

ÉCHANTILLONNAGE DES AGRUMES POUR LE DIAGNOSTIC FOLIAIRE (*)

III. INFLUENCE DU CARACTÈRE FRUCTIFÈRE OU NON FRUCTIFÈRE DES RAMEAUX, DE LEUR HAUTEUR ET DE L'OMBRAGE

par **P. MARTIN-PRÉVEL, P. LOSOIS, J.-J. LACŒUILHE**
et **J. Del BRASSINNE**

Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (I. F. A. C.).

ÉCHANTILLONNAGE DES AGRUMES POUR LE DIAGNOSTIC FOLIAIRE

III. INFLUENCE DU CARACTÈRE FRUCTIFÈRE OU NON FRUCTIFÈRE DES RAMEAUX, DE LEUR HAUTEUR ET DE L'OMBRAGE

Par P. MARTIN-PRÉVEL, P. LOSOIS, J.-J. LACŒUILHE
et J. DEL BRASSINNE (I. F. A. C.).

Fruits, vol. 21, n° 11, décembre 1966, p. 577 à 587.

RÉSUMÉ. — On a comparé dans une étude sur Clémentiniers et Orangers Navel de deux vergers corses les analyses de N, P, K, Ca, Mg sur feuilles âgées d'environ 4 mois, provenant de rameaux fructifères ou non fructifères, prélevées à trois hauteurs de la frondaison, et soit à la périphérie, soit à l'intérieur de celle-ci.

Les effets de la hauteur du prélèvement ne sont pas à négliger en ce qui concerne l'appréciation des niveaux azoté et phosphoré ; pour des raisons pratiques on s'en tiendra au prélèvement à mi-hauteur de la couronne foliaire.

Les feuilles de l'intérieur diffèrent profondément de celles de l'extérieur ; elles seraient aussi représentatives que celles-ci si elles n'étaient affligées d'une variabilité beaucoup plus importante ; on devra donc les éliminer.

Les rameaux fructifères et non fructifères diffèrent tout autant les uns des autres ; les deux présentent des avantages et des inconvénients, avec des variabilités à peine différentes dans le cas présent. Il est absolument exclu de prélever les deux en mélange, mais le choix reste ouvert entre l'un ou l'autre type de rameaux.

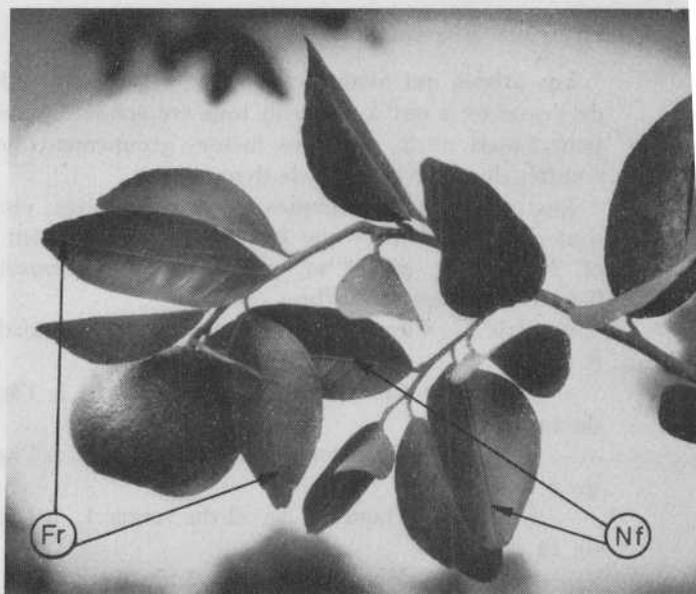


PHOTO 1. — Deux pousses, voisines et de même âge, l'une fructifère (Fr), l'autre non fructifère (Nf). Les flèches indiquent les feuilles que l'on peut prélever dans chaque cas : parmi les feuilles de dimensions normales, les plus proches de l'extrémité du rameau.

L'essai « Échantillonnage Corse n° 2 », objet de la présente note, fait suite à l'essai « Échantillonnage Corse n° 1 » dont nous avons précédemment rendu compte dans cette Revue, après avoir examiné au préalable les données bibliographiques concernant les méthodes de prélèvement utilisées pour le diagnostic foliaire des agrumes en différents pays (). Une troisième étude est en cours, celle des variations*

(*) Échantillonnage des agrumes pour le diagnostic foliaire : I. Revue des principales méthodes utilisées dans le monde, par J. DEL BRASSINNE, *Fruits*, vol. 20, n° 1, janv. 1965, p. 9-17 ; II. Influence de la position des feuilles sur l'arbre, par P. MARTIN-PRÉVEL, J. DEL BRASSINNE, P. LOSOIS et J.-J. LACŒUILHE, *Fruits*, vol. 20, n° 11, déc. 1965, p. 595-603.

mensuelles de composition des feuilles de rameaux fructifères et non fructifères sur plusieurs années consécutives. L'ensemble de ces travaux permettra de définir les conditions de prélèvement les mieux adaptées à la Corse.

