

# Ramification et fructification du limettier de Tahiti (*C. latifolia* TAN.).

## II- L'unité de croissance et l'unité de production.

R. COTTIN et Cécile DUBOIS\*

avec la collaboration technique de J.J. BANIDOL.

RAMIFICATION AND FRUITING OF THE PERSIAN LIME  
(*C. LATIFOLIA* Tan.).

II.- GROWTH UNIT AND PRODUCTION UNIT.

R. COTTIN and Cécile DUBOIS.

with the technical collaboration of J.J. BANIDOL

*Fruits*, Numéro spécial Agrumes, p.247-254.

ABSTRACT - Part II describes the ramification and fruiting of Persian Lime in the humid tropics. It would appear that shoot structures undergoes two low and high frequency cyclical phenomena. Leaf size follows the same pattern although no direct relation can be shown between the two growth rates. Leaf morphology is the same whatever the leaf size, which is governed by the total length of the bearing stem alone. Fruiting of Persian Lime is essentially terminal. It does not appear to be related to a critical leaf area. The observations as a whole should provide better knowledge of Persian Lime in a tropical environment.

RAMIFICATION ET FRUCTIFICATION DU LIMETTIER DE  
TAHITI (*C. LATIFOLIA* TAN.).

II.- L'UNITE DE CROISSANCE ET L'UNITE DE PRODUCTION.

R. COTTIN et Cécile DUBOIS

avec la collaboration technique de J.J. BANIDOL.

*Fruits*, Numéro spécial Agrumes 1992, p.247-254.

RESUME - Cette seconde partie s'attache à décrire le mode de ramification et de fructification du limettier dans les conditions tropicales humides. Il semblerait que la structure des rameaux obéisse à deux phénomènes cycliques de basse et de haute fréquence. La taille des feuilles suit le même schéma, bien qu'aucune relation directe ne puisse être mise en évidence entre les deux rythmes de croissance. Les feuilles ont une morphologie identique quelle que soit leur taille qui ne dépend que de la longueur totale du rameau les portant. La fructification du limettier est essentiellement terminale. Elle ne semble pas liée à une surface foliaire critique. L'ensemble des observations réalisées devrait permettre de mieux cerner le comportement du limettier en milieu tropical.

Après avoir observé le limettier de Tahiti de façon globale et avoir déterminé les caractéristiques des rameaux fructifères (1), leur structure morphologique est le sujet de cette étude.

### L'UNITE DE CROISSANCE

#### Définitions.

Le fonctionnement du bourgeon apical et des bourgeons axillaires conditionne l'architecture caractéristique de l'espèce dans un milieu donné (7). Le développement de la tige est le résultat du fonctionnement d'un point végétatif organogène (méristème apical) et histogène (méristème médullaire) qui met en place des unités feuilles-épines-bourgeons axillaires. Ces bourgeons axillaires peuvent évoluer soit vers de nouvelles pousses végétatives, soit vers

des pousses fructifères. Cette modification au point de vue fonctionnel du bourgeon est réglée par un jeu de corrélations à courte distance (5, 6) qui s'exercent sur les différents tissus le constituant. Ces corrélations sont responsables de la succession de périodes d'organogenèse dominante et de périodes de croissance des entre-noeuds et des feuilles. Une autre forme de corrélations est celle qui peut s'exprimer entre bourgeons et feuilles ou entre bourgeons (2) : qualifiée de corrélations à grande distance, elle conditionne la ramification de la pousse herbacée ou sa mise à fleur (3, 8, 9). La dominance du bourgeon apical sur les bourgeons axillaires est un exemple de corrélation à grande distance.

L'unité de croissance étudiée est composée de (figure 1) :

- la portion de tige issue de la croissance du bourgeon apical jusqu'à sa mort, cette portion est individualisée sous le nom de rameau ;

\* - CIRAD-IRFA - B.P. 153 - 97202 FORT DE FRANCE CEDEX

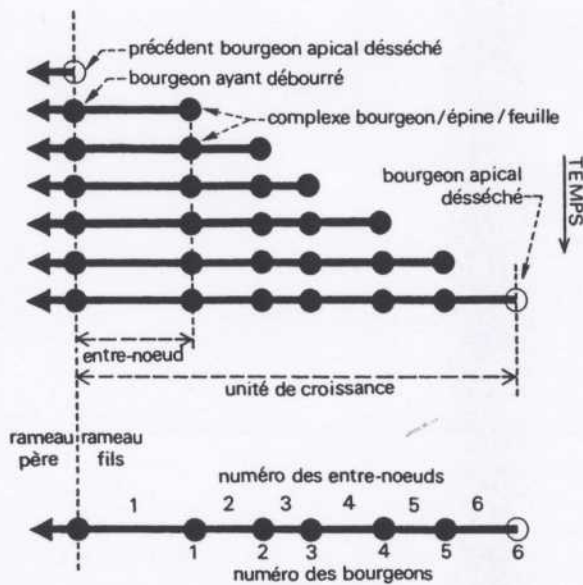


FIGURE 1 - Caractéristiques de l'unité de croissance.

