

CENTRE DE COOPERATION INTERNATIONALE  
EN RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT

*Département des Productions Fruitières et Horticoles*  
CIRAD-FLHOR

**RAPPORT DE MISSION**

**A L'ILE MAURICE**

**du 14 au 16 mars 1994**

**B. AUBERT**



## *Remerciements*

*Nous tenons à remercier M. Le Pr. KAILASH RUHEE, Ministre de l'Agriculture, de la confiance qu'il a témoignée envers le CIRAD-FLHOR au travers de l'action engagée avec le DARE.*

*Monsieur le Chef de la Mission de Coopération et d'Action Culturelle et M. NAIDOU, Directeur du DARE, sont également remerciés pour leur aide efficace.*

*Nous savons gré à Mme RAMBURN et à M. DYALL de nous avoir accompagnés lors des visites de vergers et de pépinières.*

*Enfin, nous remercions M. MALLESSARD pour la préparation minutieuse de cette mission.*

## Programme de visite

---

### *Lundi 14 mars 1994*

*Visites effectuées en compagnie de M. MALLESSARD, Mme RAMBURN et M. DYALL.*

- Conservatoire de "matériel de base agrumes" sous serre étanche aux insectes. REDUIT.
- Pépinière de BARKLY et parcs à bois haute densité.
- Site de DUBREUIL. Petits vergers agrumicoles dans la zone TDA.
- Verger à SANS-SOUCI (Association agrumes-gingembre).

### *Mardi 15 mars 1994*

- Visite des parcelles agrumes de BOIS-CHERI : diversification fruitière en zone à thé.
- Parcelles agrumes de CONSTANCE LA GAITE (côte est) : diversification fruitière en zone sucrière.
- Parcelles agrumes-goyaviers-anones-manguiers du domaine de LA BOURDONNAIS.

### *Mercredi 16 mars 1994*

- Réunion avec M. NAIDOU, Directeur du DARE.
- Réunion avec MM. JOOMAYE, PERMALOO et SMITH (entomologie).
- Visite à l'Ambassade de France pour rencontrer M. FRESLON (M.C.A.C).
- Audience accordée par le Ministre de l'Agriculture, le Pr. KAILASH RUHEE, en compagnie de MM. MALLESSARD, FRESLON, GOORDYALL et NAIDOU.
- Réunion de synthèse avec M. MALLESSARD.

## **1. Contexte général du développement des productions fruitières à Maurice**

**Le développement des productions fruitières offre une alternative à la diversification des cultures, notamment dans les régions tropicales insulaires très dépendantes de l'industrie sucrière.** Cette démarche retient aujourd'hui l'attention des autorités mauriciennes à plusieurs titres :

- L'augmentation progressive du niveau de vie s'accompagne d'un changement des comportements alimentaires, avec une part croissante revenant aux fruits et légumes par rapport à la diète énergétique de base.
- Pour subvenir aux besoins de sa population, d'une part, et de son industrie hôtelière, d'autre part, Maurice doit importer des fruits frais de diverses régions du monde (Afrique, Australie, Inde), ainsi que des jus et autres produits transformés. Un des objectifs de la diversification fruitière sera de substituer des produits nationaux à certaines importations, voire même d'envisager à terme un courant d'exportation très ciblé.
- Le progrès des connaissances agronomiques permet aujourd'hui de lever de nombreux obstacles techniques qui, jusque là, freinaient le développement de ces productions fruitières, particulièrement certaines contraintes phytosanitaires.

Dans la panoplie des spéculations fruitières qui s'offrent aux développeurs mauriciens, certaines font l'objet d'une attention particulière. Ainsi, la relance de l'**agrumiculture** apparaît prioritaire pour les raisons suivantes :

- Les agrumes font partie, avec les bananes, du groupe de fruits les plus consommés et leur diversité (oranges, mandarines, citrons, limes, pomelos, combavas, pamplemousses, kumquats, tangors, tangelos...) autorise un étalement des dates de récoltes sur 6 à 8 mois. Certains types d'agrumes peuvent en outre être stockés en chambre froide pendant 1 à 3 mois, ce qui représente un atout supplémentaire pour l'approvisionnement du marché local.
- La maîtrise des techniques agrumicoles constitue par ailleurs un garant de réussite pour d'autres productions du verger tropical. En effet, elle impose en premier lieu une gestion rationnelle des parcs à bois et pépinières et se poursuit par une planification rigoureuse des parcelles de production.

Lors de la visite d'expertise qui s'est déroulée du 14 au 16 mars 1994, en compagnie de M. MALLESSARD et de plusieurs agents du DARE, dont Mme RAMBURN et M. DYALL, l'accent a été mis sur les réalisations agrumicoles du Programme Fruitier. En marge de cette priorité, les actions entreprises sur le **manguier** et le **litchi** ont été passées en revue.

## 2. Le Conservatoire Agrumicole de REDUIT

La première démarche à engager en matière de développement agrumicole consiste à créer une collection de plants d'élite à partir de laquelle seront multipliés en filiation directe les greffons destinés aux pépinières. Cette nécessité n'avait pas échappé aux responsables mauriciens puisque dès les années 50 avec WIEHE et les années 60 avec JULLIEN des collections de pied-mère avaient été constituées. La **Dissémination inexorable du greening** devait cependant compromettre ces diverses tentatives de relance de l'agrumiculture locale. Aujourd'hui que l'on connaît mieux la dissémination de cette maladie d'une part et que des stratégies de contrôle ont été élaborées d'autre part, notamment dans l'île voisine de la Réunion, il devenait nécessaire de procéder au renouvellement du matériel végétal de départ et de créer un conservatoire.

### 2.1 Le fonctionnement du conservatoire

Le Conservatoire représente le lieu de maintenance sur longue durée du **matériel végétal de pré-base**, c'est-à-dire des pieds-mères à partir desquels seront créées les collections d'évaluation puis amplifiées les variétés d'intérêt économique (cf. Fig. 1).

Dans les conditions de l'île Maurice, il a paru opportun d'introduire le **matériel initial "source"** d'un établissement reconnu apte à délivrer des cultivars certifiés indemnes de maladie de dégénérescence, et dont les caractéristiques agronomiques aient fait l'objet d'un premier tri au champ. L'établissement choisi pour l'introduction de greffons a été la **Station de Recherche Agrumicole de San Giuliano en Corse**, reconnue par l'IPGRI, l'IOCV et la FAO. Les conditions d'obtention du matériel initial corse sont données en Annexe 1. Concernant les semis de porte-greffe, il a été fait appel à l'AVASA en Espagne, dont les compétences sont reconnues par ces mêmes instances internationales.

Le Projet de Développement Fruitier piloté par R. MALLESSARD avec l'appui financier de la Mission de Coopération et d'Action Culturelle de l'Ambassade de France (M.C.A.C.), a permis d'installer à REDUIT le conservatoire agrumicole mauricien en respectant les règles fondamentales propres à ce type de structure, à savoir :

☛ Plants cultivés en pots sur substrat désinfecté avec apport de solution nutritive ;

Confinement des plants sous serre thermo-régulée étanche aux insectes et équipée d'un sas d'entrée ;

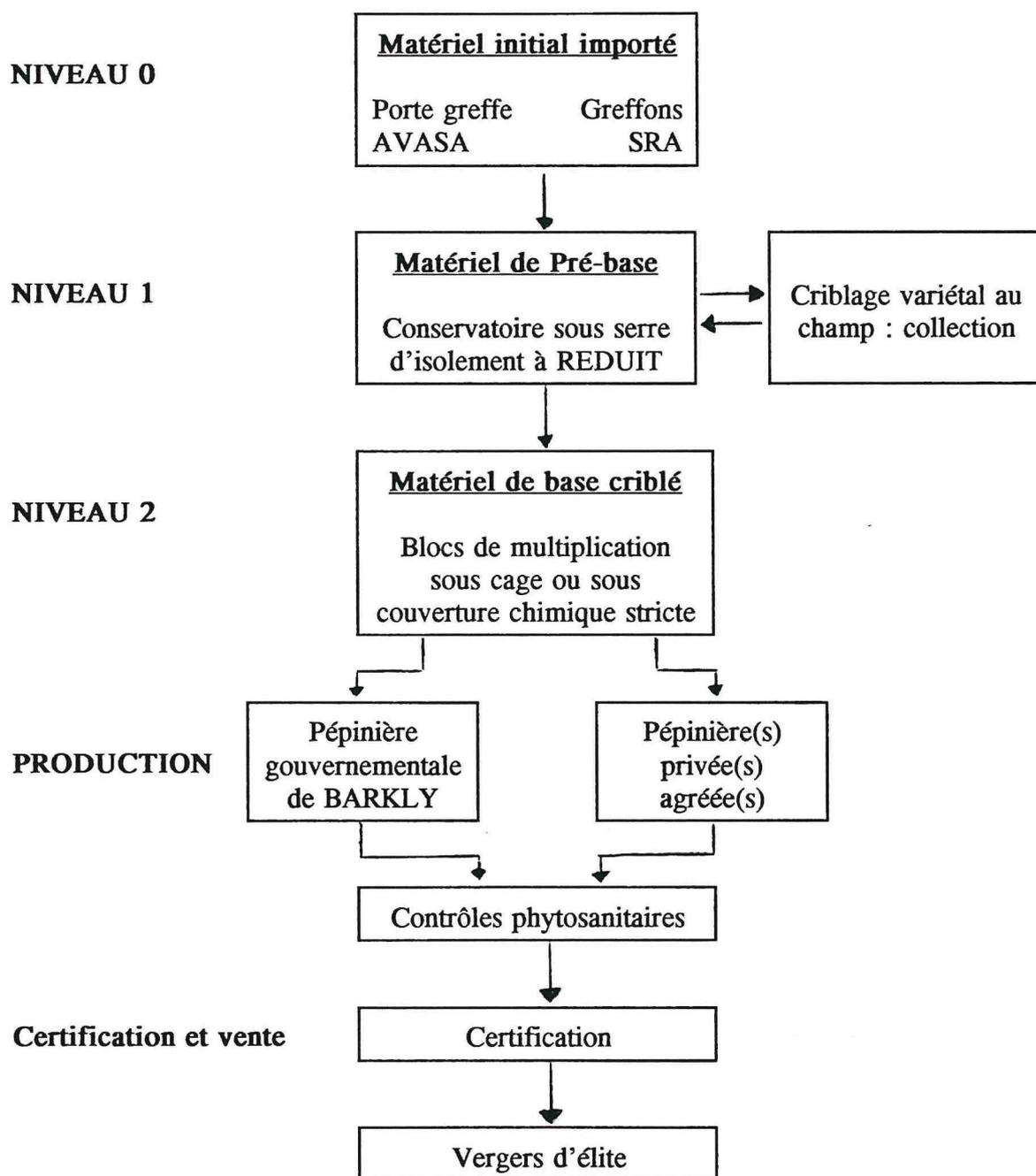
Précautions particulières pour éviter l'introduction accidentelle d'insectes vecteurs (psylles, pucerons), ou d'organismes nuisibles de type bactériens, fongiques ... ;

Etiquetage clair des individus conservés.

Ce conservatoire, véritable clef de voûte du dispositif, est dépositaire des **greffons têtes de lignées** à partir desquels sera développé le nouveau verger mauricien selon le schéma de la Fig. 1.

La circulation du matériel végétal doit se faire dans le sens descendant du schéma et jamais dans le sens ascendant. Pour le moment, il n'existe à Maurice qu'une seule pépinière destinataire de ce type de matériel, c'est la pépinière gouvernementale de BARKLY. Il est néanmoins urgent d'envisager à terme la création d'une ou deux pépinières agréées. Ces dernières pourront être confiées au secteur privé sous la condition qu'elles respectent un cahier des charges précis et que des inspections phytosanitaires soient effectuées régulièrement avant la délivrance des autorisations de vente des plants (certification).

Fig. 1 : Schéma de filiation et de certification du matériel agrumicole



## **2.2 La gestion**

Le conservatoire de REDUIT installé en 1992/93 dans une serre chapelle RICHEL offre des garanties phytosanitaires maximales pour préserver en longue durée le **matériel végétal de pré-base** : 1 à 2 plants par variété. L'amplification de ce matériel doit se faire dans une étape ultérieure sous forme de **bloc de multiplication** (voir pages 9 et 10). Pour la conservation du **matériel de pré-base**, il est donc recommandé d'avoir à faire à des individus de petite taille ce qui permettra d'élargir le nombre de cultivars afin d'optimiser la surface de serre disponible.

L'assortiment variétal composé jusqu'ici de 34 cultivars pourra être élargi. Nous proposons une liste de 37 nouveaux cultivars à l'introduction (Tab 1), avec un échelonnement dans le temps (7 à 10 cultivars par an). Il y a à cela deux raisons :

1. Les nouvelles introductions doivent se faire au fur et à mesure du criblage variétal au champ.
2. Certains cultivars qui figurent dans la liste du tableau 3 sont protégés et doivent faire l'objet d'accords spécifiques avec le(s) pépiniériste(s) utilisateur(s).

Un tri variétal devra être effectué afin de ne retenir qu'une vingtaine environ de cultivars les mieux adaptés aux conditions locales : contraintes phytosanitaires locales, goûts du consommateur mauricien etc... Il sera donc nécessaire de prévoir une **gestion évolutive** du conservatoire consistant à substituer les variétés qui n'auraient pas donné les résultats agronomiques et pomologiques escomptés par de nouvelles introductions prometteuses (ex : élimination de la Corsica 2 000 et de la Corsica 2 au profit de nouveaux hybrides).

Un moindre encombrement des individus conservés pourra être obtenu par des tailles régulières. Une autre alternative est l'emploi d'un porte-greffe nanisant comme cela se pratique dans certains conservatoires agrumicoles au Japon (ex : Flying Dragon). Des graines de ce cultivar qui appartient à l'espèce *Poncirus trifoliata* ont été envoyés à M. MALLESSARD et remis au DARE.

## **2.3 La maintenance**

La maintenance du conservatoire de REDUIT nous a paru très correcte : étanchéité, désinfection des outils de taille etc... Nous suggérons néanmoins l'installation d'un petit réceptacle de poudre d'oxychlorure de cuivre au niveau de la première porte du sas pour la désinfection des souliers du personnel technique ou des visiteurs occasionnels (prévention des contaminations de Phytophthora ou chancre citrique). Ce dispositif a été réalisé immédiatement après la visite.

Plus généralement, on pourra se référer aux recommandations édictées par ROISTACHER 1981 pour la conduite de ce type de structure. En ce qui concerne la maîtrise fine de la **culture hors-sol** des plants d'agrumes, on pourra suivre les recommandations de LEE et ROXBURGH (1993).