Mais nous ne visons pas seulement à obtenir des conclusions de portée locale. L'essai n° 1 destiné principalement à mettre en évidence les effets de l'orientation géographique avait révélé aussi des différences appréciables dans la composition des feuilles, alors âgées de 11 mois, en fonction de la hauteur du prélèvement et en fonction de la position externe ou interne des rameaux. L'essai n° 2 reprend ces deux points d'une manière plus précise sur des feuilles jeunes cette fois et selon que les rameaux sur lesquels on prélève sont ou ne sont pas porteurs de fruits.

Indépendamment de l'application pratique prévue pour la Corse, les résultats obtenus contribuent donc à déterminer les effets des causes possibles d'imprécision dans le diagnostic foliaire des agrumes sous tous les climats.

I. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL ET PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les prélèvements foliaires ont été effectués en août 1964 sur des rameaux de la pousse du printemps de cette même année ; les feuilles étaient donc âgées d'environ 4 mois, ce qui correspond à l'âge minimum requis par les auteurs américains les plus suivis.

1) Arbres échantillonnés.

Les arbres qui avaient fourni le matériel d'étude de l'essai n° 1 ont à nouveau tous été échantillonnés pour l'essai n° 2, selon les mêmes groupements en « unités de prélèvement » de deux arbres.

Les conditions écologiques, espèces, variétés, etc., sont donc les mêmes que lors de l'essai précédent : cf. *Fruits*, vol. 20, n° 11, p. 596-597. Rappelons la liste des cinq séries d'arbres étudiés :

— Série I : Clémentiniers du verger B, à l'âge de 8 ans.

— Série II : Clémentiniers du verger L, à l'âge de 14 ans.

— Série III : Thomson Navel du verger B, à l'âge de 8 ans.

— Série IV : Thomson Navel du verger L, à l'âge de 12 ans.

— Série V : Washington Navel du verger B, à l'âge de 8 ans.

Rappelons également que le verger B, sur alluvions récentes, présente une belle végétation, tandis que les arbres du verger L, au climat plus froid, sur alluvions anciennes, sont moins vigoureux.

2) Feuilles prélevées.

Douze modes de prélèvement ont été étudiés, combinant factoriellement ($3 \times 2 \times 2$) trois causes de variation :

a) *La hauteur*, étudiée à trois niveaux : au-dessous du plan équatorial de la couronne foliaire (prélève-

ment « Bas »), au niveau de ce plan équatorial (prélèvement « Moyen »), au-dessus (prélèvement « Haut »).

b) *L'ombrage* : localisation à l'« Extérieur » de la frondaison, c'est-à-dire sur des rameaux recevant peu d'ombre de la part de leurs voisins, ou à l'« Intérieur », c'est-à-dire sur des rameaux proches de la périphérie mais ombragés par les rameaux extérieurs.

c) *La nature* des rameaux : « Non fructifères » ou « Fructifères ».

On a prélevé en principe, pour chacun des 12 modes d'échantillonnage ainsi définis, 20 à 25 feuilles régulièrement réparties tout autour de la frondaison de chaque arbre. Les unités étant de deux arbres, l'échantillon à analyser comptait donc normalement 40 à 50 feuilles. Cependant, les échantillons « intérieurs », et parmi eux surtout les « fructifères », n'ont pas toujours pu atteindre cet effectif.

Les techniques d'analyse chimique ont été les mêmes que dans l'essai précédent.

3) Étude statistique des résultats.

L'analyse des variances a été effectuée pour chaque série I à V séparément, les « unités » étant assimilées à des blocs de Fisher, en considérant d'abord comme des expériences isolées les comparaisons suivantes :

1. Bas, Moyen et Haut sur rameaux non fructifères extérieurs.

2. Bas, Moyen et Haut sur rameaux non fructifères intérieurs.

3. Bas, Moyen et Haut sur rameaux fructifères extérieurs.

4. Bas, Moyen et Haut sur rameaux fructifères intérieurs.

5. Bas, Moyen et Haut sur rameaux extérieurs (fructifères et non fructifères réunis).

6. Bas, Moyen et Haut sur rameaux intérieurs (fructifères et non fructifères réunis).

7. Bas, Moyen et Haut sur rameaux non fructifères (extérieurs et intérieurs réunis).

8. Bas, Moyen et Haut sur rameaux fructifères (extérieurs et intérieurs réunis).

Puis les variances ont été « stratifiées » entre les groupes :

1 et 2 : différences entre Extérieur et Intérieur pour les rameaux non fructifères, et interaction entre l'effet « hauteur » et l'effet « ombrage » chez ce type de rameaux.

3 et 4 : même étude pour les rameaux fructifères.

1 et 3 : différences entre Non fructifères et Fructifères pour les rameaux extérieurs et interaction entre l'effet « hauteur » et le caractère « fructifère ou non » pour les rameaux extérieurs.

2 et 4 : même étude pour les rameaux intérieurs.