- les feuilles distribuées en spirale le long de ce rameau selon un indice phyllotaxique de 3/8 ;
- les bourgeons axillaires logés à l'aisselle de chaque feuille ;
- les épines.

La distance séparant deux complexes feuille-bourgeon-épine est appelée dans la suite de ce document «entre-noeud». La numérotation commence à 1 pour l'entre-noeud le plus ancien dans la mise en place du rameau.

### CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DE L'UNITE DE CROISSANCE

#### Les entre-noeuds.

La distribution de la longueur des entre-noeuds d'un ensemble de rameaux révèle une certaine hétérogénéité de cette population. En effet, le long de l'unité de croissance, la longueur des entre-noeuds varie de façon importante. On peut observer des entre-noeuds dont la longueur varie de 0,5 à 6,0 cm. Ces variations peuvent être visualisées sur un graphique (figure 2) représentant la longueur de l'entre-noeud en fonction de son numéro d'ordre. L'aspect général de la courbe tendrait à classer, selon la classification de TROLL, le limettier de Tahiti dans la catégorie des plantes basitones, c'est-à-dire présentant un seul maximum à la base de la pousse. Mais, les variations de la longueur des entre-noeuds successifs ne sont pas constantes : ces fluctuations apparaissent sur le graphique sous la forme d'un tracé en dents de scie (fluctuations haute fréquence). Pourtant, une tendance générale se devine pour la longueur des entre-noeuds. Elle a été mise en évidence grâce à la technique des moyennes mobiles et ce, afin de gommer les variations à haute fréquence. Le graphique de la figure 4

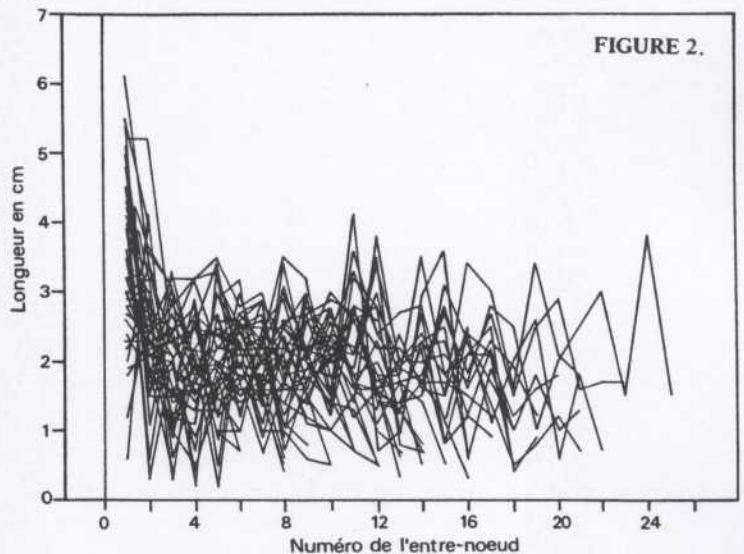


FIGURE 2.

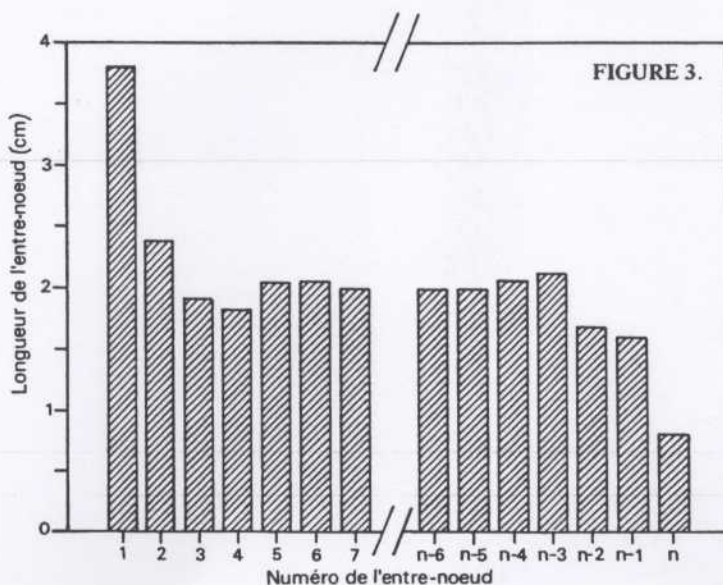


FIGURE 3.

a été tracé après avoir réalisé les moyennes mobiles ayant un pas de 3. On distingue alors trois zones :

- les entre-noeuds 1 à 4 présentent une longueur de plus en plus réduite ;
- les 4 derniers entre-noeuds sont eux aussi de taille réduite ;
- une portion, variable selon le nombre total d'entre-noeuds, qui est constituée d'éléments d'environ 2,0 cm.

La première phase pourrait correspondre à la partie pré-formée de la tige, seules des observations histologiques des bourgeons permettraient de confirmer cette hypothèse.