Tableau I

**Listes de cultivars introduits en 1992/93 et proposés pour  
l'introduction en 1994**

|                           | INTRODUI TS EN 1992/93<br>(conservatoire et parc à bois)  | PROPOSÉS À L'INTRODUCTION<br>EN 1994   |
|---------------------------|---|--|
| ORANGES                   | HAMLIN<br>VALENCIA LATE RHODE RED<br>WASHINGTON NAVEL<br>PINEAPPLE<br>PARSON BROWN<br>MARS EARLY  | MALTAISE DEMI-SANGUINE<br>BOKHOBZA<br>BARLERIN<br>RHODE SUMMER NAVEL*  |
| MANDARINES                | BEAUTY SRA 261<br>DANCY SRA 51<br>FUZHU SRA 599<br>COMMUNE SRA 270<br>CLÉMENTINE COMMUNE SRA 85<br>CLÉMENTINE 2000 GA 245<br>CORSICA 2 SRA 372<br>SIHUEGAN SRA 586<br>SATSUMA OWARI SRA 221<br>PONKAN SRA 585<br>SATSUMA WASE SRA 230 | CLÉMENTINE MA3<br>CLÉMENTINE HERNANDINA<br>CLÉMENTINE COMMUNE SRA 92<br>SATSUMA OKITSU SRA 346<br>SATSUMA MIYAGAWA SRA 444<br>APERINO SRA 361<br>CRAVO SRA 434<br>LEBON SRA 425<br>NATAL TIGHTSKIN SRA 481*<br>EARLY IMPERIAL SRA 520*<br>FEDERICI SRA 417*<br>EMPEROR LATE SRA 423*<br>WALLENT SRA 418*<br>HANSEN<br>ENCORE |
| HYBRIDES DE<br>MANDARINES | FAIRCHILD SRA 30<br>ELLENDALE SRA 331<br>ORTANIQUE SRA 110<br>UGLI SRA 505<br>MINNEOLA SRA 156<br>ORLANDO SRA 46  | PDXIE SRA 174*<br>FRÉMONT SRA 147<br>C 54-4-4 SRA 337*<br>MINNEOLA SRA 451<br>WEKIWA SRA 462<br>PEARL SRA 453<br>MAPO SRA 450<br>H56 SRA 465<br>CLÉMENTINE X CADENERA SRA 295*<br>ELLENDALE SRA 599  |
| LIMES                     | LIME SANS ÉPINE SRA 619<br>LIME BEARS SRA 616   |  |
| CITRONNIERS               | CITRON MEYER SRA 292<br>CITRON LISBONNE SRA 197<br>CITRON EURÉKA SRA 4  |  |
| PAMPLEMOUSSES             | PINK SRA 322<br>KAO PANNE 321<br>REINKING SRA 323   |  |
| KUMQUATS                  | MARUMI SRA 154<br>NAGAMI SRA 169  |  |
| DIVERS                    |   | BIGARADIER BOUQUETIER<br>BIGARADIER DU MAROC<br>BERGAMOTIER<br>COMBAVA<br>CÉDRAT DIAMANTE<br>CÉDRAT SACTODACTILIS<br>CALAMONDIN  |

\* Cultivars devant faire l'objet d'accords préalables

### 3. Le parc à bois de BARKLY

#### 3.1 Effectif d'arbres plantés et mode de conduite

Afin d'accélérer la procédure d'approvisionnement du matériel végétal certifié, et sans attendre que les niveaux 1 et 2 du schéma de filiation (Fig 1) soient opérationnels, un parc à bois a été directement installé en 1993 avec des greffons provenant de Corse, c'est-à-dire avec du matériel végétal source. La plantation qui s'est échelonnée sur plusieurs mois comporte un total de 415 arbres, répartis en 34 cultivars comme indiqué au Tab. 1 (côté gauche).

Les cultivars les plus demandés tels que les mandariniers **Beauty**, **Dancy**, **Commune**, **Clémentine commune** ou le **Tangor ortanique** sont représentés par une trentaine d'individus chacun. Il n'était pas nécessaire d'effectuer pour eux un tri variétal au champ puisqu'ils avaient déjà fait leur preuve tant à Maurice qu'à la Réunion, d'où la décision de les propager rapidement **en grande série**. Pour les autres sélections, les effectifs sont plus réduits : 5 à 16 individus par variété selon le cas.

La formule retenue pour ce parc à bois représente donc un compromis entre la nécessité **d'amplifier** rapidement le matériel végétal pour subvenir aux besoins de la pépinière et celle de **cribler les cultivars nouveaux** sur la base de leur performance agronomique/pomologique. Elle constitue donc une **étape intermédiaire** qui pourra fonctionner jusque vers 1996/97 époque d'entrée en fonctionnement du schéma Fig 1.

#### 3.2 Couverture phytosanitaire et suivi agronomique de l'actuel parc à bois de Barkly

Tous les plants de ce parc à bois ont été greffés à l'origine sous serre "insect-proof" et soumis dès leur installation au champ à une couverture chimique hebdomadaire. Cette dernière qui consiste en une séquence ternaire de Lannate, Thiodan et Folimat assure une bonne protection contre les insectes vecteurs (pucerons - psylles) sans pour autant fournir de sécurité absolue notamment vis-à-vis de la Tristeza. Cette maladie ne peut toutefois être considérée comme un obstacle majeur, dans la mesure où les associations porte-greffe/greffons choisies sont tolérantes (Mandariniers ou Orangers sur Citranges). Par contre, l'élimination dans l'environnement de BARKLY de plants hôtes de psylles (*Murraya paniculata* ou *Murraya Koenigii*) est indispensable pour assurer des conditions élémentaires de prévention vis-à-vis des vecteurs du **Greening**. Non seulement il est essentiel d'éliminer ces Rutacées ainsi que toute trace de plants d'agrumes atteints de greening dans un rayon de sauvegarde qui devrait atteindre deux à trois kilomètres, mais aussi de surveiller d'éventuelles apparitions de psylles par inspections minutieuses des jeunes pousses et mise en place d'un réseau de pièges jaunes englués (cf. rapport de S. Quilici).

Au plan agronomique, des sondages par diagnostic foliaire seront entrepris pour vérifier le niveau en macro ou oligo-éléments, et si nécessaire les corriger. On veillera notamment à maintenir des teneurs en zinc et manganèse qui soient conformes aux normes préconisées par le CIRAD-FLHOR (contacts à établir avec le laboratoire de M. MARCHAL du CIRAD-FLHOR à Montpellier).

Par ailleurs, il conviendra d'assurer un suivi plus rigoureux du système d'irrigation localisé : contrôle des débits, purges des distributeurs, arrosages dosés en fonction de la pluviométrie et des contraintes climatiques afin de satisfaire au mieux les besoins de la plante.

### **3.3 Proposition d'une nouvelle stratégie**

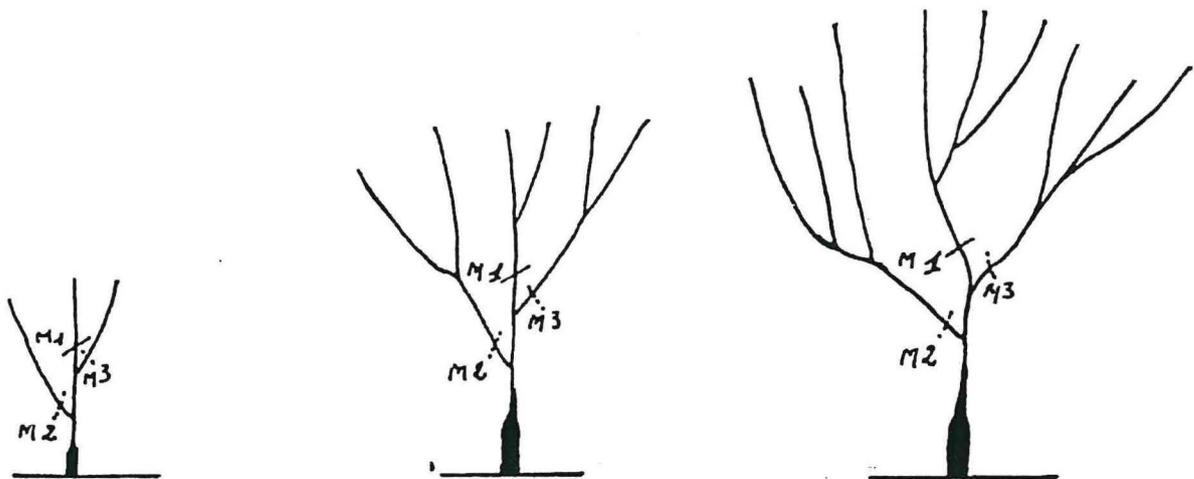
Compte-tenu des propositions d'élargissement de la gamme variétale, lesquelles sont de nature à conforter l'agrumiculture locale pour mieux répondre aux attentes des consommateurs et des industriels, nous préconisons la mise en place d'ici à 1995-1996 d'une structure visant à dissocier :

- ▶ l'étude du **comportement en collection** laquelle constitue une étape indispensable de **criblage variétal** dans les conditions écologiques mauriciennes et hors du circuit de filiation sanitaire d'une part,
- ▶ de l'**amplification du matériel** sélectionné et criblé d'autre part (niveau 2).

Dans le premier cas, il n'est pas nécessaire d'assurer une couverture chimique absolue et onéreuse puisque l'objectif recherché est la vérification de la conformité variétale et des performances pomologiques. Il est cependant essentiel de mettre en oeuvre des stratégies de protection contre le **chancre citrique**, le **greening** ainsi que les divers organismes dits "de qualité" : acariens, cochenilles, teignes... dont les attaques risquent de biaiser l'évaluation agronomique.

Dans le deuxième cas, il s'agit de résoudre le problème de l'amplification accélérée et en filiation sanitaire directe du **matériel criblé**, lequel sera nécessairement fourni en quantités limitées par le Conservatoire de REDUIT. Il pourrait alors être fait appel au système de **bloc de multiplication**. Le bloc de multiplication consiste à installer un mini-verger à ultra-haute densité (5 à 6 000 pieds/ha) destiné uniquement à fournir des greffons. Cette plantation reçoit une couverture chimique hebdomadaire et son exploitation dure 3 ans au maximum, terme au bout duquel elle est arrachée puis renouvelée en repartant sur du matériel de **pré-base**. Une autre alternative est de l'installer sous cage d'isolement. Dans l'un et l'autre cas, on peut mettre en place un système d'exploitation ternaire de collecte des greffons, telle que décrite Fig. 2 et 3, ce qui permettra d'atteindre un coefficient multiplicateur de 60 en première année, 120 en seconde et 180 en troisième. **La formation d'un technicien à ce système d'amplification serait à prévoir dès 1995 avec un séjour en Corse.**

**Grâce à la mise en place d'un tel système à Maurice, il sera possible d'assurer un auto-apvisionnement en matériel certifié avec un maximum de garanties tant au plan sanitaire qu'au plan sélection variétale.**



ANNEE 1

Plant composé de  
3 rameaux

Nombre d'yeux  
par campagne  
 $3 \times 10 = 30$

ANNEE 2

Plant composé de  
3 doubles rameaux

Nombre d'yeux  
par campagne  
 $2 \times 3 \times 10 = 60$

ANNEE 3

Plant composé de  
3 rameaux triples

Nombre d'yeux  
par campagne  
 $3 \times 3 \times 10 = 90$

M = Mois

Fig. 2 : Six mois après le greffage, on effectue un prélèvement de greffons échelonné sur 2 fois 3 mois. On laisse reposer un mois entre ces deux séries de prélèvements, ce qui donne une séquence : 3 mois d'exploitation + 1 mois de repos + 3 mois d'exploitation = 7 mois. Au total, un même rameau sera exploité à 4 mois d'intervalle en saison d'été. Ensuite, on laisse se reconstituer la végétation pendant les 5 mois d'hiver austral avant d'engager une nouvelle année d'exploitation. Le schéma général de prélèvement sur trois ans est donné en Fig. 3

**Fig. 3 : Schéma d'exploitation d'un plant certifié et criblé en bloc de multiplication**

|                  | Mois   | Nb. de baguettes | Nb. d'yeux | Yeux /saison | Yeux/Campagne /Plant |
|------------------|--|------------------|------------|--------------|----------------------|
| campagne année 1 | Septembre  | 1                | 10         |              |                      |
|                  | Octobre  | 1                | 10         | 30           |                      |
|                  | Novembre   | 1                | 10         |              |                      |
|                  | Décembre : <u>repos</u>                            |                  |            |              | 60                   |
|                  | Janvier  | 1                | 10         |              |                      |
|                  | Février  | 1                | 10         | 30           |                      |
|                  | Mars   | 1                | 10         |              |                      |
|                  | Avril / Mai / Juin / Juillet / Août : <u>repos</u> |                  |            |              |                      |
| campagne année 2 | Septembre  | 2                | 10         |              |                      |
|                  | Octobre  | 2                | 10         | 60           |                      |
|                  | Novembre   | 2                | 10         |              |                      |
|                  | Décembre : <u>repos</u>                            |                  |            |              | 120                  |
|                  | Janvier  | 2                | 10         |              |                      |
|                  | Février  | 2                | 10         | 60           |                      |
|                  | Mars   | 2                | 10         |              |                      |
|                  | Avril / Mai / Juin / Juillet / Août : <u>repos</u> |                  |            |              |                      |
| campagne année 3 | Septembre  | 3                | 10         |              |                      |
|                  | Octobre  | 3                | 10         | 90           |                      |
|                  | Novembre   | 3                | 10         |              |                      |
|                  | Décembre : <u>repos</u>                            |                  |            |              | 180                  |
|                  | Janvier  | 3                | 10         |              |                      |
|                  | Février  | 3                | 10         | 90           |                      |
|                  | Mars   | 3                | 10         |              |                      |
|                  | Avril / Mai / Juin / Juillet / Août : <u>repos</u> |                  |            |              |                      |

#### 4. La pépinière de BARKLEY

La pépinière fruitière de Barkley est actuellement le seul établissement officiellement habilité à délivrer des plants de citrus dans l'île. Sa capacité de production a atteint 43 300 plants fruitiers en 1993, répartis comme suit :

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| - Agrumes                  | 10 106 |
| - Plants de vigne (import) | 11 400 |
| - Marcottes de litchi      | 6 011  |
| - Litchis greffés          | 1 513  |
| - Manguiers greffés        | 1 425  |
| - Divers greffés           | 1 326  |
| - Divers semis             | 11 453 |

Cette pépinière a été réaménagée dans le cadre du projet fruitier de façon à la doter d'infrastructures performantes :

- ▶ nouveau parc à bois après destruction de l'ancien contaminé entre autre par le chancre et le greening,
- ▶ équipement de deux serres tunnel Richel avec système de brumisation pour faciliter les reprises de greffage et la réception d'autres plants fruitiers (vignes de table).
- ▶ ombrière d'acclimatation,
- ▶ surface de stockage et exposition à la vente.

Compte-tenu de l'évolution actuelle de la demande, il nous paraît urgent d'envisager de tripler la production de plants d'agrumes de la pépinière de BARKLY. En effet, il est raisonnable de tableer d'ici à dix ans sur une consommation moyenne de 15 kg d'agrumes frais par habitant et par an, soit une demande potentielle de 15 000 tonnes. Dans ces conditions, il conviendrait de planter 750 ha d'agrumes, et pour cela produire environ 250 000 à 280 000 plants entre 1994 et 2004. Comme la pépinière de BARKLY aura du mal à atteindre ce niveau de production, nous recommandons de promouvoir et d'habiliter au moins une pépinière privée apte à délivrer du matériel végétal certifié. Selon certaines informations, les commandes de plants d'agrumes non satisfaites totaliseraient actuellement 100 000 plants.

**EN RESUME :** Il convient de porter rapidement à 30 000/an le nombre de plants d'agrumes proposés à la vente.

### 4.3 La certification

La certification consiste à surveiller les différentes phases de l'élaboration des plants : préparation des porte-greffe, greffage, formation du scion. Elle aboutit à la pose d'une étiquette réglementaire par l'organisme qui a assuré les contrôles (deux à trois visites par an), contrôles qui peuvent être facturés aux pépiniéristes. Elle couvre deux aspects :

- ▶ la filiation sanitaire,
- ▶ la conformité variétale.

Dans le cas de l'île Maurice, il serait bon que l'organisme chargé de la certification travaille en étroite relation avec le DARE et confie à celui-ci tout ou partie des tâches de surveillance.

Des actions de formation spécifique orientée sur la certification de matériel fruitier (en particulier citrus) doivent être organisées pour les officiers scientifiques concernés.

## 5. Extension du verger

Les premiers vergers établis selon le nouveau schéma de filiation sanitaire et qui ont été visités respectivement à "Sans-Souci", "Dubreuil", "Bois Chéri" en compagnie de M. MALLESSARD, Mme RAMBURN et M. DYALL, constituent un bon exemple de la finalité des structures mises en place à REDUIT et BARKLY.