5 et 6 : différences entre Extérieur et Intérieur pour les rameaux fructifères et non fructifères réunis et interaction entre l'effet « hauteur » et l'effet « ombrage » pour ces deux types de rameaux réunis.

7 et 8 : différences entre Non fructifères et Fructifères pour les rameaux extérieurs et intérieurs réunis et interaction entre l'effet « hauteur » et le caractère « fructifère ou non » pour les rameaux extérieurs et intérieurs réunis.

L'étude des différences entre Extérieur et Intérieur ou entre Non fructifères et Fructifères n'a pas été faite séparément sur les positions Basse, Moyenne et Haute. En effet, il est tout à fait exclu pour la pratique de l'échantillonnage de prélever des feuilles en mélange sur rameaux intérieurs et extérieurs, à plus forte raison sur rameaux fructifères et non fructifères, tandis que rien n'interdit a priori de prévoir un prélèvement homogène sur toute la hauteur de la couronne foliaire.

4) Représentation graphique.

Les résultats correspondant aux quatre premières

analyses de variances simples, c'est-à-dire ceux de l'effet *hauteur*, sont représentés dans la moitié gauche des graphiques 1 à 5. Pour chacun des quatre groupes de rameaux successivement, on a indiqué les résultats de l'effet « hauteur » dans chaque série d'arbres. Lorsque le test F est positif, les plus petites différences significatives sont indiquées et ce, par convention, à partir de la position Moyenne et en utilisant le même type de trait continu ou interrompu que pour la courbe reliant les trois points représentatifs de la série correspondante. Lorsque le test F est négatif, les plus petites différences significatives sont remplacées par la mention N. S. (non significatif). Les coefficients de variation correspondants sont donnés en tableau.