Si l'on représente (figure 4) la différence entre les courbes réelles et les courbes lissées

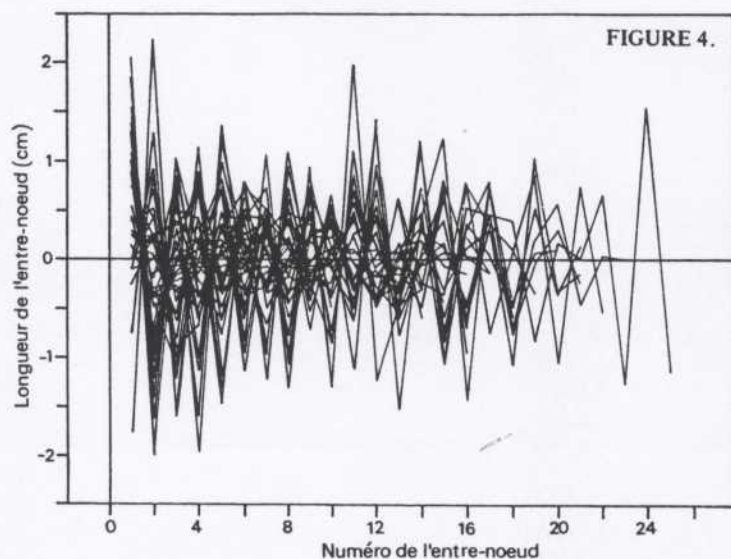


FIGURE 4.

point indiquent l'imprécision due au phénomène cyclique de période «2 noeuds».

**Les feuilles.**

Les feuilles n'ont pas toutes la même taille selon leur position sur l'unité de croissance. Malgré cela, si l'on trace (figure 6) la largeur en fonction de la longueur de la feuille, on obtient un nuage de points relativement homogène. Quelques feuilles s'écartent sensiblement de la droite de régression liant les deux paramètres observés : après analyse plus fine, ces feuilles, de formes plus circulaires, sont portées par des rameaux très courts. Compte tenu de leur faible représentation dans la population étudiée, on peut affirmer que les différences observables entre les différentes feuilles semblent liées uniquement à la taille du limbe, mais pas à sa forme. On observe dans la majorité des cas un rapport largeur/

par la moyenne mobile, on met en évidence la composante haute fréquence de la taille des entre-noeuds successifs. L'amplitude, dans ce cas la distance maximale par rapport au point 0, est élevée, puisqu'elle peut atteindre 2,0 cm. La période de la variation est nettement de l'ordre de 2 entre-noeuds. Il semblerait donc que le caractère «long» d'un entre-noeud entraîne le caractère «court» du suivant et vice-versa. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce phénomène : la plus simple est basée sur une compétition nutritive entre la mise en place d'un entre-noeud et le suivant. Ce mécanisme, proposé par plusieurs auteurs sur diverses plantes, se rencontre souvent dans l'édification des structures périodiques. Une étude statistique plus fine n'a pas permis de mettre en évidence une règle claire liant les entre-noeuds successifs. Un modèle de structure pour une unité de croissance est représenté sur la figure 5 : ce rameau, théorique, possède 19 entre-noeuds. Les barres d'incertitude présentes sur chaque

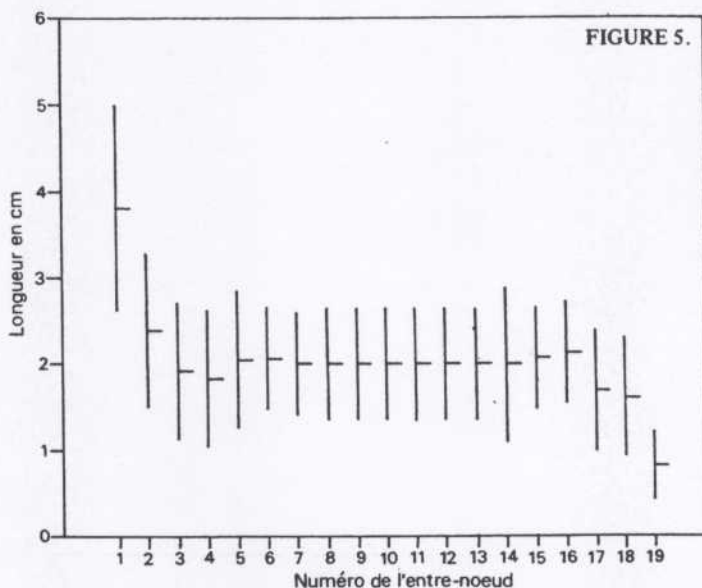


FIGURE 5.

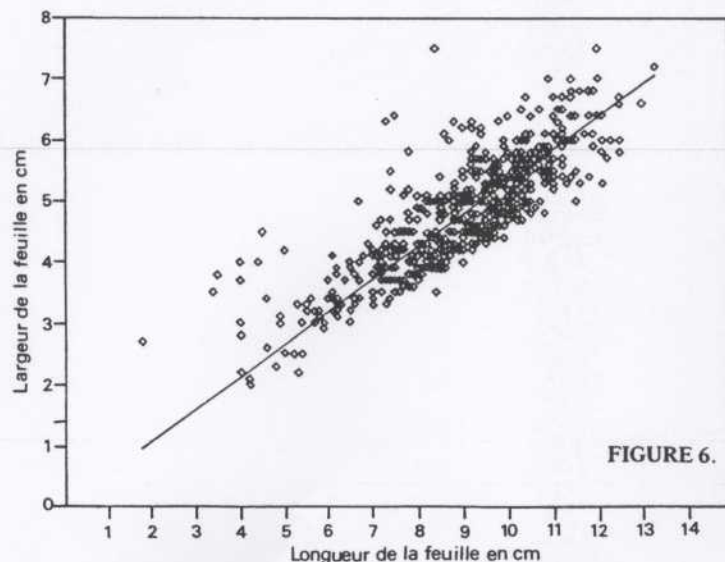


FIGURE 6.