Ce redéploiement du verger agrumicole mauricien doit aller de pair avec l'**intensification du programme de lutte biologique contre les deux psylles vecteurs du greening *Trioza enytreae* et *Diaphorina citri***. Concernant cette question, un programme d'intervention a été proposé par M. QUILICI et qui reprend puis adapte la stratégie développée à l'île de la Réunion entre 1973 et 1983. La mise en application des recommandations de M. QUILICI sera de nature à éviter les recontaminations des vergers nouvellement plantés par la bactérie du greening. Il sera essentiel aussi d'éradiquer les vieux plants d'agrumes contaminés dans un rayon de 4 à 5 km et d'y éliminer les Rutacées hôtes de ces vecteurs (principalement *M. paniculata* et *M. koenigii*). **Cette recommandation forte est évidemment toujours valable pour l'ensemble des vergers de l'île, y compris ceux des stations expérimentales du MINAGRI.**

L'objectif recherché par le programme fruitier est d'implanter un verger agrumicole **fait sur mesure** c'est-à-dire qui réponde parfaitement aux spécificités du contexte mauricien. Il a été clairement indiqué dans ce qui précède que l'aspect sanitaire constituait un **préalable incontournable**. Mais au-delà de cette première condition, il convient d'imaginer des formules qui puissent satisfaire au maximum les producteurs locaux : choix des porte-greffe donnant des arbres compacts, définition des meilleures densités de plantation, techniques de préparation du sol, montée en production rapide des vergers implantés, ajustement variétal en fonction des préférences locales, choix des cultures intercalaires, étude de rentabilité...

Pour tous ces aspects d'utiles, informations pourront être recueillies auprès des spécialistes du CIRAD-FLHOR de la Réunion.

Un effort particulier devra être engagé sur la zone du Plateau Central où il est prévu de développer les cultures de diversification (au rang desquelles figurent l'agrumiculture), en remplacement du thé. On enregistre une forte motivation des producteurs locaux qui ont d'ores et déjà innové en matière de pratiques culturales : association agrumes-gingembre ou agrumes-cultures légumières.

## 6. Le Litchi

Selon une étude de la Division du Développement du Ministère de l'Agriculture, citée par R. MALLESSARD, le parc de litchis à Maurice atteindrait près de 40 000 individus. Les plus fortes concentrations se situent par ordre d'importance dans les régions de Plaine Wilhems, Pamplemousse, Rivière des Remparts et Flacq. Ce contingent comprend une proportion notable d'*arbres de cours* avec en regard une minorité de vergers organisés. A Maurice, il est de tradition de multiplier par marcottage aérien un cultivar connu sous le nom de TAI-SO ou MAURITIUS. Il s'agit d'une sélection de KWAI-MI. On note par ailleurs la présence d'une collection de 12 variétés dont le comportement fait l'objet d'études réalisées par le DARE.

Le renforcement de la filière litchi suppose une série d'actions à entreprendre sur trois niveaux :

- Elargir la gamme variétale pour identifier un cultivar à gros fruits, de belle coloration, petit noyau et de maturité précoce. Des introductions sont à envisager d'Asie, notamment de Chine (provinces de Canton et de Fuzhou). Le DARE pourra s'impliquer dans cette démarche en respectant une stricte quarantaine à l'introduction. Les principaux organismes nuisibles inféodés aux vergers asiatiques et qu'il faudra surveiller sont les suivants :

|   |  |
|---|--|
| <i>Xylotrupes gideon</i> (Linn) :         | Coléoptère   |
| <i>Cryptophlebia ombrodella</i> (Lower) : | Chenille   |
| <i>Deudorix epijardas</i> Moore :         | Papillon piqueur   |
| <i>Acrocerops cramerella</i> Snellen :    | Thrips du pédoncule  |
| <i>Tessaratomya papillosa</i> Drury :     | Hémiptère semblant être impliqué dans la transmission de la maladie du balai de sorcière des inflorescences. |
| <i>Eriophes</i> sp. :                     | Un acarien responsable de la déformation des feuilles.   |
| <i>Pseudoperonospora litchi</i> :         | Un champignon attaquant les feuilles et les fruits.  |

- Mise au point de techniques de propagation clonale fiables, soit par micro-boutures ou par greffage. Dans ce dernier cas, il sera opportun de repérer des porte-greffe adaptés aux cultivars devant être multipliés.

L'objectif est de renforcer l'ancrage du jeune plant au cours de la période 2 à 15 ans qui correspond à la plus grande vulnérabilité aux vents cycloniques.

- Adaptation des techniques culturales en vergers organisés avec un accent sur l'alimentation hydrominérale, les techniques de taille de **formation**, de **fructification** et de **rajeunissement**. L'objectif visé sera d'assurer une régularité des récoltes en évitant l'alternance et de faciliter les floraisons précoces pour obtenir des récoltes en début de campagne. L'emploi de phytohormones couplé à des techniques d'incision annulaire pourra faire l'objet d'expérimentation au champ.

Les exportateurs de l'île Maurice ont essayé de jouer la carte de la précocité en se positionnant sur le marché du **litchi "primeur"**. Cette démarche ne doit pas rester simplement au stade de la déclaration d'intention mais déboucher sur des actions concrètes. Toute tentative allant dans le sens d'un avancement de la date de récolte devra être basée sur un contrôle rigoureux de la maturité physiologique du fruit. Faute de quoi, on sacrifierait la qualité gustative et compromettrait gravement **la cote de confiance** de la production mauricienne.

## 7. Le manguier

L'île Maurice dispose d'un patrimoine génétique "manguier" notable, résultat d'une sélection effectuée par l'homme sur plusieurs siècles dans un environnement insulaire.

DU PAVILLON, 1954, a fait un inventaire des principales variétés mauriciennes dont les plus connues sont **Aristide, Baissac, Orphée, Champaux, Maisonrouge, Divine, Eugénie, Victoria, Figette, ...**

On doit au Réunionnais OTAIRE PAYET la technique du greffage en couronne, laquelle commença à être utilisée aux Mascareignes à partir de 1830. PAYET fit plusieurs voyages à Maurice où il introduisit les meilleures variétés originaires de Bourbon. Il reste encore deux vergers qu'il a constitués dont celui de La BOURDONNAIS à Mapon.

Il n'est pas évident toutefois de repartir systématiquement avec des variétés locales pour relancer une filière mangue économiquement viable. Certes, la variété MAISONROUGE polyembryonnée avec son tronc puissant et son ancrage robuste constitue un excellent porte-greffe. Toutefois, sur le plan variétal, peu de cultivars locaux répondent aux normes de tolérance à la bactériose à *Xanthomonas* et de tenue en post-récolte. Les essais de comportement au champ entrepris dans les années 70 à la Réunion ont été, de ce point de vue, assez décevants et aucune des variétés mauriciennes testées à l'époque n'a résisté à l'épreuve des contaminations bactériennes massives qui sont apparues après les passages de cyclones (AUBERT, 1975, FRUITS, vol 30, N°7-8 et 1981, vol 2).

Il convient d'axer délibérément le choix variétal en pépinière sur des sélections :

- 1) tolérantes à *Xantomonas campestris pv. mangifera indicæ*,
- 2) de belle coloration,
- 3) de bonne tenue en post-récolte.

Certaines sélections comme **Early Gold** d'origine floridienne ou les nouveaux hybrides sud-africains répondent à ces exigences. Le DARE devra prendre les contacts nécessaires pour engager cet ajustement variétal. Parallèlement, des mesures de protection des ressources génétiques locales devront être prises pour aménager la collection de LA BOURDONNAIS en opérant un choix judicieux parmi la soixantaine de cultivars locaux qui s'y trouvent.

## 8. Conclusion

L'activité **Agrumes et Arboriculture Fruitière** à l'île Maurice représente un atout de taille dans les programmes de diversification. Les autorités mauriciennes l'ont bien compris et proposent d'ores et déjà des mesures incitatives pour conforter ce secteur de production.

Le programme fruitier engagé par le DARE, avec l'appui de la Mission d'Aide et de Coopération de l'Ambassade de France, devra se fixer comme objectif prioritaire la production d'un **matériel végétal d'élite soigneusement sélectionné au plan des performances agronomiques et pomologiques, irréprochable quant à son état sanitaire et obtenu selon des techniques de pépinières modernes**. C'est le plus sûr garant de constituer des vergers économiquement viables.

Parallèlement à cette priorité, il conviendra d'ajuster les itinéraires techniques pour que les arboriculteurs mauriciens atteignent le professionnalisme qui est indispensable à l'ouverture de nouveaux marchés extérieurs, au-delà du marché intérieur déjà sous-approvisionné.

Les premiers **résultats prometteurs de ce programme laissent bien augurer de l'avenir**, mais il importe de ne pas relâcher l'effort car toute mise au point nouvelle dans cette filière de production est le résultat d'un travail patient et méthodique.

*Normes techniques et scientifiques  
du matériel végétal SRA  
et liste des cultivars et variétés*



## Le conservatoire de ressources génétiques d'agrumes de la station de San Giuliano en Corse Une collaboration entre l'INRA\* et le CIRAD-FLHOR\*\*

Les premiers travaux d'installation du conservatoire d'agrumes de San Giuliano en Corse remontent à 1958.

Le but initial était de regrouper les meilleures sélections pomologiques de l'île issues notamment du bassin méditerranéen et de les tester par indexation afin de ne retenir que les sujets indemnes de maladies transmissibles par greffage.

Par la suite, un programme d'assainissement a été mis sur pied pour diversifier la gamme variétale en élargissant les introductions à l'ensemble des pays agrumicoles.

L'originalité de ce conservatoire réside dans le fait que les variétés sont conservées sous forme d'arbres sains en vergers. Cela confère l'avantage de vérifier leurs caractéristiques pomologiques et de pouvoir diffuser une quantité relativement importante de greffons indemnes de maladies transmissibles connues. Le processus de régénération / multiplication se déroule en plusieurs phases au cours desquelles l'état sanitaire des plants est régulièrement contrôlé. Ce matériel sélectionné est diffusé auprès des producteurs, pépiniéristes et organismes officiels désireux de mettre sur pied un programme de production de matériel certifié.

Le conservatoire de San Giuliano comprend actuellement 9 genres, 62 espèces, 33 types d'hybrides, regroupant 518 cultivars et 297 porte-greffe, soit au total 815 références différentes.

### Contexte phytosanitaire de la Corse

La Corse est une île méditerranéenne de 8700 km<sup>2</sup> située à hauteur du 42° parallèle Nord. Elle est distante de 170 km des côtes continentales françaises, de 80 km de la péninsule italienne, et séparée de la Sardaigne par un détroit de 15 km.

\* INRA : Institut National de Recherche Agronomique, SRA San Giuliano, 20230 San Nicola, Corse, France.

\*\* CIRAD-FLHOR : Centre de coopération internationale en recherches agronomiques pour le développement, Département des productions fruitières et horticoles (ex IRFA), BP 3035, 34032 Montpellier Cedex 1, France.

Cette île occupe sur le plan agrumicole une place privilégiée en raison de son contexte phytosanitaire particulier qui résulte non seulement de l'insularité, mais aussi de surfaces plantées relativement modestes et peu diversifiées jusqu'à la fin des années 1950, époque à partir de laquelle un schéma de sélection sanitaire a pu être mis sur pied.

Ainsi, cette île se trouve aujourd'hui indemne de tristezza. Toutefois, une souche, n'exprimant pas de symptômes sur les associations sensibles, et non transmissible naturellement dans les conditions de la Corse, a été observée sur kumquat et éradiquée (ALBERTINI *et al.*, 1988 ; BOVE *et al.*, 1988). La Corse est également exempte de mal secco, maladie cryptogamique rencontrée sur le pourtour méditerranéen. En outre, les symptômes de la maladie du Stubborn causée par *Spiroplasma citri* sont très faibles ou inexistantes. Cependant on a observé des cicadelles porteuses de l'agent causal en zone de maquis (BRUN *et al.*, 1988). Enfin le virus du vein enation woody gall n'a jamais été détecté en Corse malgré les nombreuses indexations de routine effectuées sur lime mexicaine et sur *Citrus volkameriana*.

Les 4 maladies dont il est question ci-dessus figurent dans la nouvelle législation européenne comme maladies de quarantaine, car elles sont susceptibles de se propager naturellement en Europe méridionale par insectes vecteurs ou par propagules.

Certaines maladies dites de "qualité" existent cependant en Corse mais ne sont transmissibles que par l'homme (par greffage ou par outil de taille). Au rang de ces dernières, VOGEL et BOVE ont identifié dès 1962 la psorose, l'exocortis, le cristicortis, la panachure infectieuse, la cachexie, l'implé-tratura.

L'ensemble de ces maladies a fait l'objet d'un programme d'assainissement ayant pour objectif d'établir à la station de San Giuliano une collection de plants d'agrumes indemnes de maladies transmissibles par greffage (VOGEL *et al.*, 1988).

### Historique du conservatoire génétique de San Giuliano

Depuis près de 35 ans, le CIRAD-FLHOR et l'INRA conjuguent leurs efforts pour conduire ce programme de sélection sanitaire. Dans un premier temps le travail a consisté à regrouper sur la station de San Giuliano diverses espèces et cultivars disponibles dans le bassin méditerranéen. En cela la station de San Giuliano est inscrite dans la filiation des travaux entrepris précédemment par CHAPUT (1955) au Maroc et BLONDEL (1951) en Algérie, pour constituer des collections. Toutes les introductions venues en Corse ont été indexées sur plantes indicatrices afin d'éliminer les cultivars qui étaient porteurs des maladies transmissibles par greffage (VOGEL, 1966 ; VOGEL *et al.*, 1988).

Dans le même temps d'autres introductions en provenance d'Amérique, d'Asie, d'Afrique et d'Australie étaient effectuées sous forme de graines afin d'obtenir des plants sains d'origine nucellaire (CASSIN and LUYSSON, 1977 ; CASSIN, 1978). Enfin, lorsque, à partir de 1984, la technique de régénération par microgreffage d'apex fut maîtrisée (NICOLI, 1984), diverses introductions furent effectuées sous forme de greffons contrôlés ou assainis suivant le schéma décrit par NAVARRO *et al.*, (1988).

Grâce à ce nouveau procédé, il est devenu possible d'élargir la collection aux espèces ou cultivars monoembryonnés tels que le clémentinier et le bergamotier. Une soixantaine de variétés originaires d'Asie du Sud-Est ont pu être introduites dans le cadre du programme ASIAGRU (1) (AUBERT, 1991) en éliminant les risques de contamination par des agents pathogènes non méditerranéens tels que la bactérie du greening, le virus du tatter leaf, et la bactérie du chancre citrique.

Parallèlement des introductions de porte-greffe ont été effectuées exclusivement sous forme de graines, en provenance de l'ensemble des pays agrumicoles. Des sélections ont été réalisées, notamment pour le genre *Poncirus*, pour lequel la station dispose d'une grande collection (JACQUEMOND *et al.*, 1986). Le conservatoire comporte également quelques représentants des genres apparentés appartenant à la tribu des *Citreae*.

Actuellement plus de 500 variétés et près de 300 porte-greffe provenant de 33 pays agrumicoles sont regroupés à San Giuliano. Les variétés assainies sont toutes répertoriées sous un numéro précédé du sigle SRA (Station de Recherches Agronomiques). Ce matériel végétal est présenté dans les tableaux 1 et 2 suivant les principaux groupes de variétés et porte-greffe.

1. ASIAGRU : Collectes effectuées de 1987 à 1990 dans le cadre du Projet régional PNUD-FAO de relance de l'agriculture dans 7 pays du Sud-Est asiatique.

2. PCR : Polymerase Chain Reaction.

3. sPAGE : Sequential Polyamid Gel Electrophoresis.

### Techniques pour la détection des agents pathogènes

Au fur et à mesure de la constitution du conservatoire agrumicole de San Giuliano les moyens mis en œuvre pour détecter les agents pathogènes ont évolué. Ils font ou ont fait appel à un total de 10 plantes indicatrices. Ces dernières sont cultivées en serre « froide » (18 à 25 °C) ou « chaude » (27 à 32 °C). L'inoculation a lieu par greffage d'un fragment de la plante à tester (écorce, feuille) sous l'écorce de la plante indicatrice (tableau 3).

