Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

Département PERSYST
TA B-DIR/09
Avenue Agropolis
34398 Montpellier cedex 5 - France

Rapport de mission

« Appui à la modélisation de la fructification du litchi dans la province de Tamatave »

Mission réalisée du 16 au 22 août 2008,
au Centre Technique Horticole de Tamatave, Madagascar

Mathieu Léchaudel
UR Hortsys (Fonctionnement agroécologique et performances des systèmes de culture horticoles)
Station Bassin Plat
BP 180
97455 Saint Pierre Cedex

Sommaire

1. Contexte et objectifs de la mission : 2

2. Déroulement de la mission : 3

3. Commentaires et résultats : 3

4. Bilan de la mission et perspectives : 6

Références citées : 7

1. Contexte et objectifs de la mission :

La mission s'est déroulée du 16 au 22 août 2008 au Centre Technique Horticole de Tamatave (CTHT) qui est une structure d'appui, d'assistance technique et de conseil aux agro-entreprises malgaches intervenant dans le secteur horticole et plus spécifiquement celui de l'exportation des litchis vers l'Europe. Cette mission s'intègre dans les actions entreprises par le CTHT pour la filière litchis qui visent à sécuriser et développer les parts de marché en améliorant la qualité des produits exportés (respect des exigences règlementaires et commerciales) et en apportant des services aux professionnels (importateurs, exportateurs, etc.) pour sécuriser les transactions et les relations commerciales.

La mission avait pour objectif global d'apporter un appui méthodologique aux cadres du CTHT pour aboutir à la modélisation de la fructification du litchi dans la région de Tamatave ; le modèle créé devant servir d'outil d'aide à la décision pour la prévision des récoltes.

Les objectifs spécifiques demandés pour cette mission étaient de :

- contrôler le dispositif de suivi de la fructification des litchis mis en place par le CTHT, lors de visite de vergers sur lesquels sont réalisés les suivis de floraison et de croissance de fruits et à travers des discussions sur les protocoles expérimentaux mis en œuvre dans le projet,
- définir les suivis complémentaires à réaliser pour pouvoir améliorer le modèle de prévision de récolte (planification des suivis « prospection » 2008 à des dates fixes calculées sur la base des degrés jours accumulés depuis la mi-floraison pour comparer les résultats sur la qualité des fruits quelque soit les années),
- programmer avec les agents du CTHT les activités à réaliser pour aboutir à la réalisation du modèle,
- identifier les besoins en formation nécessaires à la spécialisation du personnel impliqué dans l'opération, en particulier l'utilisation d'un logiciel de traitement de données, R.

2. Déroulement de la mission :

12 août : arrivée Tamatave.

13 août : à partir des données envoyées par e-mail (suivis de 1998 à 2004), poursuite du pré-traitement des mesures de diamètre et longueur de fruits, sur la base d'un modèle de prédiction de dates de récolte des litchis proposé suite à des travaux réalisés par le Cirad (Normand, 1989a ; Normand, 1989b ; Huat, 1990).

14 août : rencontres avec Michel Jahiel, chercheur de l'unité Hortsys, et les partenaires du CTHT impliqués dans le suivi phénologique du litchi, Mme Heritiana Rabemananjara et Mme Verohanitra Ralaidovy Harilalao. La journée a été consacrée à faire le point sur les données acquises (suivi phénologique panicule par panicule de la floraison à la croissance du fruit en 2005 et 2006), celles restant à saisir pour optimiser leur traitement, et sur les protocoles expérimentaux établis dans le cadre du projet de modélisation de la fructification du litchi.

15-16-17 août : la première matinée a été consacrée à la visite d'un verger, proche de Tamatave, sur lequel sont réalisés les suivis phénologiques (floraison et croissance du fruit). Au cours du reste de la journée et des jours suivants (16-17 août) l'analyse des données de 2005 et 2006 et les premiers tests des modèles proposés ont été réalisés.

Une partie de la dernière après midi a été consacré à la visite du CTCP (Centre de Transformation et de Conservation des Produits), avec Christophe Andréas, Ingénieur responsable de ce centre et Michel Jahiel. Cette visite a permis de découvrir et apprécier l'outil dont dispose les équipes du CTHT et qui pourrait être utilisé dans le cadre de travaux associant pré- et post-récolte.

18 août : bilan de la mission et dernière mise en forme des jeux de données qui seront travaillés par la suite et échangés entre les partenaires du projet.