longueur de l'ordre de 0.53, quelle que soit la taille de la feuille. SHRESTHA *et al.* (10) ont proposé une formule permettant de calculer la surface foliaire de limettier :  $S_f = \text{long} \times \text{larg} \times 0.608$ . Cette formule a permis de mettre en évidence certaines caractéristiques des feuilles du limettier. La distribution des surfaces foliaires dans la population étudiée est une courbe quasi-normale reflétant la présence d'une seule population. Les premières observations ont montré que, comme dans le cas de la longueur des entre-noeuds, on pouvait mettre en évidence un phénomène basse fréquence associé à un phénomène haute fréquence avec une période de l'ordre de deux noeuds.

La formule de SHRESTHA a donc été utilisée pour tracer la courbe de la figure 7 qui représente la moyenne mobile de pas égal à 3, de la surface foliaire (SF) en fonction du numéro de l'entre-noeud. On remarque que

la feuille la plus importante est dans la majorité des cas située sur l'entre-noeud n° 4 à 8 la fréquence la plus élevée se situant au 6e entre-noeud. On ne l'observe jamais sur le premier entre-noeud, ni au-delà du onzième. De plus, il semblerait que la SF maximale soit fonction de la longueur de l'unité de croissance. Cette supposition est étayée par l'observation d'un coefficient de corrélation linéaire de 0,8, lorsque l'on représente la surface foliaire maximale en fonction de la longueur totale de l'unité de croissance par une droite.

La figure 8 reprend les résultats sous la forme de surface foliaire relative moyenne : on voit nettement que la surface foliaire augmente rapidement pour atteindre son maximum vers le 5-6e noeud, puis elle décroît de façon lente jusqu'à l'extrémité de l'unité de croissance. L'irrégularité que l'on peut observer vers les noeuds 20-22 est liée au peu d'individus observés dans cette zone.

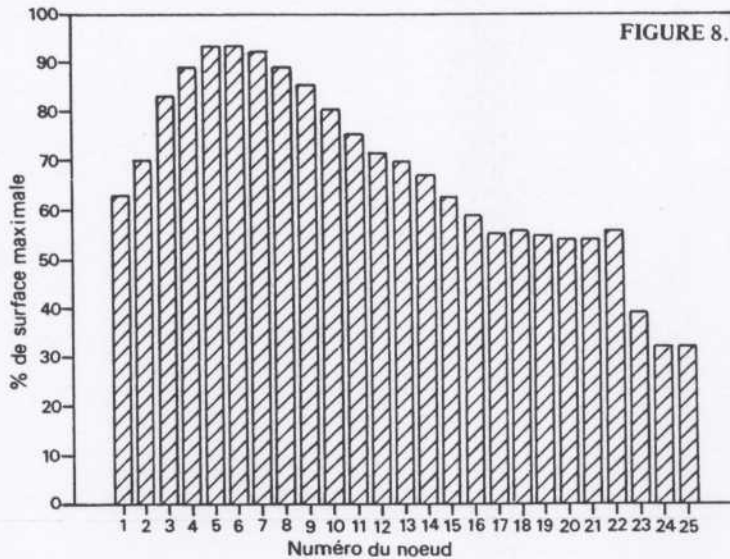


FIGURE 8.

De la même façon, si l'on représente (figure 9) la différence entre les courbes réelles et la courbe lissée par moyennes mobiles de la figure 7, on retrouve une variation à haute fréquence de période 2. Concrètement, on observe des feuilles qui sont alternativement grandes et petites le long de l'axe.

De plus, si l'on observe les histogrammes de la surface foliaire pour les 8 premiers entre-noeuds, 2 groupes apparaissent bien séparés sur le premier entre-noeud. Ceci se retrouve moins net sur le deuxième et troisième et encore moins visible sur les suivants. Il y aurait donc schématiquement des unités de croissance à feuilles plutôt petites et d'autres plutôt grandes et cela dès le premier entre-noeud. Cette distinction n'est pas liée au nombre total d'entre-noeuds de l'unité de croissance. De même, aucune relation directe n'a pu être mise en évidence entre les entre-noeuds courts/longs et les surfaces