De nouvelles méthodes ont permis de s'affranchir partiellement de la nécessité de cultiver certaines plantes indicatrices ou de réduire leur temps de culture. Ainsi le virus de la tristezza peut maintenant faire l'objet d'un dépistage par test sérologique à l'aide d'anticorps spécifiques. La technique d'immuno-capture couplée à la PCR (2) est envisagée pour le spiroplasma des stubborn (SALLARD *et al.*, 1993). Pour le greening, des sondes moléculaires ont été obtenues (VILLECHANOUX *et al.*, 1992).

Les viroïdes sont aujourd'hui mis en évidence par électrophorèses successives (technique sPAGE) (3). Au cours des 30 dernières années la détection des viroïdes de l'exocortis et de la cachexie a connu l'évolution suivante :

- \* indexation sur *Poncirus trifoliata* et tangelo Orlando ; 3 ans pour l'exocortis et plus de 5 ans pour la cachexie (VOGEL, 1966) ;

- \* utilisation des cédratiers Etrog 60-13, puis 861-S1 sous serre chaude pour la détection de l'exocortis selon la technique de CALAVAN *et al.* (1964) ; la durée de détection a été réduite à 12 mois dès 1965 (VOGEL, 1966) ;

- \* adoption du mandarinier Parson Special pour l'indexation de la cachexie-xyloporose (ROSTACHER *et al.*, 1973) ; la durée de la détection de la cachexie a été réduite à 12 mois (VOGEL et BOVE, 1976) ;

- \* enfin, depuis 1991, utilisation des électrophorèses successives, technique adaptée par DURAN VILA *et al.* (1988) sur extrait de plante indicatrice (CARUANA *et al.*, 1992) (cédratier 861-S1) : la durée de détection est réduite à 4 mois et il devient possible d'identifier les 12 viroïdes connus, dont ceux induisant la cachexie et l'exocortis.

Qu'elles fassent appel à la sérologie ou à la biologie moléculaire, les nouvelles techniques de détection permettent de raccourcir les temps de réponse et d'affiner le diagnostic.

### Schéma actuel de sélection sanitaire

Actuellement l'introduction et la régénération de tout nouveau matériel végétal mettent en œuvre les procédures suivantes (FRISON and TAHER, 1991) :

1. Désinfection des greffons, dès leur arrivée, à l'hypochlorite de sodium à 5 % de chlore actif pendant 20 min,

suivie d'un traitement au TMTD à 8 g/l. Tous les emballages et le matériel végétal en mauvais état sont incinérés.

2. Forçage en phytotron à 32 °C sur sable humide.

3. Microgreffage *in vitro* sur citrange Troyer ou citrange Carrizo selon la technique décrite par NICOLU (1984).

4. Après 2 à 6 semaines, deuxième greffage sur *Citrus volkameriana* des vitroplants obtenus après développement de l'apex, selon la technique décrite par VOZEL *et al.* (1988).

5. Culture en chambre climatique 4 à 6 semaines à 27 °C.

6. Mise en quarantaine sous serre et vérification sanitaire selon les procédures présentées dans le tableau 3.

7. Plantation en parcs à bois de plein air; vérifications pomologiques sur 3 récoltes.

La gestion de ces parcs à bois de plein air suppose une surveillance constante se traduisant notamment par :

- des inspections vis-à-vis des viridites tous les 3 à 5 ans ;
- la surveillance des vecteurs potentiels, notamment de cicadelles vectrices du stubborn, dans les parcelles à l'aide d'un réseau de pièges jaunes ;
- la mise en œuvre tous les 3 ans de dépietages systématiques de la tristezza par test ELISA ;
- la vérification de l'absence de symptômes corticaux d'exocortis sur *Poncirus*, porte-greffe le plus largement utilisé dans les parcs à bois ;
- la vérification périodique de l'absence de mutations visibles.

### Le conservatoire de San Giuliano : une base pour l'évaluation génétique des agrumes

La conservation de 3 à 4 arbres adultes en plein champ pour chaque cultivar autorise des évaluations pomologiques, morphologiques et phénologiques. L'adaptation des cultivars aux conditions locales peut également être estimée. L'ensemble des observations sera prochainement géré grâce au système de base de données informatisé développé par COTTIN *et al.*, (1992).

Outre les groupes utilisés à des fins horticoles, le conservatoire renferme diverses espèces appartenant à la tribu des *Citreae*. La base génétique disponible est ainsi tout à fait adaptée à l'analyse de l'organisation de la diversité génétique des agrumes. Un travail de caractérisation génétique a été entrepris à l'aide de marqueurs moléculaires (isozymes,

RFLP, RAPD) et de la cytométrie en flux (OLLITRAULT et FAURE, 1992; LERO *et al.*, 1993; OLLITRAULT et MICHAUX-FERRIERE, 1993). Au-delà des conclusions phylogéniques et évolutives, les structures mises en évidence permettent de mieux raisonner la gestion des ressources génétiques et leur exploitation dans les schémas d'amélioration variétale.

Le conservatoire de San Giuliano est par ailleurs partiellement dupliqué sur diverses stations du CIRAD-FLHOR et de ses partenaires. Ce prolongement original de la collection de San Giuliano permet d'évaluer les cultivars dans des conditions pédoclimatiques et pathologiques très diversifiées (tableau 4). Il est ainsi possible, d'une part, d'identifier des caractères faiblement influencés par l'environnement et adaptés à l'identification variétale et, d'autre part, d'estimer l'importance de l'interaction génotype-environnement dans l'expression de certains caractères agronomiques. De plus, certaines stations sont idéalement situées, compte tenu du contexte phytosanitaire local, pour évaluer la sensibilité du matériel végétal à divers pathogènes. C'est en particulier le cas de la Réunion pour le chancre citrique et la tristezza ou du Cameroun pour le *Cercospora angolensis*.

La synthèse des données obtenues pour les différents niveaux d'évaluation (morphophysiological, moléculaire, sensibilité aux pathogènes, etc.) permettra à terme de constituer une collection saine renfermant un maximum de diversité génétique pour un minimum de génotypes (« core collection »).

Notons enfin, en marge du conservatoire de San Giuliano et en liaison avec la création variétale par fusions somatiques et transgénoses, le développement d'un programme de cryoconservation d'une collection de cals embryogènes de cultivars élités (ENGELMANN *et al.*, 1993).

### Diffusion du matériel

Le conservatoire génétique de San Giuliano est l'un des 7 centres reconnus au niveau mondial et identifiés par l'IBPGR comme aptes à distribuer du matériel végétal d'agrumes indemne de maladies transmissibles par greffage (FRISON and TAHER, 1991).

Le conservatoire de plants d'élite de San Giuliano permet d'approvisionner de nombreux pays agrumicoles. Chaque année, environ 100 000 greffons et plus de 100 kg de graines sont diffusés de par le monde. Ils permettent la constitution de collections saines dans tous les pays désireux d'assainir leurs vergers et ainsi la relance de leur agrumiculture sur des bases plus sûres.

Tableau 1. Variétés d'agrumes conservées à la station de recherches agronomiques (SRA) de Corse.

|               | Variétés                           |                                   |                         |  |                |
|---------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|--|----------------|
|               | Trouvées indemnes à l'introduction | Issues de sélection au cellulaire | Issues de microgreffage | En cours d'assainissement ou de vérification pomologique | Effectif total |
| Oranges       | 21                                 | 49                                | 32                      | 17   | 119            |
| Bigarades     | 2                                  | 1                                 | 1                       | 3  | 7              |
| Mandarines    | 56                                 | 67                                | 49                      | 34   | 206            |
| Tangors       | 4                                  | 4                                 | 8                       | 6  | 22             |
| Tangelos      | 7                                  | 25                                | 1                       | 0  | 33             |
| Pamplemousses | 4                                  | 0                                 | 5                       | 9  | 18             |
| Pomelos       | 7                                  | 11                                | 6                       | 1  | 25             |
| Citrons       | 9                                  | 7                                 | 15                      | 11   | 42             |
| Limes         | 1                                  | 4                                 | 6                       | 9  | 20             |
| Cédrats       | 8                                  | 0                                 | 1                       | 2  | 11             |
| Kumquats      | 3                                  | 0                                 | 5                       | 3  | 11             |
| Limequats     | 2                                  | 0                                 | 2                       | 0  | 4              |
| <b>Total</b>  | <b>124</b>                         | <b>168</b>                        | <b>131</b>              | <b>95</b>  | <b>518</b>     |

Tableau 2. Porte-greffe d'agrumes conservés à la Station de recherches agronomiques (SRA) de Corse.

| Porte-greffe introduits sous forme de graines |            |
|---|------------|
| Bigaradiers                                   | 33         |
| Mandariniers                                  | 27         |
| Limes et citrons                              | 34         |
| Hybrides de citrons                           | 13         |
| Autres citrus                                 | 19         |
| <i>Poncirus</i>                               | 64         |
| Hybrides de <i>Poncirus</i>                   | 98         |
| Genres apparentés                             | 9          |
| <b>Total</b>                                  | <b>297</b> |

| Tableau 3. Techniques de détection des agents pathogènes mises en œuvre pour le conservatoire de San Giuliano.<br>A - Indexation sur plantes indicatrices. |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Plante indicatrice   | Maladies détectées   | Symptômes  | Remarques  |
| <b>Culture sous serre froide et cage d'isolement</b>   |  |  |  |
| Limettier mexicain de semis (ou greffé sur <i>C. volkameriana</i> )  | Tristeza   | Vein clearing et stem pitting  | Inoculation avec des écussons d'écorce   |
|  | Vein enation - woody gall<br>Rugose                        | Symptômes foliaires<br>Symptômes foliaires   | "  |
| <i>Citrus volkameriana</i> de semis  | Vein enation - woody gall                                  | Symptômes corticaux  | "  |
| <i>Citrus excelsa</i> de semis   | Tatter leaf  | Symptômes foliaires  | "  |
| Citrange Rusk de semis   | Tatter leaf  | Symptômes foliaires  | "  |
| Orangers Mme Vinous ou Hamlin de semis   | Psose écailluse  | Symptômes foliaires  | "  |
|  | Ringspot   | Symptômes foliaires  | "  |
|  | Concave gum  | Symptômes corticaux  | "  |
|  | Blind pocket   | Symptômes corticaux  | "  |
|  | Cristacortis   | Symptômes corticaux  | "  |
|  | Impictatura  | Symptômes sur fruits   | "  |
|  | Frisnée-Panachure infectieuse<br>Greening                  | Symptômes foliaires<br>Symptômes foliaires   | Inoculation avec des placages de feuilles  |
| Tangelo Orlando de semis   | Cachexie-Xyloporose  | Symptômes corticaux  | Pour les 2 maladies :<br>Inoculation avec écussons d'écorce abandonnée depuis 1977 |
|  | Cristacortis   | Symptômes corticaux  |  |
| <i>Poncirus trifoliata</i> de semis  | Exocortis  | Symptômes corticaux  | Utilisé dans les années 1960   |
| <b>Culture sous serre chaude</b>   |  |  |  |
| Cédriers 861-51 (greffé sur <i>Citrus volkameriana</i> )   | Exocortis  | Symptômes foliaires, nanisme   | Inoculation avec des écussons d'écorce   |
| Mandariner Parson special (greffé sur <i>Citrus volkameriana</i> )   | Cachexie-Xyloporose  | Symptômes corticaux  | "  |
| Oranger Mme Vinous de semis  | Stubborn   | Symptômes foliaires  | Inoculation avec des nervures de feuilles  |
| <b>B - Techniques de microbiologie, sérologie et biologie moléculaire.</b>   |  |  |  |
| Technique  | Maladie détectée   | Remarques  |  |
| Mise en culture sur milieu SP4   | Stubborn   | Observation des spiroplèmes au microscope à fond noir et caractérisation sérologique                     |  |
| ELISA  | Tristeza   | Utilisation d'anticorps polyclonaux, kit SANOFI, de mélange de monoclonaux (3 DF1 et 3 CA5) kit INGENASA |  |
| «Page  | Maladies causées par les viroïdes (Exocortis, Cachexie...) | Permet la détection et la discrimination des 12 viroïdes connus  |  |
| IC - PCR   | Stubborn   | en cours   |  |
| Sondes moléculaires, PCR   | Greening   | en cours   |  |

| Tableau 4. Conservatoires du réseau CIRAD-FLHOR / INRA                                 |                |                              |                              |                      |                |                |
|--|----------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------|----------------|
| Pays   | Corse          | Réunion                      | Martinique                   | Nouvelle-Calédonie   | Cameroon       | Côte-d'Ivoire  |
| Site   | San Giuliano   | Bassin Martin<br>Bassin Plat | Rivière-Lézanie<br>Le Carbet | La Foa<br>Pocquereux | Kismatari      | Korhogo        |
|  | (1)            | (2)                          | (1)                          | (1)                  | (1)            | (1)            |
| Altitude   | 47 m           | 150 à 300 m                  | 50 à 200 m                   | 50 m                 | 200 m          | 353 m          |
| Latitude   | 42°17' N       | 21°20' S                     | 14°30' N                     | 22°60' S             | 9°19' N        | 7°20' N        |
| Longitude  | 9°32' E        | 55°30' E                     | 61°70' E                     | 166°20' E            | 13°20' E       | 3°5' B         |
| Date de plantation   | de 1973 à 1993 | de 1973 à 1990               | de 1967 à 1988               | de 1968 à 1990       | de 1985 à 1987 | de 1981 à 1990 |
| Surface (ha)   | 7,9            | 1,6                          | 3,6                          | 0,5                  | 0,6            | 0,7            |
| <b>Répartition des cultivars</b>   |                |                              |                              |                      |                |                |
| Mandariniers   | 206            | 41                           | 53                           | 25                   | 47             | 4              |
| Orangers   | 119            | 22                           | 33                           | 15                   | 18             | 10             |
| Hybrides   | 55             | 15                           | 5                            | 4                    | 10             | 4              |
| Pomelos  | 25             | 2                            | 11                           | 4                    | 11             | 3              |
| Citrons  | 42             | 8                            | 12                           | 3                    | 6              | 1              |
| Limes  | 20             | 5                            | 7                            | 2                    | 3              | 2              |
| Pamplemoussiers  | 18             | 4                            | 5                            | 2                    | 4              | 0              |
| Divers   | 33             | 20                           | 28                           | 2                    | 28             | 4              |
| <b>Total</b>   | <b>518</b>     | <b>117</b>                   | <b>154</b>                   | <b>57</b>            | <b>130</b>     | <b>28</b>      |
| <b>Distribution</b>  |                |                              |                              |                      |                |                |
| Yeux (unité)   | 400.000        | 35.000                       |                              |                      |                |                |
| Graines (kg)   | 200            | 5                            |                              |                      |                |                |
| Plants de pépinière (unités)   | 5.000          | 20.000                       |                              |                      |                |                |
| (1) Territoires indemnes de maladies de quarantaine transmissibles par voie naturelle. |                |                              |                              |                      |                |                |
| (2) Zone où la tristeza, le chancre citrique et le greening sont présents.             |                |                              |                              |                      |                |                |