2. Commentaires et résultats :

Description du modèle de prédiction de dates de récolte utilisé :

Ce modèle repose sur la linéarisation de la courbe d'évolution du rapport diamètre (mesuré suivant la ligne de suture du fruit) sur longueur acquise depuis la floraison ou la nouaison (selon les données disponibles) jusqu'à la récolte du fruit mûr. La courbe d'évolution de ce rapport en fonction du nombre de jours après nouaison suit une sigmoïde qui se caractérise par trois phases : une phase de croissance lente (croissance de la graine), une phase de croissance rapide, linéaire correspondant à une croissance diamétrale supérieure à l'allongement du fruit (développement de l'arille), et une dernière phase de ralentissement de croissance pour atteindre une valeur maximale du rapport diamètre / longueur.

Evaluation du dispositif de suivi de la fructification des litchis mis en place par le CTHT :

Les expérimentations réalisées sur ce dispositif intègrent d'une part le suivi de la floraison (description du nombre de fleurs M1, F et M2 ouvertes le jours des observations), d'autre part le suivi non-destructif du diamètre et de la longueur du fruit à partir de la nouaison (stade 5) et jusqu'à environ une à deux semaines avant l'ouverture de la campagne, et dernièrement le suivi destructif dit de « prospection » qui permet de décrire la qualité des fruits (calibre, couleur, extrait sec soluble) dans les principales zones de production.

La visite d'un des vergers où se déroulent les différents suivis a été l'occasion de se rendre compte du dispositif sur le terrain et d'échanger avec un des agents en charge du suivi, pour

faire le point sur les différents stades qu'il décrit au cours de ses observations. A cette période, la floraison était déjà bien avancée sur les arbres de « Tanety » et de « Bas fond » (stade M2 et nouaison).

Construction d'un modèle de prédiction de récolte basé sur les sommes de degrés jours accumulées depuis la mi-floraison :

Le traitement des données, en particulier celui de l'évolution de la floraison sur la zone de Tamatave, de 2005 à 2007 a permis de calculer la date de mi-floraison pour chaque panicule suivi, et ainsi d'en déduire une date de mi-floraison globale par site (Tableau 1). Cette date est utilisée comme date de départ (t0) pour analyser la croissance du fruit et pour calculer le délai entre la floraison et la date d'ouverture de la campagne en jours et en degrés jours (unité tenant compte de la température moyenne journalière sur la zone étudiée).

Le tableau 1 montre bien les décalages de dates de mi-floraison d'une année sur l'autre et l'intérêt de se baser sur la somme de degrés jours pour planifier les dates de « prospection » et d'ouverture de campagne. Par exemple, en 2006, les résultats de la « prospection » du 10 novembre (date qui est fixe chaque année) ont montré que les fruits étaient en retard (coloration verte, brix très faible). Ce retard est cohérent avec les degrés jours accumulés de la mi-floraison jusqu'à cette date (1344 au lieu de 1457 en 2005 ou 1719 en 2007), et il est dû à une floraison tardive cette année-là. Pour optimiser les résultats obtenus avec le suivi « prospection », il serait souhaitable de se baser sur la somme de degrés jours et non sur une date fixe telle que le 10 novembre. Deux dates sont proposées, à 1500 et 1700 degrés jours.

Tableau 1 : comparaison des dates de mi-floraison, « prospection » et ouverture de campagne entre 2005 et 2007, sur Tamatave.

		Nombre de jour après mi-floraison	Somme de degrés jours (T_{base}=0 °C)
date mi-floraison	03/09/05	0	22
date "prospection"	10/11/05	68	1457
date ouverture campagne	23/11/05	81	1785
date mi-floraison	12/09/06	0	21
date "prospection" 1	10/11/06	59	1344
date "prospection" 2	01/12/06	80	1870
date ouverture campagne	04/12/06	83	1948
date mi-floraison	26/08/07	0	22
date "prospection"	10/11/07	76	1719
date ouverture campagne	23/11/07	89	2040

A partir du suivi de la floraison 2008 réalisé sur le verger de la zone de Tamatave, la date de mi-floraison a été calculée : le 13/08/08. A partir de cette date et des températures moyennes enregistrées ces 4 dernières années, il est alors possible de planifier deux dates de suivi « prospection », sur la base de 1500 et 1700 degrés jours après la mi-floraison, soit les 21 et 30 octobre. Si on considère que ces trois dernières années, l'ouverture de la campagne a eu lieu entre 1785 (2005) et 2040 (2007) degrés jours, une première estimation peut être faite pour 2008 : entre le 3 et 13 novembre.

Toutes ces dates seront recalculées au fur et à mesure de la mise à jour des températures réelles de 2008.

Construction d'un modèle de prédiction de récolte basé sur la croissance du fruit (évolution du rapport diamètre / longueur depuis la mi-floraison) :

L'évolution du rapport diamètre / longueur en fonction de l'âge du fruit (en jours après la mi-floraison) a été modélisée fruit par fruit selon une courbe logistique. Celle-ci permet d'estimer en particulier le rapport maximal qui peut être atteint pour chaque fruit. Chaque année (2005 et 2006 étant les deux années totalement exploitable de la floraison à la croissance des fruits), par zone de suivi (Brickaville, Tamatave et Fénérive), 120 fruits sont suivis (3 fruits par arbre et par position cardinale, soit 12 fruits par arbre, ceci sur 5 arbres par « Tanety » et 5 arbres par « Basfond »).