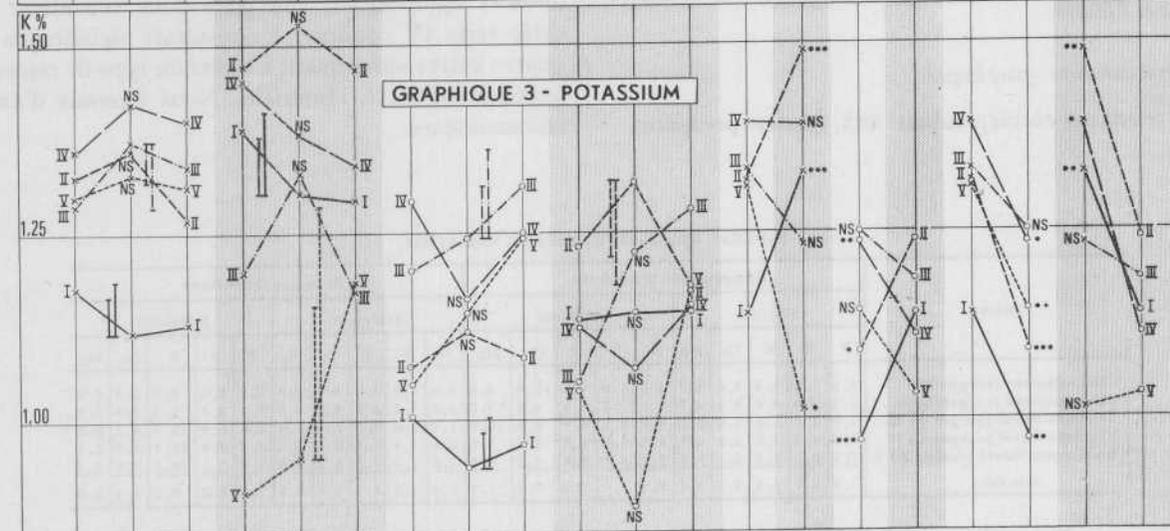
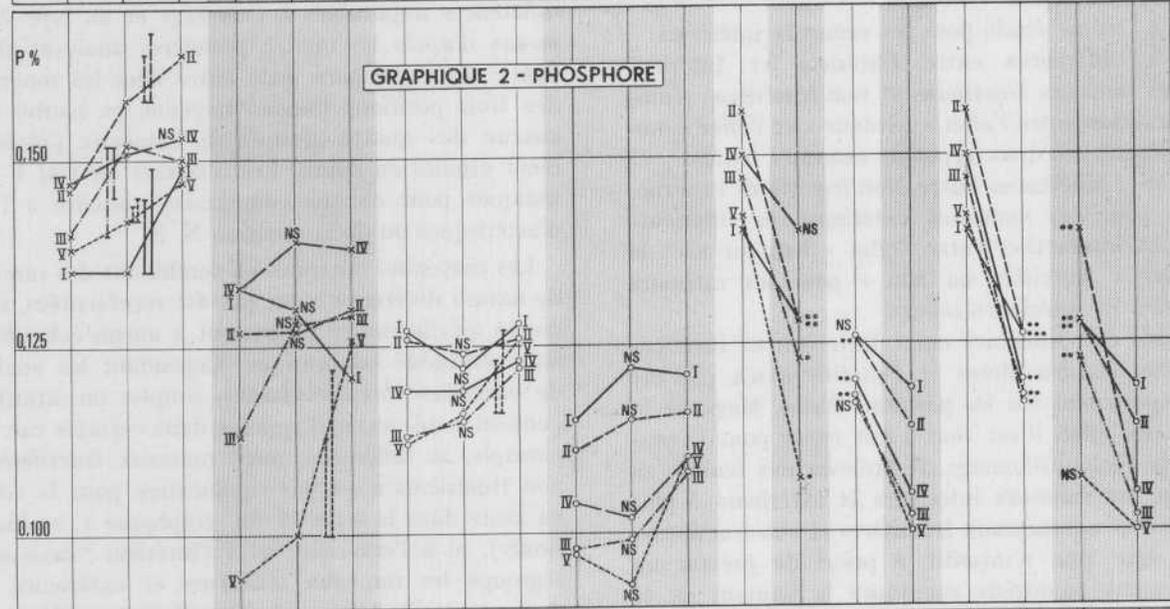
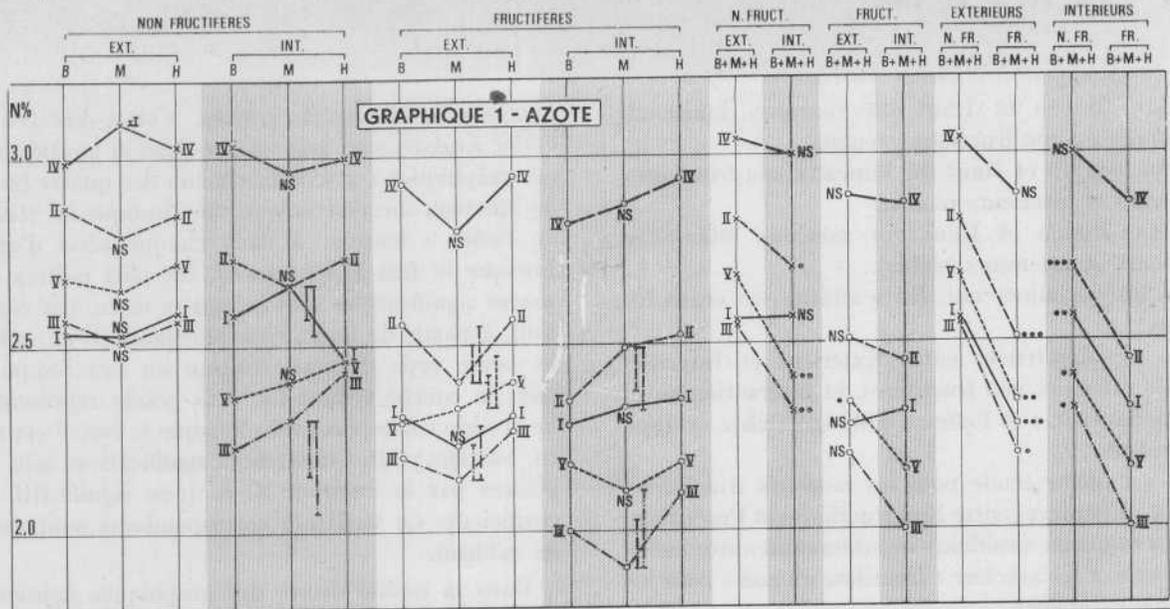
Dans la moitié droite des graphiques figurent les différences imputables à l'*ombrage* et au *type de rameaux* d'après les quatre premières analyses stratifiées : on y compare donc entre elles les moyennes des trois positions (basse, moyenne et haute) dans chacun des quatre groupes de rameaux précédemment étudiés en détail. Les résultats du test F sont indiqués pour chaque comparaison binaire à l'aide d'astérisques ou de la mention N. S.