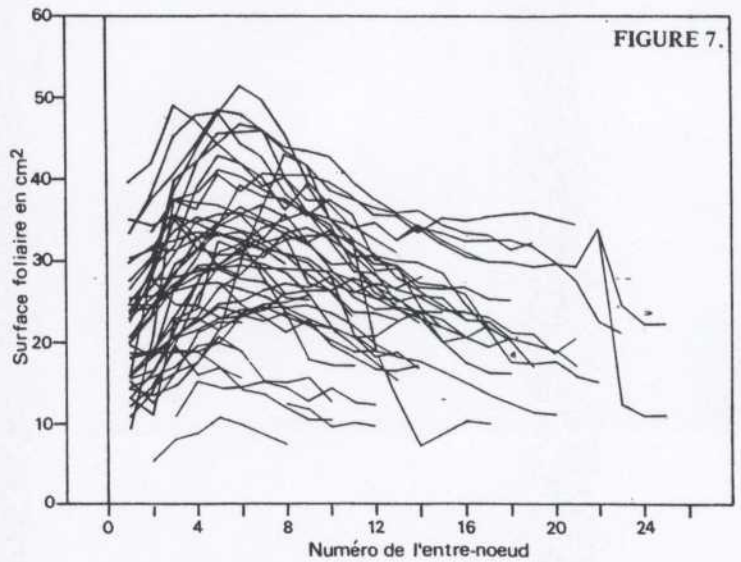


FIGURE 7.

foliaires faibles/importantes.

**L'épine.**

Cet élément du complexe gemmaire a la particularité de ne pas être toujours présent sous une forme visible. La figure 10 représente la distribution de la longueur des épines dans la population de rameaux observés. Environ 12 p. 100 des noeuds ne présentent pas de formation épineuse apparente. Le reste de la population se répartit selon une loi normale de moyenne 0.5 cm. La figure 11 met en évidence l'absence quasi totale de relation entre la taille de l'épine et sa position sur le rameau, position indiquée par le numéro d'ordre de l'entre-noeud. De même, il n'a pas été possible de lier la taille des épines à la surface foliaire, ni à la longueur de l'unité de croissance, ni à celle des entre-noeuds. Dans le cas de cette étude sur le limettier, il apparaît nettement que le

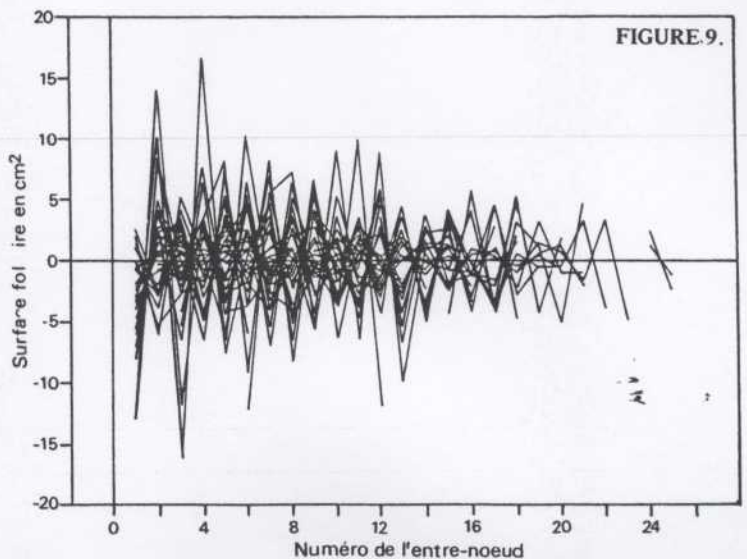
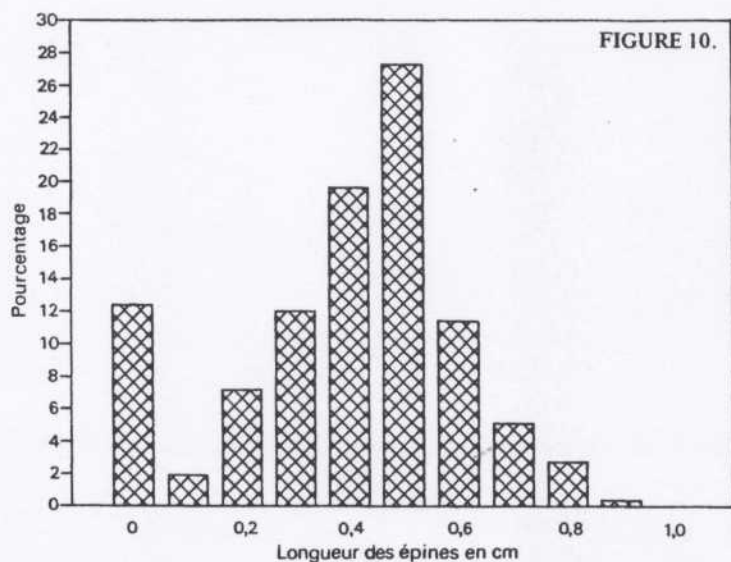


FIGURE 9.



bourgeons, mais il semble y avoir une asymptote aux alentours de 30 p. 100 : cela suppose que quelle que soit la taille du rameau père, il y ait environ 1 chance sur 3 pour qu'aucune ramification ne soit observée. La fréquence d'observation d'une seule ramification augmente jusqu'à un maximum de 30 p. 100 pour un nombre d'entre-noeuds égal à 10-12 et diminue ensuite. En effet, avec l'allongement, la probabilité d'observer 2 ramifications augmente et prend le pas sur celle relative à 1 ramification. Le même phénomène pourrait sans doute être observé pour la concurrence entre la fréquence de 2 et 3 ramifications, mais pour un nombre d'entre-noeuds supérieur à celui étudié.