Le rapport maximal ($rapport_{maxi}$) estimé sur 2005-2006 est de : **0.8356**

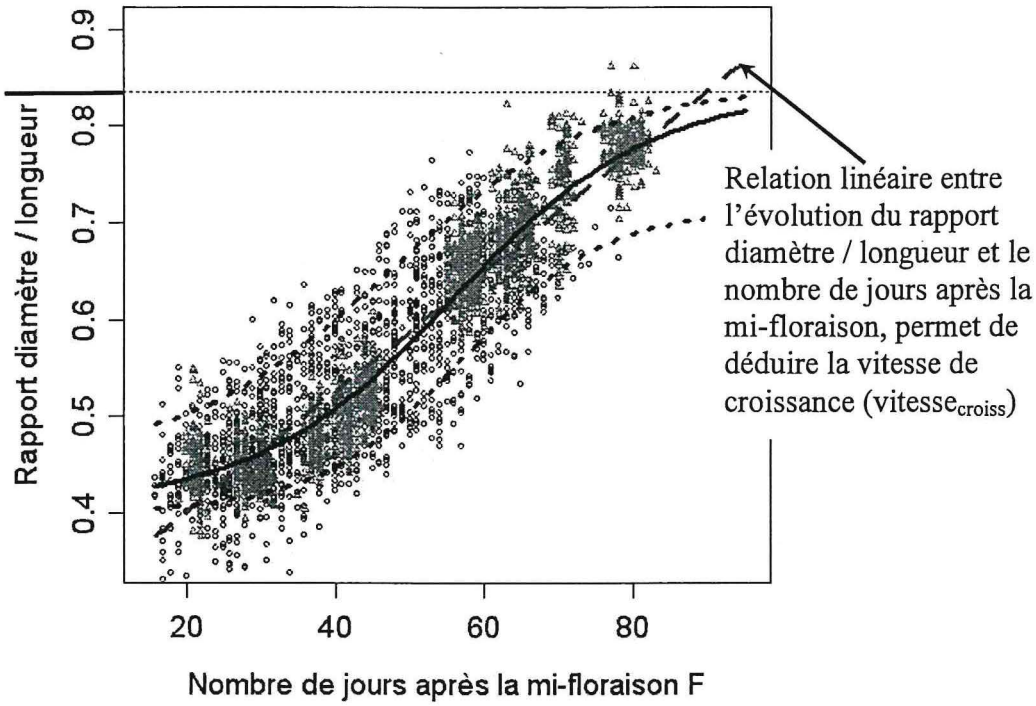

Figure 1 : évolution du rapport diamètre / longueur en fonction du nombre de jours depuis la mi-floraison, en 2005 (○) et 2006 (Δ).

Une fois le rapport maximal et la vitesse de croissance linéaire estimés sur les données de 2005 et 2006, les premiers tests du modèle qui prédit, à partir d'une mesure de diamètre à un stade jeune fruit (au cours des mois de septembre et octobre, soit entre 30 à 50 jours après la mi-floraison) et de la vitesse de croissance, la date à laquelle ce rapport atteindra le rapport maximal estimé (Figure 1) peuvent être réalisés.

L'équation utilisée est la suivante :

$$nbj_{théorique} = nbj_{mesuré} + \frac{rapport_{\max i} - rapport_{mes}}{vitesse_{croiss}}$$

Avec $nbj_{théorique}$, le jour où le rapport diamètre / longueur atteint sa valeur maximale (en nombre de jours après mi-floraison), $nbj_{mesuré}$, le jour de mesure (en nombre de jours après mi-

floraison), $rapport_{mes}$, le rapport moyen mesuré au cours du suivi de croissance non-destructif (entre 30 et 50 jours après la mi-floraison), et $vitesse_{croiss}$, la vitesse de croissance linéaire, estimée graphiquement (cf droite sur la figure 1).

Ces essais de calculs de date théorique où le rapport diamètre / longueur aura atteint sa valeur maximale ont été réalisés à partir des rapports diamètre / longueur moyens mesurés sur « Tanety » et « Bas Fond » entre 1999 et 2006, sur la zone de Tamatave. Cette date théorique a été comparée à la date d'ouverture de la campagne pour chacune de ces 7 années de mesures. L'écart varie en moyenne entre 0 et 6 jours.

Ces tests ne pourront être validés que cette année où il sera possible de comparer la date théorique calculée par le modèle aux résultats des analyses de qualité des fruits des suivis « prospection » et celles à la fin du suivi de croissance.