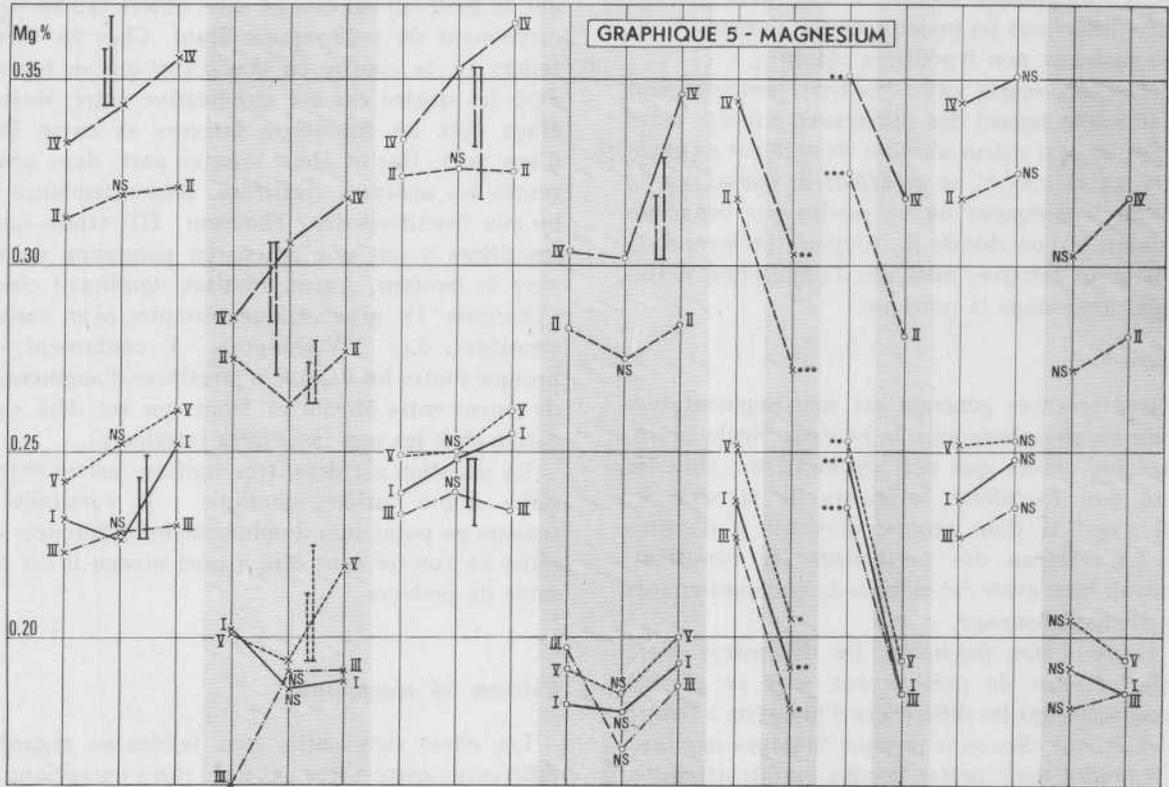
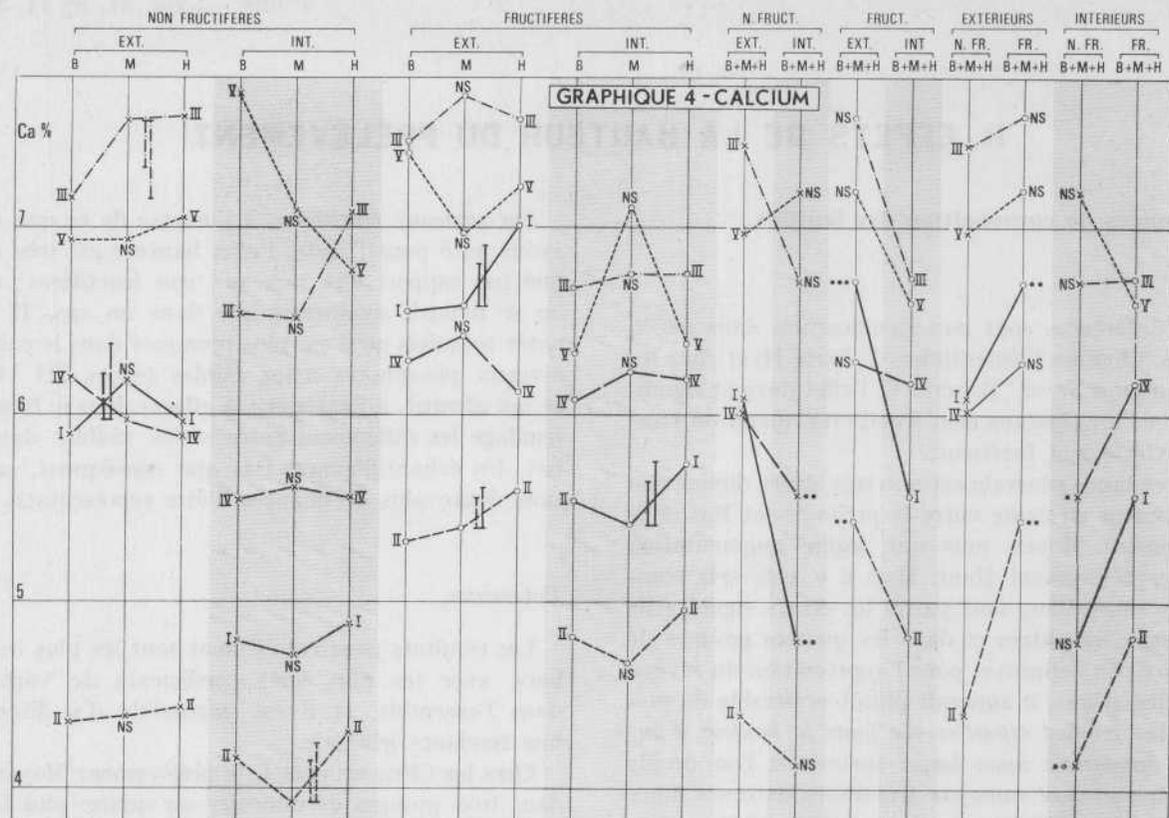
Les moyennes obtenues en combinant des rameaux de nature différente n'ont pas été représentées, étant donné qu'elles ne se rapportent à aucun échantillonnage utilisable en pratique. Cependant les analyses de variances correspondantes, simples ou stratifiées, peuvent nous servir d'appoint dans certains cas. Par exemple, la différence entre rameaux fructifères et non fructifères n'est pas significative pour la teneur en azote dans la série IV (cf. graphique 1, en haut à droite), ni à l'extérieur, ni à l'intérieur ; mais si on regroupe les rameaux intérieurs et extérieurs, elle devient significative : on peut donc considérer que cette série IV confirme les résultats significatifs des quatre autres séries quant à l'effet du type de rameaux, à l'extérieur et à l'intérieur. Nous citerons d'autres cas analogues.