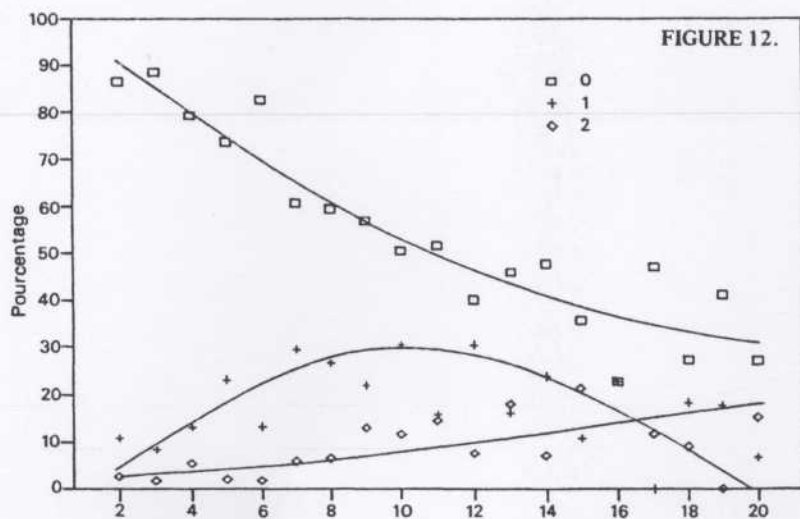
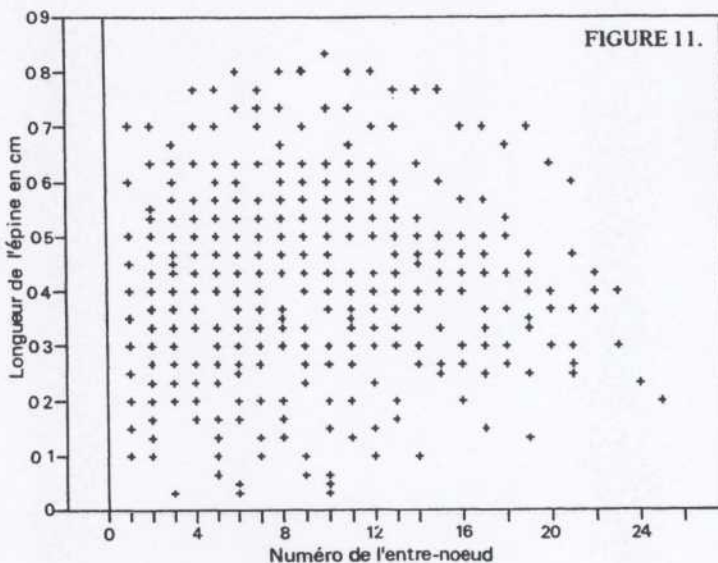
Le nombre d'échantillons observés étant suffisamment important (environ 650), la fréquence observée peut être assimilée à une probabilité de ramification. La figure 13 représente la table de probabilité de ramification du limettier en fonction du nombre d'entre-noeuds du rameau étudié.

caractère épineux d'un rameau ne peut être considéré comme un marqueur morphologique fiable de la potentialité de production d'un rameau.

**Les rameaux.**

Les rameaux, grâce à leurs bourgeons, sont à la source de la mise en place de nouvelles unités de croissance et de production (4, 11). Le pourcentage de bourgeons ayant émis 0 nouvelle pousse, 1, 2, 3, 4 ou plus, a été observé en fonction du nombre d'entre-noeuds. Il semble évident que la probabilité d'observer 0 nouvelle pousse décroît avec le nombre d'entre-noeuds, c'est-à-dire de bourgeons susceptibles d'émettre ces nouvelles pousses. La figure 12 représente les points et les courbes d'ajustement pour les observations de 0, 1 et 2 ramifications.

La probabilité d'observer 0 ramification décroît bien avec le nombre d'entre-noeuds/



Par exemple, pour un rameau de 9 entre-noeuds les probabilités respectives d'observer 0, 1, 2, 3, 4, ou plus de 4 ramifications sont de 57, 29, 7, 3, 2, 1 p. 100. On quantifie ainsi une caractéristique morphologique du limettier (tableau 1).

**LA FRUCTIFICATION**

La répartition des fruits sur les rameaux les plus fructifères âgés de moins de 18 mois - cf première partie) a permis d'observer 331 fruits. La courbe de répartition des fruits par rapport à l'extrémité de l'unité de croissance, (figure 14) met en évidence la position terminale des

TABLEAU 1 - Fréquences observées de ramification du limettier (en p. 100).

