'Haïti (EDH). En effet, la ferme dispose

d'une électropompe alimentée par le courant électrique fourni par l'EDH. Quand il n'y a pas de panne sur la ligne desservant la ferme, le nombre d'heures de distribution du courant est insuffisant et les plantations en souffrent. De plus, il est tellement irrégulier que le calendrier d'arrosage des cultures ne peut pas être respecté. Qui pis est, depuis plus de six mois, l'une des trois phases du courant qui actionne le moteur de la pompe est tombée en panne. En dépit de tous les appels faits à l'EDH par la FAMV, la panne n'a pas été levée. Donc, pour entreprendre les activités agricoles avec confiance, l'acquisition et l'installation d'un groupe électrogène reste une nécessité.

### Le Comité de Gestion de la Ferme et de l'Arboretum (CGFA) et son défi

Lors d'un entretien entre les membres du CRF et le doyen issu des élections d'octobre 2004 à la FAMV à propos des difficultés rencontrées dans la gestion de la ferme, ce dernier a mentionné des possibilités de financement émanant du MARNDR et a fait des recommandations d'élargissement du cadre du CRF. Par

avis du Décanat en date du 26 janvier 2005, un comité de cinq membres (Eric Junior VILMONT, Robespierre TESCAR et les anciens membres du CRF) a été créé pour gérer avec science et compétence les intérêts de la ferme et de l'arboretum. Cet avis prévoit les volets suivants : *Production Végétale, Plantes ornementales, Production Animale et Arboretum et Jardin botanique.*

Le défi est de parachever les travaux de réhabilitation de la Ferme entamés par le CRF, réhabiliter l'arboretum, établir un jardin botanique et mettre en place les mécanismes pour les gérer et les exploiter en toute sécurité.

Actuellement, le CGFA travaille d'arrache pieds sur l'élaboration d'un projet de réhabilitation durable incluant entre autres la construction d'une clôture en dur, l'acquisition et l'installation d'un groupe électrogène de 100 kw, l'établissement d'un jardin botanique, la réparation de quelques bâtiments d'élevage et la construction d'une serre. Pour la réalisation de ce projet, la FAMV compte beaucoup sur l'appui du MARNDR qui a toujours manifesté un intérêt particulier à son égard.

---

## Toutes nos sympathies

Les membres du Comité de Rédaction de RED associent leurs voix à celles du Décanat, de tout le personnel et des étudiants de la FAMV pour exprimer leurs sentiments de sympathie au Dr. Jean Fénel FELIX, Directeur de la rédaction et au professeur Frantz Michel LOHIER du département de Phytotechnie.

Le Comité aurait certainement préféré s'adresser à ces éminents membres du corps professoral en d'autres circonstances. Toutefois, le sort, aujourd'hui, lui impose ce pénible devoir dont il ne peut s'acquitter qu'avec peine et ressentiment.

Que les époux éplorés sachent qu'en ce moment où tout leur semble dépeuplé, la FAMV toute entière se tient à leurs côtés et voudrait les assurer de son inconditionnel soutien .

Que les âmes de ces mères infatigables, de ces épouses dévouées, prématurément enlevées à l'affection de leur famille, reposent en paix dans la gloire du Très Haut.



## In memoriam



RED salue avec respect, le départ de la regrettée Marianne Jonas. Bibliothécaire émérite, employée consciencieuse, âme de bonne volonté, Marianne eut le mérite de forcer tant l'admiration et le respect des usagers de la bibliothèque que leur affection. En elle, la FAMV a perdu un moule qui aurait pu servir à modeler d'autres, à leur faire acquérir ce quelque chose qui distingue le professionnel soucieux de bien faire, ce sens remarquable du devoir, cette aménité, ce dépassement de soi qui firent de Marianne une employée unique.

*Que son âme repose en paix !*

# Nous avons lu pour vous

Jannini Eyma D., Département de Production Animale, FAMV / UEH

Biologie/Biotechnologie/Environnement/Génie Alimentaire/Phytotechnie/Zoologie

## Une fleur contre les Bombes

Une plante contre une arme ... Quel beau symbole !