TABLEAU DES COEFFICIENTS DE VARIATION

Séries	Rameaux non fructifères										Rameaux fructifères									
	extérieur					intérieur					extérieur					intérieur				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Clémentiniers (verger B) I	2,5	5,4	3,4	3,6	5,7	2,8	6,0	4,6	16,8	8,4	3,4	4,3	3,7	2,6	4,0	3,7	5,0	4,5	3,3	4,9
Clémentiniers (verger L) II	3,1	3,0	4,8	5,6	4,3	3,2	3,9	5,9	4,0	3,2	3,2	3,2	4,8	2,2	3,6	3,7	4,3	6,3	3,9	3,9
Thomson Navel (verger B) III	1,6	2,2	1,8	1,5	2,3	2,8	8,1	8,2	5,5	10,9	1,7	3,6	2,5	2,7	1,4	2,8	6,6	13,7	4,3	9,7
Thomson Navel (verger L) IV	0,2	2,1	1,9	1,8	1,9	1,3	3,5	9,5	4,9	3,0	2,0	1,5	3,8	2,6	2,6	5,3	8,9	11,1	2,5	2,3
Washington Navel (verger B) V	1,2	0,6	2,8	3,3	3,2	2,4	5,6	8,8	4,7	4,0	1,6	2,6	7,6	4,2	2,6	3,9	7,1	10,6	7,8	4,1
Moyenne	1,7	2,7	2,5	3,2	3,5	2,5	5,4	7,4	7,2	5,9	2,4	3,0	4,5	2,9	2,8	3,9	6,4	9,2	4,4	5,0

*





NS..... non significatif.
 [] PPDS à 0.05 et 0.01 (mesurées à partir de la position "Moy.") pour les comparaisons ternaires.
 * } significatif à P < { 0.05
 ** } 0.01
 *** } 0.001 pour les comparaisons binaires.

× feuilles de rameaux non fructifères
 ○ feuilles de rameaux fructifères
 □ feuilles de rameaux extérieurs
 □ feuilles de rameaux intérieurs

B bas
 M moyen
 H haut
 FR..... fructifères
 N.FR.. non fructifères

II. EFFETS DE LA HAUTEUR DU PRÉLÈVEMENT

Différences de composition des feuilles.

Azote.

Les différences sont non significatives dans 60 % des cas. Chez les Clémentiniers L (série II) et chez les 'Washington Navel' B (série V) l'effet devient significatif chez les rameaux non fructifères quand on stratifie Extérieur et Intérieur.

La tendance générale est une très légère diminution de la teneur en azote entre le prélèvement Bas et le prélèvement Moyen puis une légère augmentation pour le prélèvement Haut. Mais il y a de très nombreuses exceptions, tant parmi les écarts significatifs que parmi les autres et dans les quatre groupes de rameaux. En définitive, pour l'appréciation du niveau azoté des arbres, il apparaît plutôt préférable de prélever des feuilles réparties sur toute la hauteur d'une bande équatoriale assez large, surtout si l'on décide de s'adresser aux rameaux fructifères externes (chez lesquels les différences tendent à être plus prononcées). Les différences les moins accusées se rencontrent chez les rameaux non fructifères externes.

Toutefois, les écarts entre les trois positions sont assez faibles en regard des différences relevées entre les cinq séries ; en valeur absolue, ils oscillent en général entre 0,1 et 0,15 % et ne dépassent jamais 0,2 % d'azote. Par conséquent on ne perdra pas beaucoup de précision si l'on décide de toujours prélever à la même hauteur relative, méthode d'application nettement plus aisée dans la pratique.

Phosphore.

La tendance très générale est une augmentation de teneur en phosphore avec la hauteur. Seule exception franche, encore que non significative : chez les rameaux non fructifères intérieurs de la série I ; mais il s'agit là d'un groupe aberrant à d'autres égards (cf. tableau des coefficients de variation), qui pourrait bien avoir été victime de quelques erreurs lors de l'échantillonnage.