## Bibliographie

- ALBERTINI (D.), VOGEL (R.), ROVE (J.M.), COLETTE  
and ROVE (J.M.), 1988.  
Transmission and preliminary characterization of citrus tristeza  
virus strain.  
In: *Proc. 10th Conf. Intern. Org. Citrus Virol.*, 17-21 : California  
(USA) : L. W. Timmer, S. M. Gamsey and L. Navarro, Editeurs.
- AUBERT (B.), 1991.  
*Programme ASIAGRU, réserve génétique Agrumes et Rutacées  
endémiques.*  
Doc. int. IRFA, 30 p.
- BLONDEL (L.), 1981.  
*Obtention de plants apogamiques pour l'étude de leur résistance à  
la pirosse.*  
Rapport interne Station de Boufarik, 15 p.
- BOVE (Colette), VOGEL (R.), ALBERTINI (D.)  
and ROVE (J.M.), 1988.  
Discovery of a strain of tristeza virus (K) inducing no symptoms  
in Mexican lime.  
In: *Proc. 10th Conf. Intern. Org. Citrus Virol.*, 14-16,  
California (USA) : L. W. Timmer, S. M. Gamsey and L. Navarro,  
Editeurs.
- BRUN (P.), RIOLACCI (S.), VOGEL (R.), FOS (A.),  
VIGNAULT (J.C.), LAJEMAND (J.) and ROVE (J.M.), 1988.  
Epidemiology of *Spiroplasma citri* in Corsica.  
In: *Proc. 10th Conf. Intern. Org. Citrus Virol.*, 300-303.  
California (USA) : L. W. Timmer, S. M. Gamsey and L. Navarro,  
Editeurs.
- CALAVAN (E.C.), FROLICH (E.F.), CARPENTER (J.B.),  
ROISTACHER (C.N.) and CHRISTENSEN (D.W.), 1964.  
Rapid indexing for exocortis of citrus.  
*Phytopathology*, 54, 1359-1362.
- CARUANA (M.L.), NICOLI (M.) et CHARRIER (C.), 1992.  
Utilisation et adaptation du système «PAGE» pour la détection des  
virales en Corse.  
*Fruits*, 47 (1), 174-179.
- CASSIN (J.), 1978.  
Sélection de lignées nucellaires. Initiation *in vitro* d'embryons  
nucellaires chez les variétés d'agrumes monoembryonnées.  
*Fruits*, 33 (11), 743-750.
- CASSIN (J.) and LOSSOIS (P.), 1977.  
Method of nucellar selection used in Corsica.  
*Proc. Int. Soc. Citriculture*, 2, 536-540.
- CHAPOT (H.), 1955.  
Caractères pomologiques des variétés d'agrumes.  
Alger : Troisième Congrès Intern. Agrumic. Médit. 2, 271-274.
- COTTIN (R.), CAO-VAN (P.), MADEMBA-SY (P.)  
et AUBERT (B.), 1992.  
Gestion des ressources génétiques agrumiques et criblage variétal  
pour la sélection de cultivars adaptés aux zones tropicales  
humides.  
*Fruits*, 47 Numéro spécial Agrumes, 145-150.
- DURRAN-VILLA (M.), ROISTACHER (C.N.),  
RIVERA-BUSTAMANTE (R.) and SEMANCIK (J.S.), 1988.  
A definition of citrus viral groups and their relationship to the  
exocortis disease.  
*J. gen. Virol.*, 69, 3099-3000.
- VIIJ.ECHANOUX (S.), GARNIER (M.), RENAUDIN (J.)  
and ROVE (J.M.), 1992.  
Detection of several strains of the bacterium-like organism of  
Citrus Greening Disease by DNA probe.  
*Current Microbiology*, 24, 89-95.
- VOGEL (R.), 1964.  
L'indexation de l'exocortis à la Station de recherches agrumicoles  
de Corse.  
*Fruits*, vol. 21 (2), 66-70.
- VOGEL (R.) et ROVE (J.M.), 1962.  
I. Etat sanitaire des agrumes en Corse.  
II. Données nouvelles sur les viroses.  
*Fruits*, vol. 17 (4), 163-169.
- ENGELMANN (F.), AGUILAR (M.E.), DAMBIER (D.),  
CARASSON (C.), MICHAUX-FERRIERE (N.)  
et OLLITRAULT (P.), 1993.  
*Intérêt de la cryoconservation de suspensions cellulaires de cult  
embryonnaires d'agrumes.*  
Montpellier : Colloque ressources génétiques animales et végétales  
BRG/INRA, 28-30 septembre, (sous presse).
- FRISON (E.A.) and TAHER (M.M.), 1991.  
*Safe movement of Citrus germplasm FAO/ICGR.*  
FAO of the United Nations, IBPG, Rome. Technical guidelines, 50 p.
- JACQUEMOND (C.) et BLONDEL (L.), 1986 a.  
Contribution à l'étude des porte-greffe des agrumes : le *Poncirus  
trifoliata*. a) étude des caractères botaniques.  
*Fruits*, 41 (3), 303-339.
- JACQUEMOND (C.) et BLONDEL (L.), 1986 b.  
Contribution à l'étude des porte-greffe des agrumes : le *Poncirus  
trifoliata*. b) étude des caractères biologiques.  
*Fruits*, 41 (6), 381-392.
- JACQUEMOND (C.) et BLONDEL (L.), 1986 c.  
Contribution à l'étude des porte-greffe des agrumes : le *Poncirus  
trifoliata*. c) étude du comportement des *Poncirus* après greffage.  
*Fruits*, 41 (7-8), 449-464.
- LURO (F.), LAIGRET (F.), ROVE (J.M.)  
and OLLITRAULT (P.), 1993.  
Application of RAPD in Citrus Genetic and Taxonomy.  
*VII Int. Citrus Cong. Actrales*, March 8-13, (sous presse). Actrales  
(Italy) : Univ. Catania.
- NAVARRO (L.), JUAREZ (J.), PINA (J.A.), BALLESTER (J.F.)  
and ARREGUI (J.M.), 1988.  
The Citrus Variety Improvement Program in Spain after eleven  
years.  
In: *Proc. 10th Conf. Intern. Org. Citrus Virol.*, 400-406.  
California (USA) : L. W. Timmer, S. M. Gamsey and L. Navarro,  
Editeurs.
- NICOLI (M.), 1984.  
La régénération des agrumes en Corse par la technique des  
micro-greffages de méristème *in vitro*.  
*Fruits*, 40 (2), 113-136.
- OLLITRAULT (P.) et FAURE (X.), 1992.  
Système de reproduction et organisation de la diversité génétique  
dans le genre Citrus.  
*Colloque International "Complexe d'espèces, flux de gènes et res-  
sources génétiques des plantes"*, Paris : BRG, 133-151.
- OLLITRAULT (P.) and MICHAUX-FERRIERE (N.), 1993.  
Application of flow cytometry for Citrus genetic and breeding.  
*VII Int. Citrus Cong.*, March 8-13, (sous presse). Actrales (Italy) :  
Univ. Catania.
- ROISTACHER (C.N.), BLUE (R.L.) and CALAVAN (E.C.), 1973.  
A new test for Citrus exocortis.  
*Citrograph*, 58 (7), 261-262.
- SAILLARD (C.), BARTHE (C.), RENAUDIN (J.)  
and ROVE (J.M.), 1993.  
Detection of *Spiroplasma citri* by culture, ELISA, dot-blot, hybrid-  
ization, PCR and immunocapture PCR, an evaluation.  
*XII International Conference of IOCV* (in press).
- VOGEL (R.) et ROVE (J.M.), 1976.  
La nouvelle technique d'indexation de la cachexie-xyloporose :  
son utilisation en Corse.  
*Fruits*, 31 (2), 93-99.
- VOGEL (R.), ROVE (J.M.) et NICOLI (M.), 1988.  
*Le programme français de sélection sanitaire des agrumes.*  
*Fruits*, 43 (12), 709-720.

*Document sur le greening  
présenté au Congrès International de Citriculture  
d'Acireale, Sicile - 1992.*



CITRUS GREENING DISEASE, A SERIOUS  
LIMITING FACTOR FOR CITRICULTURE IN ASIA AND AFRICA

B. AUBERT  
CIRAD - IRFA  
B.P. 5035  
34032 MONTPELLIER CEDEX  
FRANCE

ADDITIONAL INDEX WORDS : Symptomatology, Host range, Crop losses, Epidemiological circumstances.

ABSTRACT

*Citrus Greening disease (CGD)* described for the first time as a graft transmissible disease in Mainland China under the name of *Huanglungbin* is caused by a phloem restricted, psyllid-borne, Gram negative bacterium referred to as *Greening Organism (GO)*.

CGD is afflicting all commercial citrus irrespective of their stionic combinations and affected plants react by a wide range of syndromes from relatively mild (limes) to extremely severe (mandarines, oranges, grapefruits), *Poncirus* being tolerant but not immune. Both the Oriental citrus psylla *Diaphorina citri* and the African citrus psylla *Trioza erytreae* are known to breed on citrus and transmit GO when feeding.

CGD was unwittingly spread on a large scale in Asia and Africa by contaminated planting material whose movement offered one of the most efficient way of disseminating the disease. In Asia CGD exhibits a typical endemic pattern while in Africa the disease is of a more pandemic type with greater difficulties to implement eradication programs.

Citrus Greening Disease (CGD) is a psyllid borne affliction caused by a phloem restricted gram negative bacterium that is generally referred to as *Greening Organism (GO)* (GARNIER et al. 1984a - 1984b). So far the GO host range was found to be restricted to three genera of the subtribe of *Citrinae*, viz, *Citrus*, *Poncirus* and *Fortunella*, that are collectively known as Citrus by horticulturists (MIYAKAWA and ZHAO 1990). Greening is not an exception among systemic bacterial afflictions as various other psyllid borne phloem bacterium diseases have been described e.g. *Pear Decline*, *Carrot Proliferation*, *Wissadula Proliferation*.

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION

Two forms of CGD have been identified : the Asian form described for the first time by REINKING 1919 in China, characterized by symptoms expression at either cool or warm temperatures, and the African form described in South Africa in 1937 with symptoms expressed best at temperatures between 20-24 °C (OBERHOLZER et al 1965, BOVE et al 1974). The greening pathogen is vectored by two psyllid species *Diaphorina citri* Kuwayama and *Trioza erytreae* (Del Guercio). *D.citri* is endemic throughout Southern Asia, the Arabian peninsula, the Mascareignes archipelago where it is vectoring Asian GO. The insect was also reported from Brazil but in the absence of the disease. *D.citri* is remarkably tolerant of cool and warm temperatures, with 20 to 40 % adult survival at -4 °C and fairly large outbreaks in the hot and dry climates of desert areas e.g. Rajasthan and Saudi Arabia (AUBERT 1987-1990). It can also develop under equatorial humid climates with occasional peak populations during short dry spells (SHAMSHUDIN and QUILICI 1991). *T.erytreae* on the other hand is found primarily in subsaharan Africa as well as Madagascar, Yemen, Saudi Arabia, the Mascareignes archipelago and the island of Santa Helena. The populations of this second psyllid are constantly higher in cool, moist upland areas than in hot drier lowlands where its eggs and first instars are vulnerable to dessication (GREEN and CATLING 1971). As a result, *African greening* is mostly prevalent in cooler citrus growing areas above 500-600 meters of elevation where both the GO and its vector find suitable environmental conditions. Conversely, *Asian greening* is widespread in dry lowland areas with notable extension in both cooler and moister climates. *D.citri* and *T.erytreae* coexist in few territories viz, Reunion, Mauritius, South West of Saudi Arabia. In Reunion and Mauritius *D.citri* has shown a preferential development on the dry leeward side prone to the Asian form of GO (AUBERT 1987), despite the fact that both vectors are able to transmit either form of GO (MASSONIE et al 1976, LALLEMAND et al 1986). To date, *D.citri* has been reported from 26 countries and *T.erytreae* from 23 countries (OTAKE 1990). A world mapping appears on Fig. 1 and 2 with some indications of their present status. Both psyllids are able to exploit their environment in a relatively short period of time owing to the extreme fecundity of the females. These insects are also efficient vectors of GO, as transmission occurs on a persistent form with the possibility of GO multiplication within the insect body. Being a lethal disease for most commercial citrus cultivars, irrespective of the kind of stionic combination, CGD is presently one of the most devastating citrus diseases in the world.

SYMPTOMS AND HOST RANGE

Among the various commercial citrus, CGD is inducing a wide range of systemic reactions, the group of *acid citrus* (limes, lemons) being much less sensitive than the group of *sweet citrus* (mandarins, oranges, tangors, tangelos, grapefruits, pomelos). However, tolerant *acid citrus* such as limes in Asia or Rough lemon in Africa may support high levels of pathogens and pose greater risks as inoculum reservoirs than severely affected plants with low levels of GO.

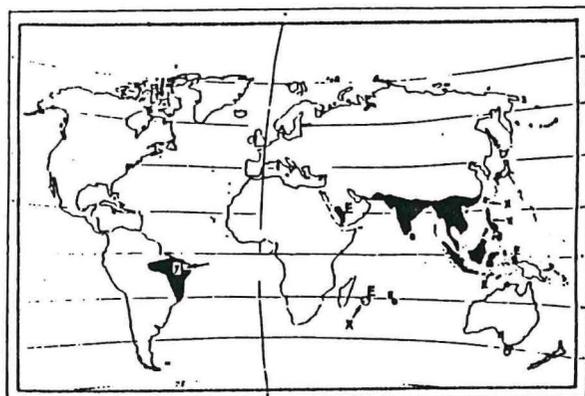


Fig. 1 : General geographical distribution of the Oriental citrus psylla *Diaphorina citri*.  
 E = Geographical areas where *D. citri* is a recent exotic invader along trade routes.  
 X = Successful acclimatization of natural enemies for controlling *D. citri* outbreaks.  
 Y = Area where *D. citri* is endemic without Citrus Greening Disease.

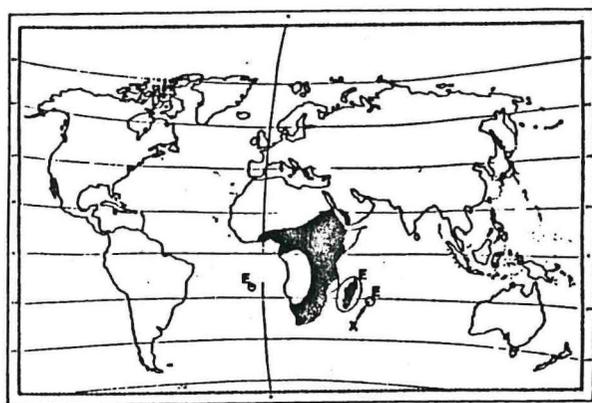


Fig. 2 : Geographical distribution of the African citrus psylla *Trioza erytrae*.  
 X = elimination of the species on Reunion Island through introduction of parasites.  
 E = geographical areas where *T. erytrae* is an exotic recent invader along trade routes (after SAMWAYS 1990).

Newly psyllid infected trees exhibit sectorial decolorations of the twigs where the insects have fed earlier on corresponding leaf primordia or young shoots. The symptoms of *Asian Greening* are acute and aggregative both on the canopy of an individual tree or at a larger scale in a specific area of a given orchard, while the *African Greening* has a more scattered pattern within a tree or an orchard.

For both kinds of greening, contaminated adult trees are inclined to undergo leaf yellowing and leaf drop, followed by off-season flowering and gradual twig dieback. This is resulting from a severe dysfunction of the phloem in the green part of the canopy (leaves, green twigs). The root system is weak with relatively few fibrous roots, as a result of root starvation. Greened fruit is commercially useless because underdeveloped and poorly colored. The juice is low in soluble solids, high in acid and abnormally bitter. Heavy fruit drop occurs with increasing disease intensity and the tree will subsequently die within 3 to 5 years depending on the severity of the psyllid infestations.

Young plants contaminated by graft or by psyllid react with suppressed growth and yellowing of terminal leaves. The new leaves are small, upright and leathery, while old leaves exhibit mottling with occasional vein corking. The symptoms normally appear within 4 to 6 months after inoculation thus explaining the risks of the movement of *Symptomless-carrier* trees from unsafe nurseries. An estimated 15 to 20 per cent of contaminated young plants are currently overlooked from such nurseries, thus posing considerable risks of CGD and vector spread. Ultimately, farmers are caught in a vicious cycle where the rate of trees renewal is abnormally high in commercial orchards for comparatively low performances and high production costs.