Nombre de ramification	Nombre d'entre-noeuds																		
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	86	89	79	74	82	61	59	57	51	52	40	46	48	36	23	47	27	41	27
1	11	8	13	23	13	30	27	22	31	16	30	16	24	11	23	0	18	18	7
2	3	2	5	2	2	6	7	13	12	15	8	18	7	21	23	12	9	0	15
3	0	2	1	1	2	1	3	3	2	12	12	6	12	7	5	6	18	18	5
4	0	0	1	0	1	1	2	4	4	2	4	8	2	11	0	18	0	0	10
>4	0	0	0	0	0	1	2	1	1	3	5	6	7	14	27	18	27	24	36

fruits. Les mêmes données (tableau 2) présentées en p. 100 cumulés montrent, figure 15 que 80 p. 100 de la récolte sont situés sur les 5 derniers noeuds de l'unité de croissance, 90 p. 100 sur les 8 derniers. Il est à noter que ces deux graphiques ont été tracés avec un système de numérotation inverse de celui utilisé précédemment. Cette représentation est la conséquence du mode de fructification terminale du limettier.

FIGURE 13.

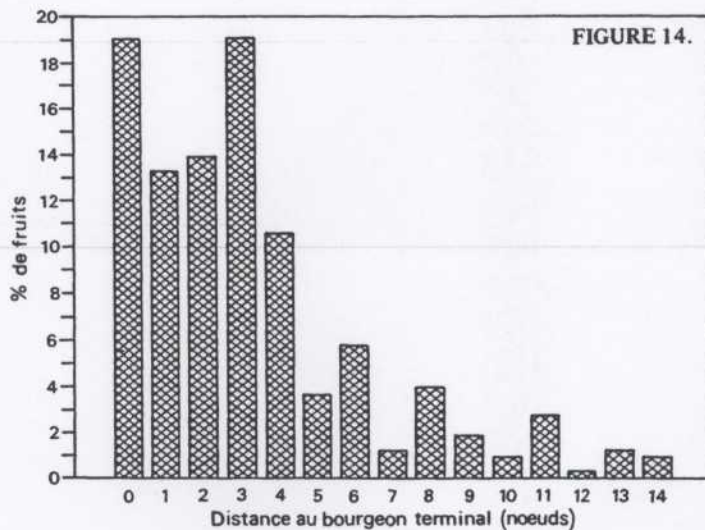
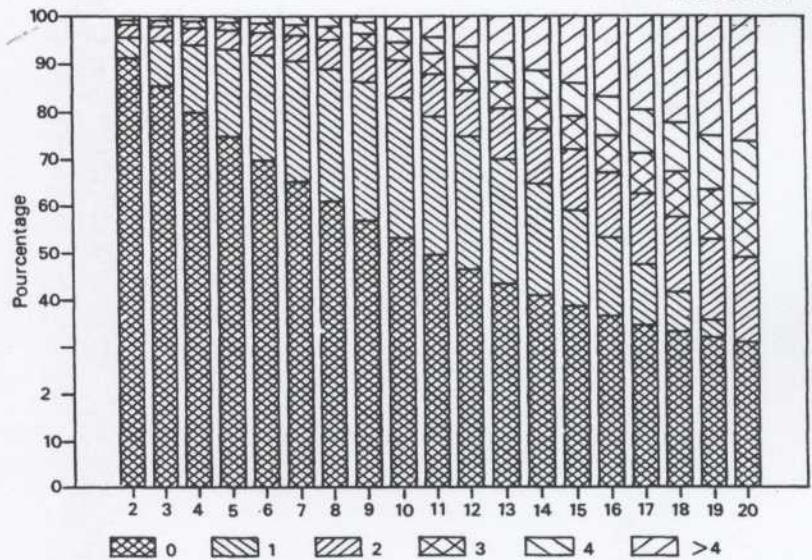


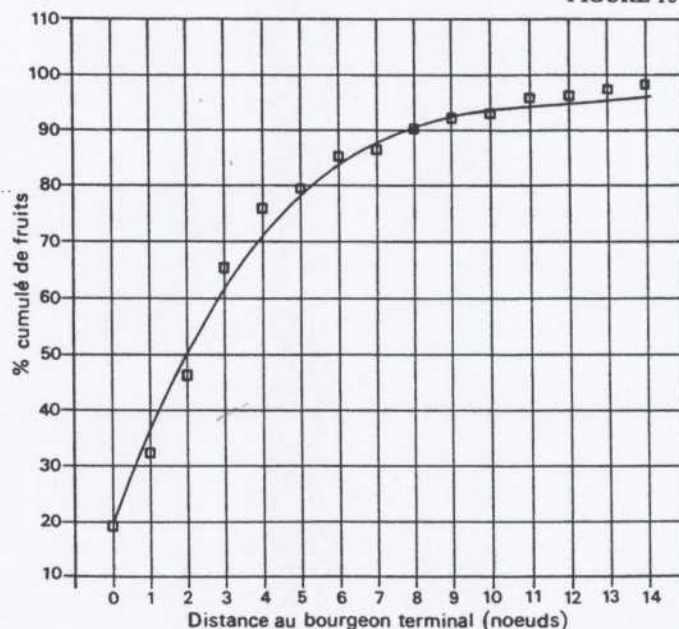
FIGURE 14.

TABLEAU 2.