Sur rameaux non fructifères, les différences entre les trois hauteurs de prélèvement sont en général plus accentuées que les différences d'une série à l'autre et, à l'extérieur, elles sont presque toujours significatives. Il faudra donc prêter la plus grande attention à la hauteur du prélèvement si l'on opte pour les rameaux non fructifères : les résultats de l'essai n° 1 sont confirmés.

Sur rameaux fructifères, à l'inverse de ce que nous avons noté pour l'azote, l'effet hauteur est très atténué par rapport aux rameaux non fructifères ; et il ne se montre significatif que dans un cas. Il faut noter toutefois qu'il est plus prononcé dans le cas des niveaux phosphorés assez faibles (séries III et V) ce qui aboutit, à l'extérieur, à effacer dans le haut du feuillage les différences entre séries visibles dans le bas. Un échantillonnage Bas, par conséquent, aurait sans doute plus de chances d'être représentatif.

Potassium.

Les résultats pour cet élément sont les plus irréguliers, avec les plus forts coefficients de variation dans l'ensemble, et il est impossible d'y discerner une tendance générale.

Chez les Clémentiniers I, le prélèvement Moyen est dans trois groupes de rameaux sur quatre plus faible que le prélèvement Bas et il ne diffère jamais significativement du prélèvement Haut. Chez les Clémentiniers II, la courbe en dos d'âne qui se reproduit dans les quatre cas est significative entre Moyen et Haut chez les fructifères internes et entre Moyen d'une part, Bas et Haut d'autre part, dans presque toutes les analyses stratifiées. Même tendance chez les non fructifères des 'Thomson' III, tandis que les fructifères y ont une teneur en potassium croissant avec la hauteur. Aucun résultat significatif chez les 'Thomson' IV, ni en variances simples, ni en variances stratifiées. Les 'Washington' V confirment, dans presque toutes les variances stratifiées, l'augmentation de teneur entre Moyen et Haut qui est déjà significative chez les non fructifères intérieurs.

La situation est donc très confuse, même entre les séries d'une variété identique : la variabilité des teneurs en potassium domine sur les différences entre séries et l'on ne peut dire à quel niveau il est préférable de prélever.

Calcium et magnésium.

Les effets significatifs sont faibles en regard des différences entre séries ; et à de rares exceptions près, ils indiquent une légère tendance à l'accroissement des teneurs avec la hauteur, plus nette chez le magnésium que chez le calcium.

Conclusion.

En définitive, l'incidence de la hauteur du prélèvement est peu prononcée pour K, Ca et Mg, mais les effets sur le phosphore dans le cas des rameaux non fructifères extérieurs, sur l'azote dans le cas des rameaux fructifères extérieurs, suffisent à justifier que l'on en tienne compte avec soin.

Si l'on opte pour le prélèvement sur rameaux non fructifères, la prise d'échantillon à *mi-hauteur de la frondaison* convient. Un prélèvement réparti régulièrement de part et d'autre du plan équatorial serait plus satisfaisant à cause de l'azote et du potassium, mais difficilement applicable à l'échantillonnage des grandes parcelles, où l'on doit se borner à quatre feuilles par arbre : une à chaque point cardinal, donc toutes quatre à la même hauteur.

Si l'on opte pour le prélèvement *sur rameaux fructifères*, il est possible que l'on perde de la sensibilité

pour le phosphore avec une prise de feuilles à mi-hauteur, ou sur une large bande de part et d'autre du plan équatorial. Mais il serait hasardeux de recommander un prélèvement dans la partie basse du feuillage sans être certain que nos cinq séries d'arbres diffèrent quant à leur possibilité de réponse à un apport phosphorique. Remarquons, par exemple, que les Clémentiniers I paraissent les mieux nourris chez les rameaux fructifères intérieurs, les moins bien nourris chez les non fructifères extérieurs, avec toutes les positions intermédiaires dans les deux autres groupes de rameaux ; et les 'Thomson' IV présentent presque l'image inverse. En réalité, les différences entre séries peuvent très bien être négligeables ; toutes les valeurs obtenues pour le phosphore se situent d'ailleurs dans la limite des optima donnés par les auteurs américains pour les rameaux extérieurs non fructifères ou fructifères selon le cas. On s'en tiendra donc au prélèvement à mi-hauteur, d'un repérage plus simple.

III. EFFETS DE L'OMBRAGE RÉCIPROQUE DES RAMEAUX**Différences de composition entre rameaux externes et internes.**

(Cf. partie intermédiaire droite des graphiques 1 à 5).

Azote.

Excepté dans le cas des Clémentiniers I, chez qui on ne relève pas de différence, les rameaux internes ont toujours une teneur en azote inférieure à celle des rameaux externes de même type. L'écart absolu ne dépasse pas 0,2 % d'azote chez les fructifères, où il n'est significatif que dans une série sur cinq. Chez les non fructifères, il est significatif dans trois séries et il peut atteindre 0,3 % d'azote au maximum. L'ordre de classement des cinq séries varie peu selon que l'on considère l'extérieur ou l'intérieur.