#### AN OVERVIEW OF CROP LOSSES AND ECONOMIC IMPORTANCE

*Citrus Greening Disease* is responsible for major crop losses in Asian orchards but is also at the origin of the failure of citrus cultivation in upland areas of sub-Saharan Africa. It is estimated that in both continents the disease has destroyed more than 60 million plants.

#### ASIA

In China, *Huanglungbin*, the local name for CGD, became a serious problem by the late 1950's especially around Shantou (Swatow) whence the disease spread to South Guangdong and then Fujian, South Zhejiang, Jiangxi and Guangxi provinces. Taiwan was apparently contaminated from the same focus. Dozens of million of trees were lost and the economic life expectancy of newly planted orchards was reduced considerably as CGD and its vector were unwittingly disseminated by contaminated planting material. Although LIN demonstrated as early as 1956 that CGD was graft transmissible, it was not until the late 1970's that coordinated efforts were deployed to eradicate the disease and launch a new plantation policy in vector free areas with certified disease free material. Today the coastal provinces of Guangdong, Fujian and Zhejiang are completing an eradication campaign in pocket areas where an estimated half million trees have yet to be removed (KE and XU 1990, CHEN 1991). While this campaign is rather successful in coastal China, the disease is surprisingly expanding inland especially Sichuan, Yunnan and Hunan provinces in areas where the problem was hitherto overlooked (KE 1991).

Indonesia was severely affected by CGD between 1960 and 1970 with an estimated loss of 3 million adult trees and far more young nursery plants (TIRTAWIDJADJA 1980). *Citrus Vein Phloem Degeneration* (CVPD), the Indonesian name for greening, has nearly wiped out the best commercial Keprok mandarins in Java. Farmers were prompted to replant their groves but this originated a dangerous cycle of accelerated low quality plantings thus increasing the spread of CVPD. The disease became gradually widespread in the archipelago from a single focus identified in the early 1950's near Jakarta Pasar Minggu. A vast eradication campaign was launched in Bali in 1988, and considerable effort are now being paid to clean local citrus cultivar by shoot tip grafting and promote the development of registered disease-free nurseries (BECU and WHITTLE 1988, WINARNO and SUPRIYANTO 1991). Such measures will be used alongside new planting programmes in vector-free areas.

By the early 1960's, the Philippines citrus plantations were estimated to cover 25,000 hectares. Ten years later 5 million trees were affected by the *Leaf Mottle disease*, a local name for CGD, and the area planted to citrus was reduced by 60 %. Today the disease is endemic in most islands down to Mindanao in the South, with the exception however of Mindoro island where *D.Citri* is absent. The latter island is presently supplying most of the citrus fruit demand for the Metro Manila market. CGD seems to have been introduced in 1957 from China into the Limao station, whence it was spread subsequently in various parts of the country. Such a scenario was also traced back for Thailand, Malaysia, while in the case of India, CGD was noticed more than seventy years ago in the early 1920's (RAYCHAUDURI et al 1972). In fact, together with China, India could have been one of the major focus of Asian Greening with a subsequent dissemination of Indian GO to Nepal, Buthan, Pakistan and probably the Arabian Peninsula. FRASER et al 1966 commented the catastrophic effect of CGD in India.

## AFRICA

In Africa, severe crop losses were recorded from South African orchards as early as 1932 (SCHWARZ 1968). The recent application of a tight chemical approach combining antibiotic injections and insecticide sprays did not totally overcome the problem and citrus plantations were gradually shifted towards lowland areas. The African CGD is responsible for the loss of millions trees and is now widespread in East Africa up to Ethiopia in the North, the upland areas of Cameroon in the West and to Madagascar in the East (BOVE and CASSIN 1968, AUBERT et al 1988).

In fact the African CGD hinders the development of citriculture in the best horticultural uplands. For countries like Malawi, Burundi, Rwanda with limited access to lowland areas, citrus cultivation is impracticable under present circumstances, and local markets are vastly undersupplied in all kinds of fresh citrus but a few acid limes or rough lemons.

## EPIDEMIOLOGICAL CIRCUMSTANCES

A comparison of the main characteristics of Asian and African Greening is presented in Table 1. More details are given underneath.

### ASIA

In Asia, the bulk of citrus trees is grown by small-scale farmers who operate independently without coordinated spraying programs and are often reluctant to apply eradication measures. With the exception of several Chinese provinces, the supply of citrus trees is still often obtained from unsafe nurseries unable to propose superior disease-free certified propagation material. Besides being established in numerous small orchards, citrus is also a major "social crop", widely planted as backyard trees for various purposes (fruits, condiments, ornamentals). These countless home citrus plants are unsprayed and constitute the most dangerous reservoir of vectors and pathogen organisms. Surprisingly the Asian forest ecosystem is generally devoid of specific natural habitat for *D.citri*. One exception is the Malaysian part where *Clausena excavata* is endemic, this plant being a host to *D.citri*. But generally Asian forest situations have been used successfully for resetting new disease-free orchards or foundation blocks (KE and XU 1990).

As a whole, Asian CGD exhibits a distinctive endemic pattern with the occurrence of heavy infestations near towns or villages. A typical scenario of CGD epidemics in Chinese orchards is the vector ingress from unsprayed backyard trees, with aggregative pockets of diseased trees along the main traffic lines. *D.citri* is a weak flyer with predominant jumping-landing activity and occasional population crowding every 25-30 m in high density planting orchards (GOTTWALD and AUBERT 1991). If coordinated eradication programs are undertaken at an early stage and implemented alongside adequate insecticidal controls, the chances of improving orchards sanitation are quite high. This was clearly demonstrated in coastal China on many occasions (KE and XU 1990, KE 1991, CHEN 1991).

### AFRICA

The African Greening exhibits a different epidemic pattern in connection with the biology of *T.erytrae*. This insect is developing primarily on indigenous Rutaceae plants especially *Vepris lanceolata* (Lam) G. Don., *Zanthoxylum capense* (Thumb.) Harv., and *Clausena anisata* (Wild.) Hook. f.ex.Benth., the latter being a common shrub in forest and bush steppes of East and West Africa. Therefore unlike Asian Greening forest situations in Africa support recurrent *T.erytrae* colonies that are a source of permanent re-infestations despite repeated insecticide treatments of citrus orchards (MORAN 1968). This is typically experienced in upland areas of Cameroon, Malawi, Kenya, Ethiopia, Southern Africa where *T.erytrae* can readily locate and invade citrus areas during the flushing season (AUBERT et al 1988).

As a result, *African Greening* shows a more pandemic type with vast scattered spreads of the vector, and sudden outbreaks of CGD epidemics in relation to psylla upsurges. Under such conditions, eradication strategies must concentrate on the vector control. This was achieved in Reunion Island by the total elimination of *T.erytraea* through a biological control program (AUBERT and QUILICI 1988). Although still concerned with several *Diaphorina citri* pockets confined to ornamental Rutaceae plants, this Island is presently in the final stage of CGD eradication. Such a result would have not materialized, had the African vector subsisted in the natural habitat. Ultimately the eradication procedure for Reunion was similar to that developed in China with the context of a lenient occurrence of *D.citri*.

#### CONCLUSION

Citrus is a commodity of great economic significance, with a world 1989 Gross Export Trade valued at US \$ 5.5 billion of which half is earned by developing countries. The crop is adapted to tropical and subtropical environments, and being perennial, provides the mainstay of productive land systems. Recent estimates foresee a three fold increase of citrus demand in Asia and subsaharan Africa before the turn of this century for coping with the population growth. This will need an additional output of 20 million tons corresponding to a need of roughly 350 million trees. It is indeed a very attractive agricultural sector of major importance socially, economically and environmentally. But *Citrus Greening Disease* is a considerable hindrance for developers and policy makers. Coordinated efforts should be continued to streamline GO elimination, control the two vectors and assist the distribution of elite citrus scions cultivars into safe environment. Adequate orchards sanitation is urgently needed for controlling a disease costing annually an estimated 150 million US \$ and avoid its spread towards other countries.

Tab. 1 - Main characteristics of Asian and African Greening

|   | Endemic Asian Type   | Pandemic African Type  |
|---|--|--|
| Suitable climate                                | Warm & Cool dry climate and Equatorial climates                                  | Only humid / cool climates   |
| Preferential host plants for the psyllid-vector | Only cultivated or ornamental plants   | Common shrubs or trees of the natural habitat  |
| Opportunities of vector-free areas              | Frequent, especially near forest areas   | Rather unfrequent, with heavy infestations near forest areas                         |
| Dispersal activity of the vector                | Flying-landing activity on short distances<br>0.5 to 1 Km                        | Flying activity on medium distances<br>3-4 Km or more                                |
| Disease pattern                                 | Aggregative, mostly disseminated near cultivated or ornamental Rutaceous plants  | Widespread above a given altitude. Constantly present to a greater or lesser extend. |
| Disease spread                                  | Mostly through the transport of the GO and the vector within contaminated plants | Equally by vector and by man   |
| Eradication program                             | Successful with tight prevention measures.                                       | More difficult to implement  |

## LITERATURE CITED

- Aubert, B. 1987. *Trioza erytreae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera:Psyllidae), the two vectors of citrus greening disease: biological aspects and possible control strategies. *Fruits* 42:149-62.
- Aubert, B., Garnier, M., Cassin, J. C. and Bertin, Y. 1988. Citrus Greening Disease survey in East and West Africa countries South of Sahara. in Proc. 10th Conference of IOCV Ed. by Timmer, L.W., Garnsey, S.M. and Navarro, L. pp. 231-237.
- Aubert, B. and Quilici S. 1988. Monitoring adult psyllas on Yellow Traps in Reunion Island. in Proc. of the 10th Conf. of IOCV. Timmer, L. W., Garnsey, S. M. and Navarro, L. N. Edit. pp. 249-254.
- Aubert, B. 1990. Integrated activities for the control of Huanglungbin-Greening and its vector *Diaphorina citri* Kuwayama in Asia. In Proc. 4th Int. Asia Pacific Conf. on Integrated Citrus Rehabilitation UNDP-FAO. Aubert, B., Tontyaporn, S. and Buangsawon, D. Ed. pp. 133-144.
- Becu, P. and Whittle A. 1988. The Indonesian Citrus Variety Improvement Programme - a costing study. FAO Field Document Project INS/84/007 78 pp.
- Bové, J. M., Calavan, E. C., Capoor, S. P., Cortez, R. E., Schwarz, R. E. 1974. Influence of temperature on symptoms of California stubborn, South African greening, Indian citrus decline and Philippines leaf mottling diseases. *Proc. 6th Conf. Intern. Org. Citrus Virol.* 12-15
- Bove, J. M. and CASSIN, P. J. 1968 : Problèmes de l'agrumiculture malgache. Compte rendu de mission IFAC 50 pp.
- Chen, Tian-Shang .1991. A scheme for eradicating Citrus-Huanglungbin-Greening in Wenzhovv in 6th Asia Pacific UNDP-PAO Conf. on Integrated Citrus Health Management. Ke, Chung and Shamsudin, M. O. edit. pp. 36-39.
- Fraser, L. R., Singh, D., Capoor, S. P. and Nariani, T. K. 1966. Greening virus, the likely cause of citrus dieback in India. FAO Plant Protection Bulletin 14. 127-130.
- Garnier, M., Dancel, N. and Bove, J. M. 1984a. Actiology of citrus Greening disease. *Ann. Microbiol. (Ins. Pasteur)* 135A, 169-179.
- Garnier, M., Dancel, N. and Bove, J. M. 1984b. The Greening organism is a gram-negative bacterium. in : *Proceed. 9th Confer. IOCV.* (Garnsey S.M., Timmer, L.W. and Dodds, J.A., eds.) *Univ. Calif. Dept. Plant Pathol., Riverside.* pp. 115-125.
- Gottwald, T. R., Aubert, B. and Huang, Ke Lung .1991. Spacial pattern analysis of Citrus Greening in Shantou China. In Proc. 11th IOVC Conference Bransky, R. H., Lee, R. F. and Timmer, L. W. Edit. pp. 421-427.
- Ke, Chung and Xu, Chang Fan .1990. Successful integrated managment of Huanglungbin disease in several farms of Guangdong and Fujian by combining early eradication with integrated insecticides spraying. In Proc. 4th Int. Asia Pac. Conf. Citrus Rehab. pp. 145-148.
- Ke, Chung .1991. The present status of Citrus Huanglungbin and its control in China. in 6th Asia Pacific UNDP-FAO Conf. on Integrated Citrus Health Managment. Ke, Chung and Shamsudin, M. O. edit. pp. 65-76.
- Lallemand, J., Fos, A., Bové, J. M. 1986. Transmission de la bactérie associée à la forme africaine de la maladie du "greening" par le psylle asiatique *Diaphorina citri* Kuwayama. *Fruits* 41:341-43.

- Lin, Kung Shiang .1956. Observations on Yellow shoot on citrus. Actiological studies of Yellow shoot of Citrus. *Acts Phytopathol. Sin* 2.1-41 (in chincse). English edition Procccdings 4th Int. Asia Pacific UNDP-FAO Conf. Citrus Rehabilitaion B. Aubert, S. Tontyadorn, D. Buangsawon Edit. 1990 1-26.
- Massonic, G., Garnier, M., Bové, J. M. 1976. Transmission of Indian citrus decline by *Trioza erytreae* (Del Guercio), the vector of South African greening. *Proc. 7th Conf. Intern. Org. Citrus Virol.*:18-20.
- Miyakawa, T. and Zhao Yuc Yuan. 1990. Citrus host range of greening disease in proceedings 4th Int. Asia Pacific UNDP-FAO Conf. Citrus Rehabilitaion B. Aubert, S. Tontyadorn, D. Buangsawon edit. pp. 118-121.
- Moran, V. C. 1968. The development of citrus psylla *Trioza erytreae* (Del Guercio) (Homoptera : Psyllidae) on citrus limon andd four indigenous host plants. *J. Entemol. Soc. South Afr.* 31 : 391-402.
- Oberholzer, P. C. J., Von Staden, D. F. A. and Basson, W. J. 1965. Greening disease of sweet orange in South Africa. *Proc. 3rd Conf. Intern. Org. Citrus Virol.* : 213-19.
- Otake, A. 1990. Bibliography of citrus greening disease and its vectors attached with indices, and a critical review on the ecology of the vectors and their control. Japan Intern. Coop. Agency, 161 pp.
- Raychaudhuri, S. P., Nariani, T. K., Lelc, V. C. and Singh, G.R. 1972. Greening and citrus decline in India. *Proc. 5th Conf. Intern. Org. Citrus Virol.* : 35-37.
- Reinking, O. A. 1919. Diseases of economic plants in Southern China. *Philippine Agri.* 8:109-135.
- Samways, M. J. 1990. Biogeography and monitoring outbreaks of the African citrus psylla *Trioza erytreae* (Del Guercio) In Proc. 4th Int. Asia Pacific Conf. on Integrated Citrus Rehabilitation UNDP-FAO. Aubert, B., Tontyaporn, S. and Buangsawon, D. Ed. pp. 188-197.
- Schwarz, R. 1968. Greening disease. In Indexing Procedure for 15 Virus Diseases of Citrus USDA. Res. Serv. Agric. Handbook N° 333. 87-90.
- Shamsudin, M. O. and Quilici, S. 1991. Trapping studies of Citrus greening vector *Diaphorina citri* Kuwayama, natural enemics and alternate hosts in Malaysia in Proceedings 6th Asia Pacific UNDP-PAO Conf. on Integrated Citrus Health Managment. Ke, Chung and Shamsudin, M. O. edit. pp. 118-127.
- Tirtawidjaja, S. 1980. Citrus virus research in Indonesia. *Proc. 8th Conf. Intern. Org. Citrus Virol.*:129-32.
- Winarno, M. and Supriyanto, A. 1991. Disease-free material propagation and nursery managment in 6th Asia Pacific UNDP-PAO Conf. on Integrated Citrus Health Managment. Ke, Chung and Shamsudin, M. O. edit. pp. 21-25.