3. Bilan de la mission et perspectives :

Il a donc été possible au cours de cette mission de réaliser les actions suivantes

Analyser la fiabilité des données récoltées par les agents du CTHT, en vérifiant sur des graphiques préliminaires les valeurs aberrantes, en analysant le dispositif de suivi en place lors d'une visite d'un verger sur lequel est réalisé les différents suivis de floraison et de croissance, et en échangeant avec les agents impliqués dans le suivi phénologique du litchi sur les différentes observations et mesures associées aux protocoles expérimentaux.

Traiter les données recueillies par le CTHT : suivis de floraison de 2005 à 2008 qui ont permis de calculer une date de mi-floraison panicule par panicule, et globale par zone (Tamatave, Fénérive, Brickaville), et suivis de croissance de fruit de 2005 et 2006 en appliquant les modèles mathématiques maîtrisés sur d'autres plantes (mangue et ananas) et existant dans la littérature pour le litchi.

Proposer des **suivis complémentaires à mettre en place pour améliorer le modèle :**

- mettre à jour les données climatiques au fur et à mesure de la saison de croissance des fruits pour affiner le calcul de la somme de degrés jours depuis la date de mi-floraison qui permettra de calculer la date d'ouverture de cette année de campagne (avec la possibilité d'obtenir des relevés de température au niveau du verger suivi par l'installation d'enregistreurs de températures sur ces sites) ;
- réaliser les suivis de croissance jusqu'à quelques jours avant la date d'ouverture de la campagne. Le dernier jour de mesure, qui doit correspondre à 1 ou 2 jours avant l'ouverture de la campagne, il faudrait réaliser les analyses de la qualité (calibre, couleur, extrait sec soluble, acidité titrable) de tous les fruits qui ont été suivis. Ces informations supplémentaires sont indispensables pour faire la relation entre la qualité des fruits et la date d'ouverture théorique calculée à partir du rapport diamètre / longueur moyen mesuré tôt dans la saison, et du rapport maximal et de la vitesse de croissance estimés sur 2005-2006.

  Il faudrait étudier la possibilité de mesurer l'acidité titrable sur chaque lot de fruits récoltés, de manière à pouvoir calculer un rapport sucre / acide, ce dernier étant souvent considéré comme un bon descriptif simple de la qualité gustative du fruit ;
- réaliser les suivis de « prospection » à des dates précises programmées sur la base des degrés jours accumulés après la date de mi-floraison, de manière à pouvoir

comparer les résultats quelque soit les années de mesures. Si on considère que pour une somme entre 1500 et 1700 degrés jours après la mi-floraison, il est possible de caractériser si les fruits ont atteint un taux d'extrait sec soluble proche de 17 °brix, alors il faudrait prévoir pour l'année 2008 des suivis de « prospection » les 21 et 30 octobre.

Compléter la formation des agents du CTHT impliqués dans les opérations de suivi, en particulier dans les domaines du pré-traitement des données acquises sur le terrain (routines pour vérifier les données, mise en forme des jeux de données, ...) et dans l'utilisation d'un logiciel statistique qui serait partagé par l'ensemble des partenaires. Cette formation pourrait être réalisée par un ou plusieurs chercheurs du Cirad impliqués dans le projet « Production intégrée de mangues, ananas, et autres fruits tropicaux » (Piman) à La Réunion qui travaillent avec un logiciel unique et en accès libre (R) et qui dispose d'un VCAT en biostatistique maîtrisant ce logiciel. Cette formation pourrait avoir lieu à La Réunion, ou en fonction du nombre de personnes à former se dérouler sur Tamatave.

L'ensemble des fichiers informatiques et les modèles de prédiction la date d'ouverture de la campagne établis sur la base (i) du calcul de la somme de degrés jours à partir de la mi-floraison, et (ii) de mesures de rapports diamètre / longueur, à partir des données de 1999 à 2007, seront restitués aux partenaires sur un CD. Ces documents seront amenés à évoluer avec les données acquises en 2008. Il faudra donc au minimum les données de la campagne 2008 pour valider le modèle, et ensuite le tester une nouvelle fois sur 2009.

Références citées

Huat, Joël. 1990. Contribution à l'étude de la maturation du litchi, cv 'Kwai Mi' à La Réunion. Détermination du stade optimal de récolte. *Mémoires de fin d'études*. E.N.S.H. Versailles, 44 p.

Normand, Frédéric. 1989a. Deux ans d'observation de la collection litchi Réunion BPL07. *Compte-rendu d'essai*. LI-RE n° 37, IRFA, 15 p.

Normand, Frédéric. 1989b. Résultats du suivi de maturation litchi. *Compte-rendu d'essai*. LI-RE 11-88 n° 39, IRFA, 18 p.