La fleur de *Arabidopsis thaliana* rougit quand on l'approche d'une mine. En fait, elle se teinte en rouge quand elle rencontre du dioxyde d'azote. Or, c'est ce gaz que libèrent les mines anti-personnels. En cultivant cette plante sur les terrains infestés de mines, on pourrait les repérer plus facilement.



## «Des Abeilles anti-mines»

Une méthode originale proposée par des chercheurs de l'université de Montana au Nouveau-Mexique. Les abeilles butineuses sont conditionnées de manière à associer l'odeur d'explosif à celle de la présence du sucre. Ainsi, balayant une zone affectée, les abeilles accrochent les poussières chimiques sur leur corps velu. Un spectromètre placé à l'entrée de la ruche permet de détecter la présence d'explosifs.



L'ingéniosité du système est surtout lié au fait qu'aucun appareillage et équipement "coûteux" n'est requis. Des milliers d'hectares délaissés pourront peut-être redevenir cultivables.

## L'Agouti, Ecologiste en chef !

Les zoologistes P.-M. FORGET et C. P. FORGET le décrivent comme un petit animal qui passerait ses journées entre grignotage et tra-



vail d'éboueurs : enterrer systématiquement les graines qu'il trouve tout au long de son parcours. Il a une prédilection pour les graines de palmiers et les "grosses graines charnues". L'astuce de l'Agouti : transporter les graines loin de l'arbre-mère et les enfouir très profondément afin d'augmenter leur chance de survie.

Une relation de mutualisme s'établit alors : les arbres de la forêt tropicale assurent la survie de l'Agouti qui en retour garantit la régénération de cette dernière et de toute la vie qu'elle abrite.

Ne pas protéger l'Agouti, d'ailleurs pourchassé pour sa chair, c'est menacer l'existence même de ce biotope que sont les forêts tropicales d'Amérique du sud et des Antilles.

Il n'a pas été établi si l'Agouti décrit ci-dessus est du même genre que le *Plagiodontia aedium*, rongeur endémique d'Haïti et décrit par Moreau de Saint-Méry comme un agouti d'Amérique Latine.

## L'Associ, un remède hors pair

"Associ", "Assorossie", "Balsamine", "Bitter melon", "Concombre Africain", "Margose", "Melon amer", "Nesquen", "Paroka", "Pomme coolie", "Pomme Z'Indien", "Sorossie", "Yesquin", de son nom scientifique *Momordica charantia*, L. de la famille des Cucurbitacées, cette liane sauvage peut aussi être cultivée annuellement.



Son origine n'est pas bien définie,

venue d'Afrique ou de l'Inde, aujourd'hui elle se retrouve dans de nombreux pays de la zone tropicale et sub-tropicale, d'où ce grand nombre de noms vernaculaires pour la seule langue française. Ses feuilles sont trilobées à quinquelobées, les lobes étant à leur tour profondément découpés. Fleurs mâles et femelles sont jaunes. Les fruits, jaunâtres à maturité, sont des baies ovoïdes, portées par un pédoncule. Ils rappellent le concombre mais présentent une écorce rugueuse et plus angulaire.

Cette baie charnue à moelle rougeâtre est souvent consommée verte en salade, confite, sautée ou frite malgré un goût amer prononcé. A cet usage culinaire, s'ajoutent des propriétés médicinales qui varient d'une région à une autre.

Dans tous les pays où pousse cette plante les traditions médicinales attribuent aux racines des vertus aphrodisiaques. La décoction de feuilles, utilisée à forte dose, aurait des propriétés hypnotiques ; l'infusion de feuilles est reconnue pour son effet hypoglycémiant. Le mélange de feuilles et fruits préparés en tisane a des vertus antipyrétiques. Les fruits mûrs, sans leurs graines macérés dans de l'huile d'amande douce auraient un pouvoir cicatrisant.