*Précautions à prendre  
pour prévenir les dégâts de cyclones  
en vergers tropicaux*



# Managing Fruit Orchards to Minimize Hurricane Damage

Jonathan Crane<sup>1</sup>, Carlos Balerdi<sup>2</sup>, Richard Campbell<sup>3</sup>, Carl Campbell<sup>1</sup>, and Seymour Goldweber<sup>2</sup>

**Additional index words.** reset, storm damage, typhoon

**Summary.** Hurricanes occur periodically in southern Florida, resulting in severely damaged or destroyed orchards due to high winds, fresh-water flooding, and salt damage accompanying these storms. Commercial fruit production is often markedly reduced following hurricane damage. Orchard establishment and management practices that increase tree rooting depth and reduce tree size decrease tree losses due to high-velocity winds that accompany these storms. Cultural practices, such as post-hurricane pruning, whitewashing, resetting, and irrigation of trees, can rehabilitate a damaged orchard. Planning for a hurricane will increase the ability of orchards to withstand a storm and resume fruit production as soon as possible following a storm.

## Background

Southern Florida has experienced numerous hurricanes (1926, 1928, 1929, 1935, 1945, 1960, 1964, 1965, 1966), the most recent of which occurred on 24 Aug. 1992 (Hurricane Andrew). Andrew was rated as a category 4 hurricane by the National Weather Service, with sustained winds of 145 mph (233 kph) and gusts >175 mph (282 kph).

Estimated destruction from Hurricane Andrew was 35% to 45% of the 22,000 acres (8903 ha) of commercial tropical fruit crops grown in Dade County, Fla. Prior to the storm, the commercial fruit industry was worth \$75 million annually in gross sales (Mosely, 1990). Commercial growers are presently assessing their options, such as replanting the same or a different crop; rehabilitating damaged trees, irrigation systems, and equipment; or abandonment.

Winds from Hurricane Andrew caused almost complete defoliation of all fruit crops, moderate to severe limb damage, trunk twisting and breakage, tree toppling, uprooting of entire trees, and the loss of

*Planning for a hurricane enables growers to make sound decisions before and after a storm and increases the chances of rapid recovery.*

almost all fruit (Fig. 1). In addition to the direct effect of the strong winds, wind-blown debris, such as loose sand and rock from adjacent open fields, stripped bark off of trees (sand blasting) (Fig. 2). In some cases, 50% or more of the bark on the trunk and major limbs was destroyed. Wind-blown trees also caused extensive damage to adjacent trees, fences, and equipment as they were swept by the hurricane-force winds. Damage to young trees was especially severe (Fig. 3). Differences in the response to the hurricane occurred among fruit species and cultivars of a single species (Campbell et al., 1993; Crane et al., 1993, 1994). This article focuses on pre- and post-hurricane cultural practices used in the tropical fruits industry of South Dade County, Fla., and their effects on plant recovery and survival.

## Pre-hurricane practices

**Planning.** Planning for a hurricane enables growers to make sound decisions before and after a storm and increases the chances of rapid recovery. Southern Florida's hurricane season is from June through about mid-October each year. However, preparations for a hurricane should be made well before a hurricane watch or warning is announced. This is because cultural practices, such as pruning, topping, and hedging, prior to a hurricane take time, labor, and equipment—all in short supply just before a hurricane.

Components of a hurricane plan should include insurance coverage for equipment, buildings, and orchards (including crop loss); accumulation and safe storage of equipment needed in the recovery, such as saws, slings, shovels, fuel, paint, and equipment parts; and the knowledge of the location and cost of backhoes, front-end loaders, and wood chipper. Prioritizing which orchards will be worth

resetting, clearing and replanting with the same or a different crop, or top-working is equally important.

**Site selection.** Choice of a planting site is an important consideration that can affect the amount of hurricane damage. Natural woodlands can significantly reduce the velocity of winds during storms. They also reduce bark damage to fruit trees caused by wind-blown sand and gravel from open fields. Sites with planted windbreaks also afford some wind protection as long as the windbreak trees are well-rooted and have been topped, thus reducing the chances of their toppling into the adjacent fruit trees.

**Preplant soil preparation.** In Dade County, most tropical fruit crops are grown on a hard, but porous, Oolitic limestone soil, commonly called Rockland soil (Calhoun et al., 1974; South Dade Soil and Water Conservation District, 1989). During the 1930s, toothed, heavy steel drags were pulled across the cleared land to break up the rock to a 4- to 6-inch (10- to 15-cm) depth, and trees were planted in shallow holes of about a 12- to 16-inch (30- to 40-cm) depth (flat-planted). During the 1940s, heavy tractors with 42-inch (107-cm) -wide front-end plows ("rock plows") were developed to scarify the limestone rock to a 4- to 6-inch (10- to 15-cm) depth. After rock-plowing, front-end trenching plows were used to make trenches [16 to 18 inches wide and 18 to 24 inches deep (41 to 46 cm wide and 46 to 61 cm deep)] in rows corresponding to tree rows and tree spacing distances (Colburn and Goldweber, 1961). Trees then were planted at the intersection of the crossed trenches, which greatly increased the depth and volume of soil available for rooting and anchoring trees.

Past hurricanes in southern Florida showed that preplant practices that increase the soil depth available for rooting increase tree stability during high winds. "Flat-planted" trees generally toppled during a hurricane, revealing a shallow, but extensive, lateral root system (Colburn and Goldweber, 1961). Trees planted in cross trenches have an extensive root system along the trenches, as well as surface roots, and thus often remain upright.

More recent observations after Hurricane Andrew suggest that some trees grown in cross-trenched orchards broke off along the trunk, leaving only a jagged stump (Fig. 4). Thus, while the tree was well-anchored, the trunk could not withstand the wind stress. There may be some argument for flat-planting trees that can be reset after toppling. However, in many cases, flat-planted trees were uprooted completely or blown away.

**Grafted vs. air-layered trees.** A number of fruit crops, such as 'Tahiti' lime (*Citrus latifolia* Tanaka), lychee (*Litchi chinensis*

Fig. 1. Toppled, uprooted, defoliated, and defruited 'Booth-8' avocado (*Persea americana* Mill.) trees.



<sup>1</sup>Tropical Fruit Crops Specialist and Tropical Fruit Crops Specialist, Emeritus, University of Florida, IFAS, Tropical Research and Education Center, Homestead, FL 33031-3314.

<sup>2</sup>Multi-County Tropical Fruit Crops Extension Agent and Multi-County Tropical Fruit Crops Extension Agent, Emeritus, Dade, IFAS Cooperative Extension Service, Homestead, FL 33030.

<sup>3</sup>Curator of Tropical Fruit/Extension Horticulturist, Fairchild Tropical Garden, Miami, FL 33156-4296.

Florida Agricultural Experiment Station Journal Series no. R-03660. The cost of publishing this paper was defrayed in part by the payment of page charges. Under postal regulations, this paper therefore must be hereby marked advertisement solely to indicate this fact.

Sonn), longan [*Nephelium longana* (Lam.) Carm.], and guava (*Psidium guajava* L.) have been propagated by air layering (marcotting) for commercial plantings in southern Florida for many years. Air layering was practiced because grafting was difficult for some species, such as lychee and longan. Air layering was highly successful, relatively easy, and trees generally come into production about a year ahead of grafted trees.

Hurricanes during the 1960s revealed that grafted lime trees withstood the high winds, while air-layered trees were toppled or blown out of the ground. After Hurricane Andrew, a survey of mature lime orchards established with grafted, air-layered, or alternating grafted and air-layered (mixed orchard) trees found that 93% to 96% of the trees in the grafted orchards, and 89% of the trees in the mixed orchard, survived the storm, compared to 17% of the trees in the air-layered orchard (Crane et al., 1994). Observation suggests that the root systems of air-layered lime trees do not have the depth or lateral spread of grafted trees, at least under South Dade County soil conditions. In contrast to air-layered lime trees, a majority of the air-layered guava (84%), longan (70%), and lychee (60%) trees surveyed survived the hurricane (Crane et al., 1994).

**Tree size control practices.** The canopies of trees, especially mature trees, resist wind movement, although there is much difference among species. If the wind is of sufficient speed and duration, trees may have leaves blown off, limbs broken, trunks snapped and/or twisted off (at or near the soil), or be toppled or blown out of the ground.

The most beneficial pre-hurricane cultural practice to reduce tree damage and toppling is a regular pruning program to control tree size (Fig. 5). Tree size may be reduced by topping and hedging with heavy equipment (Newman, 1971; Phillips, 1972) and/or with hand-operated saws and pneumatic shears for selective limb removal. Other benefits of tree size control include ease of harvest, increased penetration and efficiency of foliar sprays, increased light and air penetration, retention of a lower bearing canopy, and improved equipment movement through the orchard.

A post-Hurricane Andrew survey found the percentage of trees toppling over and surviving varied with fruit species, the age of the trees, and tree height prior to the storm (Crane et al., 1994). In general, we found that, in orchards where tree height was limited to 12 to 22 ft (3.7 to 6.7 m), more trees remained upright than in those orchards where no tree height control was practiced. In an orchard rejuvenation study with avocado (Crane et al., 1992), the fewest toppled trees after Hurricane Andrew were in treatments

where trees were topped to 12 ft (3.7 m) and every other tree was removed on the diagonal (unpublished data). In contrast, more non-topped trees [30 to 60 ft (9 to 18 m)] and trees topped to 16 ft and 22 ft (4.9 m and 6.7 m), with or without every other tree removed, had fallen.

#### Windbreaks.

The benefit of windbreaks depends on whether they withstand high winds, remain upright and mostly intact during a hurricane, or topple, uproot, and destroy the trees they were intended to protect.

In southern Florida, traditional flat-planted windbreaks of Australian pines (*Casuarina equisetifolia* J.R. Forst. & G. Forst.) resulted in heavy damage to fruit trees after a hurricane when they fell into the orchards (Brooks, 1946; Loomis, 1946). In addition, they increased the orchard restoration cost because windbreak trees had to be removed. Observations from previous hurricanes showed that no common windbreak species withstood hurricane winds in excess of 100 mph (161 kph) without serious damage or uprooting (Ruchle, 1963). Similar problems with planted windbreaks were observed after Hurricane Andrew.

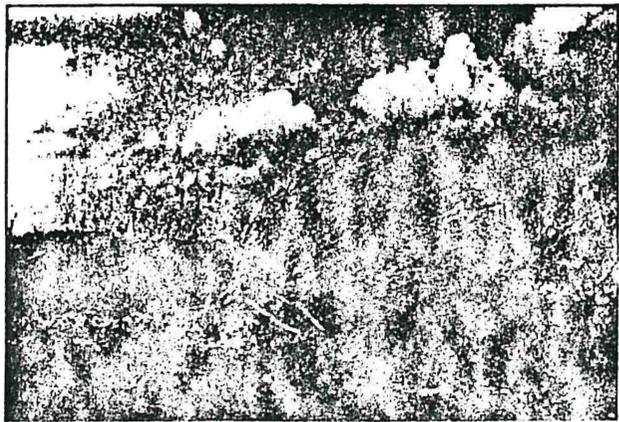
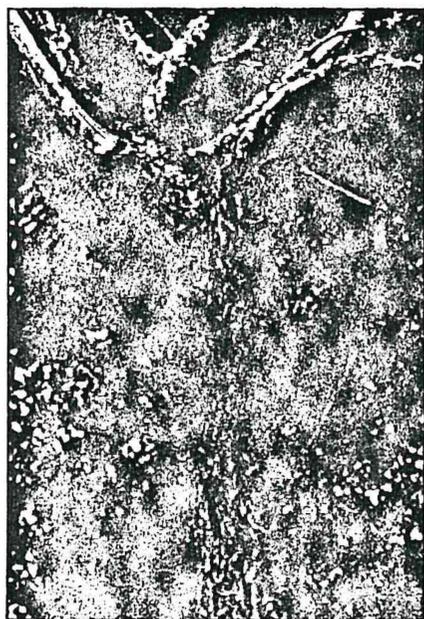


Fig. 2. 'Gefner' atamoya (*Annona squamosa* x *A. cherimola*) limb showing extensive bark damage due to wind-blown soil and rocks.

Fig. 3. Three-year-old canistel (*Pouteria campechiana* Baehni) orchard depicting missing trees, toppled, defoliated, defruited, and bark-damaged trees.



*Planning for a hurricane enables growers to make sound decisions before and after a storm and increases the chances of rapid recovery.*

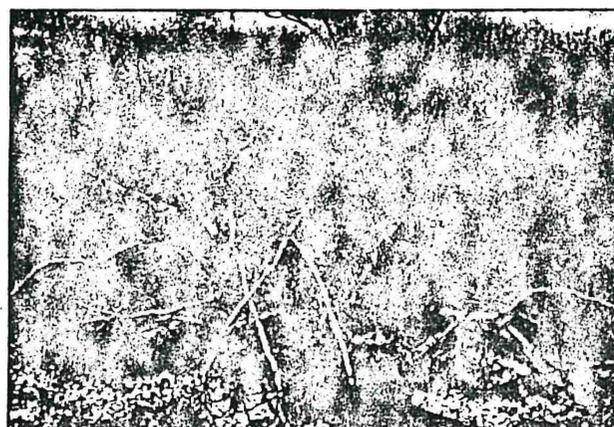
almost all fruit (Fig. 1). In addition to the direct effect of the strong winds, wind-blown debris, such as loose sand and rock from adjacent open fields, stripped bark off of trees (sand blasting) (Fig. 2). In some cases, 50% or more of the bark on the trunk and major limbs was destroyed. Wind-blown trees also caused extensive damage to adjacent trees, fences, and equipment as they were swept by the hurricane-force winds. Damage to young trees was especially severe (Fig. 3). Differences in the response to the hurricane occurred among fruit species and cultivars of a single species (Campbell et al., 1993; Crane et al., 1993, 1994). This article focuses on pre- and post-hurricane cultural practices used in the tropical fruits industry of South Dade County, Fla., and their effects on plant recovery and survival.

## Pre-hurricane practices

**Planning.** Planning for a hurricane enables growers to make sound decisions before and after a storm and increases the chances of rapid recovery. Southern Florida's hurricane season is from June through about mid-October each year. However, preparations for a hurricane should be made well before a hurricane watch or warning is announced. This is because cultural practices, such as pruning, topping, and hedging, prior to a hurricane take time, labor, and equipment—all in short supply just before a hurricane.

Components of a hurricane plan should include insurance coverage for equipment, buildings, and orchards (including crop loss); accumulation and safe storage of equipment needed in the recovery, such as saws, slings, shovels, fuel, paint, and equipment parts; and the knowledge of the location and cost of backhoes, front-end loaders, and wood chippers. Prioritizing which orchards will be worth

Fig. 1. Toppled, uprooted, defoliated, and defruited 'Booth-8' avocado (*Persea americana* Mill.) trees.



resetting, clearing and replanting with the same or a different crop, or top-working is equally important.

**Site selection.** Choice of a planting site is an important consideration that can affect the amount of hurricane damage. Natural woodlands can significantly reduce the velocity of winds during storms. They also reduce bark damage to fruit trees caused by wind-blown sand and gravel from open fields. Sites with planted windbreaks also afford some wind protection as long as the windbreak trees are well-rooted and have been topped, thus reducing the chances of their toppling into the adjacent fruit trees.