D	fruits	p. 100 fruit	p. 100 cumulé
0	63	19	19
1	44	13	32
2	46	14	46
3	63	19	65
4	35	11	76
5	12	4	79
6	19	6	85
7	4	1	86
8	13	4	90
9	6	2	92
10	3	1	93
11	9	3	96
12	1	0	96
13	4	1	97
14	3	1	98
> 14	p.m.	2	100

D : distance au bourgeon terminal en entre-noeuds.  
 fruits : nombre de fruits observés.  
 p. 100 fruit : pourcentage du total de fruits observés.  
 p. 100 cumulé : pourcentage cumulé de fruits observés depuis le noeud final.

FIGURE 15.



CONCLUSIONS

Une unité de croissance de limettier en climat tropical est constituée d'une succession d'entre-noeuds de longueur inégale. Trois zones sont différenciables, une zone de longueur décroissante pouvant correspondre à la partie préformée, une zone variable en nombre d'entre-noeuds de longueur constante de l'ordre de 2,0 cm, une zone terminale de longueur décroissante. A cette variation lente, se superpose une variation à haute fréquence de période égale à 2 entre-noeuds. Un entre-noeud long succède toujours à un entre-noeud court et vice-versa.

La forme des feuilles n'est pas influencée par leur position relative sur l'unité de croissance, seule la taille varie : le maximum est observé au niveau des 5e et 6e noeuds. Cette taille maximale est directement liée à la longueur totale de l'unité de croissance. On observe aussi dans ce cas un phénomène d'alternance dans la taille des feuilles, bien

qu'aucune liaison n'ait pu être mise en évidence entre la taille des entre-noeuds et la surface foliaire. Les épines, lorsqu'elles sont présentes, ne peuvent constituer un marqueur morphologique fiable, du fait de l'absence de liaison avec les autres paramètres observés.

Les fruits sont situés dans la partie terminale de l'unité de croissance. Ils ne sont donc pas directement liés à une surface foliaire ou à une longueur d'entre-noeuds importante comme on peut l'observer chez d'autres espèces fruitières.

Compte tenu des résultats énoncés dans la première partie de cette étude, les fruits du limettier de Tahiti se forment sur l'extrémité de rameaux courts et jeunes, de l'ordre de 170 mm, comprenant environ 8 entre-noeuds. Aucune liaison avec les éléments de l'unité de croissance n'a permis de mettre en évidence un marqueur morphologique permettant de caractériser les futures unités de production.

BIBLIOGRAPHIE

1. COTTIN (R.). 1988. Ramification et fructification du limettier de Tahiti. *Fruits*, 43 (11), 645-650.
2. CRABBE (J.). 1984. Vegetative vigor control over location and fate of flower buds, in fruit trees. *Acta Horticulturae* 149, Flowering and Fruit Set.
3. DAVENPORT (T.L.). Citrus flowering. *Agricultural Experiment Station Journal Series n° R-00042*.
4. DAVENPORT (T.L.). 1990. Manipulation of vegetative, generative, and mixed shoot types in Citrus. *HortScience*, 25 (9).
5. ERNER (Y.). Citrus fruit set : carbohydrate, hormone, and leaf mineral relationship. *47th University of Notts. Easter School in Agric. Science. April-18-22 1988. Sutton Berrington*.
6. ESCOBEDO (J.) and CRABBE (J.). 1989. Correlative control of early stages of flower bud initiation in «bourse» shoot of apple. *Ann. Sci. For.*, 46 suppl., 44s-46s.
7. HELLER (R.). 1985. Physiologie végétale. 2.- Développement. Ed. Masson.
8. IWAHORI (S.). Present research trend and accomplishment of citriculture in Japan. A paraître.
9. MULLINS (M.) et al. Flower initiation : new approaches to the study of flowering in perennial fruit plants. *47th University of Notts. Easter School in Agric. Science April 18-22 1988. Sutton Berrington*.
10. SHRESTHA (T.N.) and BALAKRISHNAN (K.). 1985. Estimation of leaf area in acid lime by non-destructive analysis. *South Indian Horticulture*, 33 (6), 393-394.
11. TUREL (F.) et al. 1978. Growth of woody frame of the grapefruit tree. *Proceedings of the international Society of Citriculture*, 325-328.

**RAMIFICACION Y FRUCTIFICACION DEL LIMERO DE TAHITI  
(*C. LATIFOLIA* TAN.).**

**II.- LA UNIDAD DE CRECIMIENTO Y LA UNIDAD DE PRODUCCION.**

**R. COTTIN y Cécile DUBOIS**

**con la colaboración técnica de J.J. BANIDOL.**

*Fruits*, Numéro spécial Agrumes 1992, p. 247-254.

**RESUMEN** - Esta segunda parte se dedica a describir el modo de ramificación y fructificación del limero en las condiciones tropicales húmedas. Parecería que la estructura de los ramos obedezca a dos fenómenos cíclicos de base y de alta frecuencia. El tamaño de las hojas sigue el mismo esquema, aunque una relación directa no pueda ser evidenciada entre los dos ritmos de crecimiento. Las hojas tienen una morfología idéntica no importando cual sea su tamaño que depende del largo total del ramo que las porta. La fructificación del limero es esencialmente terminal. La misma no parece estar ligada a una superficie foliar crítica. El conjunto de observaciones realizadas debería permitir delimitar de mejor manera el comportamiento del limero en medio tropical.