Attention, la plante aurait un effet liquéfiant sur le sang d'où son efficacité contre les douleurs menstruelles ; pour cette raison les remèdes maison sont déconseillés chez les enfants sans une surveillance médicale de même chez la femme enceinte puisqu'autrefois elle était utilisée comme abortif.

MARNDR



FAMV

Deux partenaires de vieille date engagés dans la lutte pour le développement d'une agriculture durable et prospère

---

*RED vous reserve un espace inédit pour vos messages publicitaires.*

*Appelez-nous aux : 298-3010 / 514-0749 / 401-7983*

*UE / FAMV*

*Mars 2004, c'était la débâcle, la désolation totale.  
La Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire, blessée  
mortellement, n'avait que l'espoir d'être entendue et la foi en  
sa capacité de renaître.  
L'Union Européenne a fait le reste.*



*UE, nous t'en devons une fière*



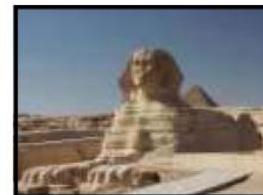
*Un passé d'efficacité  
Deux vieux routiers du renforcement institutionnel  
Une nouvelle vision de la coopération Nord-Sud*

**ACDI/FAMV** *Ça marche !*

*Bureau de l'Ordonnateur National (BON)*



*Une attitude positive,  
Une flexibilité exemplaire,  
Une compréhension unique...*

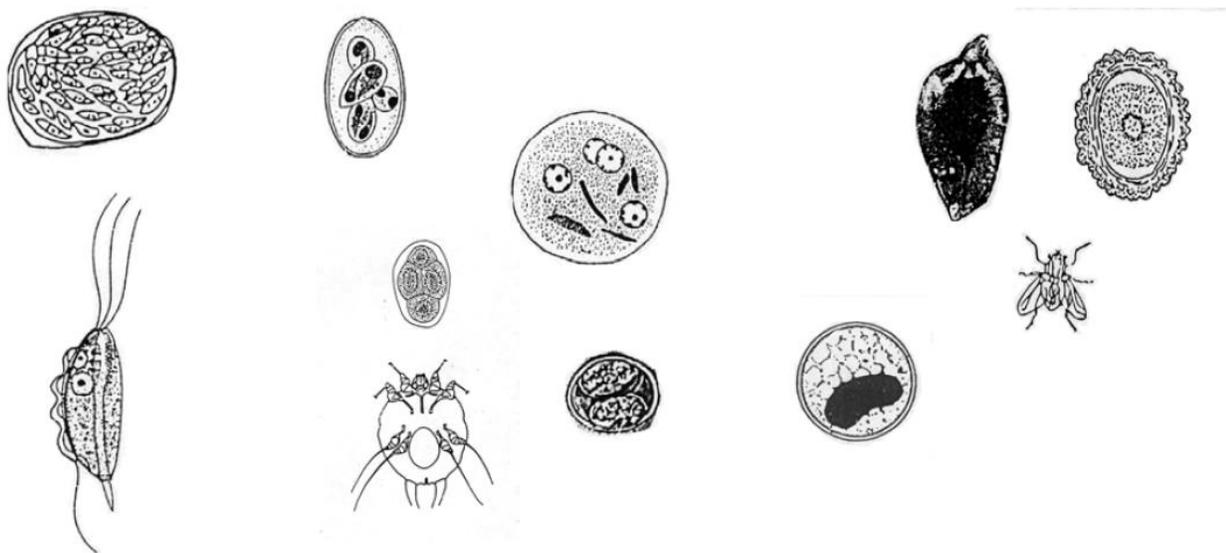


*Des ingrédients majeurs qui ont permis à la FAMV de renaître.*

*Merci*

# MANUEL DE ZOOLOGIE TROPICALE GENERALE ET APPLIQUEE

( à l'usage des étudiants haïtiens )



Jacques **BLAISE**

Joliver Joseph **TOUSSAINT**

Joseph Bertrand **DESROUILLERES**



**TOME I. - ANIMAUX PARASITES, PLANCTONIQUES,  
VENIMEUX ET VECTEURS DE MALADIES**

**A paraître très bientôt**