**Preplant soil preparation.** In Dade County, most tropical fruit crops are grown on a hard, but porous, Oolitic limestone soil, commonly called Rockland soil (Calhoun et al., 1974; South Dade Soil and Water Conservation District, 1989). During the 1930s, toothed, heavy steel drags were pulled across the cleared land to break up the rock to a 4- to 6-inch (10- to 15-cm) depth, and trees were planted in shallow holes of about a 12- to 16-inch (30- to 40-cm) depth (flat-planted). During the 1940s, heavy tractors with 42-inch (107-cm) -wide front-end plows ("rock plows") were developed to scarify the limestone rock to a 4- to 6-inch (10- to 15-cm) depth. After rock-plowing, front-end trenching plows were used to make trenches [16 to 18 inches wide and 18 to 24 inches deep (41 to 46 cm wide and 46 to 61 cm deep)] in rows corresponding to tree rows and tree spacing distances (Colburn and Goldweber, 1961). Trees then were planted at the intersection of the crossed trenches, which greatly increased the depth and volume of soil available for rooting and anchoring trees.

Past hurricanes in southern Florida showed that preplant practices that increase the soil depth available for rooting increase tree stability during high winds. "Flat-planted" trees generally toppled during a hurricane, revealing a shallow, but extensive, lateral root system (Colburn and Goldweber, 1961). Trees planted in cross trenches have an extensive root system along the trenches, as well as surface roots, and thus often remain upright.

More recent observations after Hurricane Andrew suggest that some trees grown in cross-trenched orchards broke off along the trunk, leaving only a jagged stump (Fig. 4). Thus, while the tree was well-anchored, the trunk could not withstand the wind stress. There may be some argument for flat-planting trees that can be reset after toppling. However, in many cases, flat-planted trees were uprooted completely or blown away.

**Grafted vs. air-layered trees.** A number of fruit crops, such as 'Tahiti' lime (*Citrus latifolia* Tanaka), lychee (*Litchi chinensis*

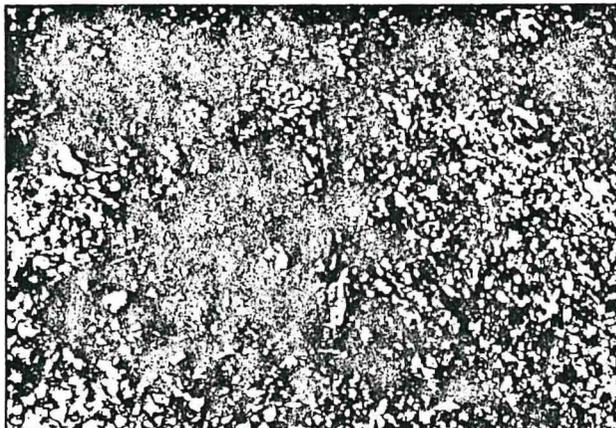
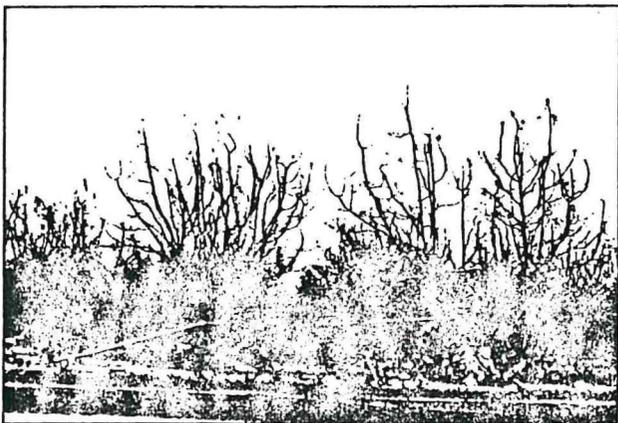


Fig. 4. Stump of 'Gefner' atemaya tree in trenched orchard.

Fig. 5. An avocado orchard topped at about 3.7 m prior to Hurricane Andrew in which most trees remained standing.



On the other hand, orchards adjacent to woodlands and planted windbreaks that had been topped had fewer toppled fruit trees and much less damage from windborne loose rock and sand than trees in unprotected orchards.

**Miscellaneous practices.** Removing risers from overhead irrigation systems before a hurricane will dramatically reduce the amount of damage to risers and the underground piping of the system. Placing pumps and engines in an enclosed building also will reduce the chances of their damage. However, moving such heavy equipment may not be practical.

### Post-hurricane practices

The first step after the hurricane is to make a visual assessment of the damage to estimate the cost of resetting the orchard. Once the equipment and labor has been assembled, debris removal, pruning of damaged trees, and resetting of toppled trees can begin.

Resetting trees should be accomplished as soon as possible after a hurricane. The timing, however, may depend on many factors, including the cost and availability of equipment and labor. The amount of root damage, the amount of the root system remaining in the ground, and the amount of soil left around the exposed roots should determine which trees to reset first. If possible, mounding soil on exposed roots or providing some type of shade will help keep the tree roots alive until resetting is possible.

**Equipment.** The equipment needed for resetting trees after a hurricane include hand-pruning saws, chain saws, combination front-end loaders and backhoes, picks, shredders or chippers, shovels, hand hoes and loppers, and slings or large-diameter ropes for resetting fallen trees. Slings should not be made of cable or chain because they may damage the bark and cambial layer and may girdle already damaged and stressed trees. Cables have the added danger of being extremely dangerous to workers if they snap.

**Protecting sun-exposed trunks and limbs.** Cambial damage ("sunburn") may occur to defoliated and/or toppled trees exposed to direct sunlight for prolonged periods (Boyce, 1961; Levitt, 1980; Tattar, 1978). This injury is thought to be caused by overheating of the cambium layer, and symptoms include drying and peeling of the bark, defoliation, branch dieback, wood injury, and growth of saprophytic fungi on dead bark and wood.

Spraying or painting tree trunks and branches with white water-based latex paint before or immediately after a hurricane will help prevent cambial overheating due to sun exposure. The latex can be diluted with water in a 1:1 ratio (whitewash). If latex is not

available, a whitewash can be made by mixing water, fine-grade hydrated lime, and zinc sulfate in a 1:1:0.1 ratio. The zinc sulfate should be dissolved in water first. The mixture can be diluted to the desired consistency with water for application purposes. If the material is to be applied with a mechanical sprayer, it will have to be strained first and diluted further.

**Pruning.** Pruning may be a part of the debris removal and preparation for resetting toppled trees. Pruning cuts should be made back to sound wood, as in normal selective pruning practices. This includes pruning back to lateral buds, to the nearest crotch, or to the trunk. Additional pruning will be essential for proper tree management as new growth continues to develop and trees recover. In some cases, this may be a good time to cut trees back for topworking to more desirable cultivars.

Toppled trees also should be pruned back to sound wood. However, because of the extensive root damage of partially uprooted trees, a moderate to large amount of the tree canopy may have to be removed. Removing part or most of the canopy reduces the weight of the tree, making resetting and stabilizing the tree easier, and will also reduce the transpirational surface area. Depending on the size of the tree and amount of damage, it may have to be cut back to main scaffold limbs or to the trunk (stump). Some trees may shift back to their original position as the tops are removed. This can be dangerous for anyone pruning the tree or working near the root mass or trunk.

During the pruning process, braces may be made by cutting 4- to 10-ft (1.2- to 3.1-m)-long limbs of 4 to 6 inches (10 to 15 cm) in diameter with forked branches. These braces can be used to help stabilize trees after the resetting process.

Pruned-off branches can be stacked in the row for natural decomposition, removed from the orchard, chipped or shredded at the orchard, or burned. Burning is not recommended because of air pollution, whereas chipped wood can be used immediately as mulch or composted for later use. Non-plant debris, such as metals, plastics, and rubber, should be removed and stacked outside the orchard for later removal.

In some instances, when it is impossible to reset the trees immediately, pruning to remove most of the canopy of toppled trees will reduce their transpiration loss and prevent desiccation. In addition, the pruned-off branches can be draped over the remaining trunk and scaffold branches for protection against sunburning. However, this may afford protection for wood-boring insects from natural enemies (S. Goldweber, personal communication).



Fig. 6. Remains of human-constructed windbreak located on the east side of an 'Arkin' carambola (*Averrhoa carambola* L.) orchard.

Once plant and non-plant debris have been removed and the orchard or some part of the orchard has been cleared, redigging planting holes and resetting fallen trees can begin.

**The resetting operation.** Before resetting a tree, lateral and vertical roots completely out of the ground and damaged roots should be removed with a lopper and/or a saw. This will enable the tree to stand level when reset. A backhoe or similar machine should remove enough soil from the tree hole so that the tree will stand at or near the same level as before. Soil underneath the root mass of the fallen trees also may be removed by hoes and shovels.

Heavy-duty slings or ropes attached to tractors or backhoes can be used to assist in raising the trees to an upright position. Pre-cut braces can be used to stabilize or prop the trees after they are raised (Fig. 7). The hole should be filled with excavated soil and the soil "flooded-in." The use of wood chips or



Fig. 7. Guava (*Psidium guajava* L.) trees reset and propped with guava limbs cut from toppled trees.

The three most-important pre-hurricane practices are the use of grafted plant material, preparation of planting sites to increase rooting depth available for anchoring trees in place, and maintenance of a regular pruning program to limit tree size.

other mulch on top of the soil is helpful in conserving moisture and controlling weeds.

**Irrigation practices.** Invariably, irrigation systems are damaged to some extent during the hurricane. Irrigation systems should be repaired as soon as possible, because drought stress may cause dieback of new shoots and leaves, and may result in tree death. In addition, high-volume sprinkler-irrigation systems need to be working for cold protection of cold-sensitive trees. We recommend irrigating at least twice per week at a 0.5- to 1-inch (1.3- to 2.5-cm) rate per irrigation until trees become reestablished well.

Salt damage to trees depends on plant tolerance, whether the roots are immersed (salt water intrusion), whether salt water is deposited by wind (foliar), salt concentration of the water, and duration of exposure. If irrigation is available after a storm, irrigation to wash salt off remaining foliage and to leach salts in the soil beyond the root zone will help reduce salt damage to sensitive trees.

**Fertilizer practices.** Obtaining fertilizers and distributing them to reset or reconditioned trees may not be possible and/or may be of secondary importance immediately after a hurricane. However, major fertilizer elements should be applied when new growth begins to preclude nutrient deficiencies after stored reserves in the trees are depleted. Fertilizer rates for trees with limb loss should be reduced in proportion to the amount of tree damage, keeping in mind that previously fallen trees will have a damaged and much-reduced fibrous root system. More-frequent light applications of low-analysis fertilizers may ensure a steady supply of nutrients and aid in a rapid recovery of canopy, limbs, and roots. In contrast, trees that lost mainly only leaves and remained upright should receive slightly greater-than-normal rates of fertilizer per tree as they reestablish their canopy. If possible, the fertilizer should be placed within a 3- to 6-foot (0.9- to 1.8-m) area of the trunk. This is because the fibrous root systems of fallen trees probably have been reduced and damaged.

Micronutrients such as Mn and Zn commonly are applied to foliage in South Dade County because the limestone-based soil has a pH of 7.5 to 8.5. As trees re-leaf, micronutrients such as Mn and Zn should be applied to the leaves. Chelated iron soil drenches also should be applied as the trees begin re-leafing.

**Weed control practices.** Weed control may be difficult after a storm due to a lack of equipment, materials, or labor. However, because more of the land surface area is exposed to direct sunlight, weeds and weedy vines will proliferate. Weeds and vines will

compete with the trees for sunlight, water, and nutrients and become more difficult to control as they mature. When row middles become accessible, mowing and herbicide applications should be resumed.

**Mulching practices.** The use of a mulch (wood chips) around the trees will be helpful in conserving soil moisture and reducing weed growth. Mulch should not be mounded against the trunks, as continuous moisture along the trunk may facilitate attack by fungi and borers. The mulch should be kept at least 6 to 12 inches (15 to 30 cm) from the trunk.

Some fruit tree species (e.g., lychee, mango, and avocado) may be injured by thick layers of mulch and/or certain mulch materials. If in doubt, only weathered materials that are coarsely textured should be used and applied in thin layers of no more than 2 to 4 inches (5 to 10 cm). Slightly increased fertilizer rates, especially of N, may be necessary because some of the fertilizer will be used by microorganisms decomposing the compost (Brady, 1974).

**Insect and disease control practices.** Depending on location, various primary and secondary pathogens may attack defoliated and weakened trees. In addition, insect pests may attack what are usually considered non-host species. This may be due to a lack of normal host plant material or to decreased resistance of stressed plants. Local extension personnel should be contacted for identification and control recommendations.

## Conclusion

Planning for a hurricane will help reduce damage to fruit trees and enhance recovery of the farming operation. The three most-important pre-hurricane practices are the use of grafted plant material, preparation of planting sites to increase rooting depth available for anchoring trees in place, and maintenance of a regular pruning program to limit tree size. After a hurricane, being prepared for clearing debris, resetting toppled trees, protecting trees from sunburn, irrigating, and fertilizing trees frequently will increase chances that the trees will recover and the farming operation will survive.

## Literature Cited

- Boyer, J.S. 1961. Forest pathology. McGraw-Hill, New York. p. 38-39.
- Brady, N.C. 1974. The nature and properties of soils, 8th ed. Macmillan, New York. p. 150-163, 546-550.
- Branks, J.R. 1946. Hurricane damage to commercial fruit trees in Dade County. Proc. Fla. State Hort. Soc. 59:149-151.

Calhoun, F.G., V.W. Carlisle, R.E. Caldwell, L.W. Zelazny, L.C. Hammond, and H.L. Brclaud. 1974. Characterization data for selected Florida soils. Univ. of Florida, IFAS Soil Sci. Dept., Soil Characterization Lab. and USDA Soil Conservation Serv. Jan. 1974.

Campbell, R.J., C.W. Campbell, J. Crane, C. Balerdi, and S. Goldweber. 1993. Hurricane Andrew damages tropical fruit crops in south Florida. Fruit Var. J. 47:218-225.

Colburn, B. and S. Goldweber. 1961. Preparation of oolitic limestone soil for agricultural use. Proc. Fla. State Hort. Soc. 74:343-344.

Crane, J.H. 1992. The carambola. Fla. Coop. Extn. Serv., IFAS, Univ. of Florida, Gainesville. Fact Sheet EC-12.

Crane, J.H., R.J. Campbell, and C.F. Balerdi. 1993. Effect of hurricane Andrew on tropical fruit trees. Proc. Fla. State Hort. Soc. 106.

Crane, J.H. and B. Schaffer. 1992. Effect of wind speed on carbon assimilation, water relations, and growth of young carambola and sugar apple trees. HortScience 27:579. (Abstr.)

Crane, J.H., B. Schaffer, T.L. Davenport, and C. Balerdi. 1992. Rejuvenation of a mature, non-productive 'Lula' and 'Booth 8' avocado orchard by topping and tree removal. Proc. Fla. State Hort. Soc. 105:282-285.

Crane, J.H., C. Balerdi, R. Campbell, C. Campbell, and S. Goldweber. 1993. Hurricane Andrew and south Florida's tropical fruit crops industry. The Fla. Grower and Rancher 86:25-27.

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses: Vol. 1, chilling, freezing, and high temperature stresses. Academic, New York. p. 347-391.

Loomis, H.F. 1946. Hurricane damage to tropical plants. Proc. Fla. State Hort. Soc. 59:146-149.

Mosley, A.E. 1990. Economic impact of agriculture and agribusiness in Dade County, Florida. Industry Rpt 90-4, Food and Resource Economics Dept., Univ. of Florida, Gainesville.

Newman, P.W. 1971. Current hedging and topping practices for avocados and limes in Florida. Proc. Fla. State Hort. Soc. 84:281-282.

Phillips, R.L. 1972. Hedging angles for 'Hamlin' oranges. Proc. Fla. State Hort. Soc. 88:445-448.

Ruehle, G.D. 1963. The Florida avocado industry. Univ. of Florida Cooperative Extension Serv. Bul. 602.

Tittar, T.A. 1978. Diseases of shade trees. Academic, New York. p. 209-212.

South Dade County Water Conservation District. 1989. South Dade Soil and Water Conservation District Rpt. Tentative soil legend, Dade County, Fla., Homestead.