Phosphore.

Les écarts vont dans le même sens que pour l'azote mais ils sont beaucoup plus prononcés et significatifs, surtout chez les rameaux non fructifères. Dans ce dernier cas, les séries se classent toujours selon leur provenance : II et IV, du verger L, sont supérieures à I, III et V, du verger B ; mais elles sont mieux

groupées à l'extérieur qu'à l'intérieur. Chez les rameaux fructifères l'ordre de classement est variétal : les Clémentiniers I et II sont plus riches que les Navel III, IV et V ; il ne varie pas quand on passe de l'extérieur à l'intérieur.

Potassium.

Le sens de l'effet est inversé selon les espèces : de l'extérieur à l'intérieur, les teneurs décroissent plus ou moins nettement chez les Navel, elles augmentent vigoureusement chez les Clémentiniers. Ici encore, les différences sont plus accusées chez les rameaux non fructifères ; dans ce cas, chaque série du verger L est plus riche que la ou les séries de même espèce du verger B, et le sens des différences entre Clémentiniers et Navel dans un même verger s'inverse quand on passe de l'extérieur à l'intérieur. Chez les fructifères, même inversion de l'effet spécifique selon l'ombrage d'où ordres différents de classement pour les cinq séries selon qu'on s'adresse à l'extérieur ou à l'intérieur de la frondaison.

Calcium et magnésium.

Les différences sont toutes de même sens, décroissant de l'extérieur vers l'intérieur, sauf une seule

(série V, rameaux non fructifères, pour Ca : écart inversé mais faible et non significatif) ; elles affectent autant les rameaux fructifères que les non fructifères. En ce qui concerne les teneurs en magnésium elles sont même d'une régularité parfaite. L'ordre de classement des séries n'est pratiquement pas affecté par l'ombrage : pour le magnésium, effet quasi unique de la provenance, c'est-à-dire tendance déficitaire du verger B ; pour le calcium teneurs plus élevées dans le verger B que dans le verger L, mais en outre les Clémentiniers sont inférieurs aux Navel.

Valeur des deux types de rameaux pour l'échantillonnage.

L'intensité et même le sens des écarts observés ici diffèrent souvent de ceux qui avaient été relevés dans l'essai n° 1, sans aucun doute à cause de l'âge différent des feuilles.

Cette fois-ci nous trouvons *autant d'effets variétaux dans les deux cas* ; donc, avec des feuilles jeunes un échantillonnage « intérieur » n'élude pas plus que l'échantillonnage « extérieur » la nécessité d'établir,

pour certains éléments étudiés dans le diagnostic foliaire, des normes différentes pour chaque variété.

En revanche, *le diagnostic du potassium* se montre cette fois aussi praticable à l'intérieur qu'à l'extérieur ; c'est seulement beaucoup plus tard dans l'évolution des feuilles, lorsque leurs teneurs en potassium se déplacent des valeurs 1,0-1,5 % ici observées vers la zone 0,6-0,9 % de l'essai n° 1, que cette décroissance se trouve ralentie chez les rameaux ombragés, freinage qui homogénéise les teneurs à l'intérieur de la frondaison des divers arbres ; et certains effets variétaux disparaissent en même temps chez ces rameaux intérieurs.

Donc, s'il est confirmé qu'on ne doit jamais mélanger les feuilles provenant de l'extérieur et de l'intérieur de la frondaison, les graphiques de l'essai n° 2 offrent peu d'arguments pour l'option à prendre entre ces deux catégories. Mais le tableau des *coefficients de variation* est beaucoup plus éloquent : alors que dans l'essai n° 1 nous n'avons pu étudier la variabilité propre des deux modes de prélèvement, nous constatons ici une très nette supériorité de l'échantillonnage extérieur, et c'est lui qui sera définitivement retenu.

IV. DIFFÉRENCES ENTRE RAMEAUX FRUCTIFÈRES ET NON FRUCTIFÈRES

Effets sur la composition des feuilles.

(Cf. partie extrême droite des graphiques 1 à 5.)

Azote.

Les feuilles des rameaux fructifères ont une teneur en azote inférieure d'environ 0,3 % en valeur absolue (10 à 12 % en valeur relative) à celle des rameaux non fructifères, à l'extérieur comme à l'intérieur, chez les Clémentiniers et chez les Navel du verger B. Chez les 'Thomson' du verger L (série IV) l'écart n'est que de 0,15 % d'azote (soit 5 % en valeur relative) mais, comme nous l'avons souligné plus haut, il demeure significatif quand on regroupe extérieur et intérieur.

Phosphore.

L'écart en faveur des rameaux non fructifères est plus accentué que dans le cas de l'azote, surtout à l'extérieur de la frondaison : il égale en moyenne 0,026 % de phosphore, soit environ 20 % des teneurs

observées. A l'intérieur de la frondaison l'écart est plus irrégulier et moins significatif du fait de la plus grande variabilité attestée par les coefficients de variation.

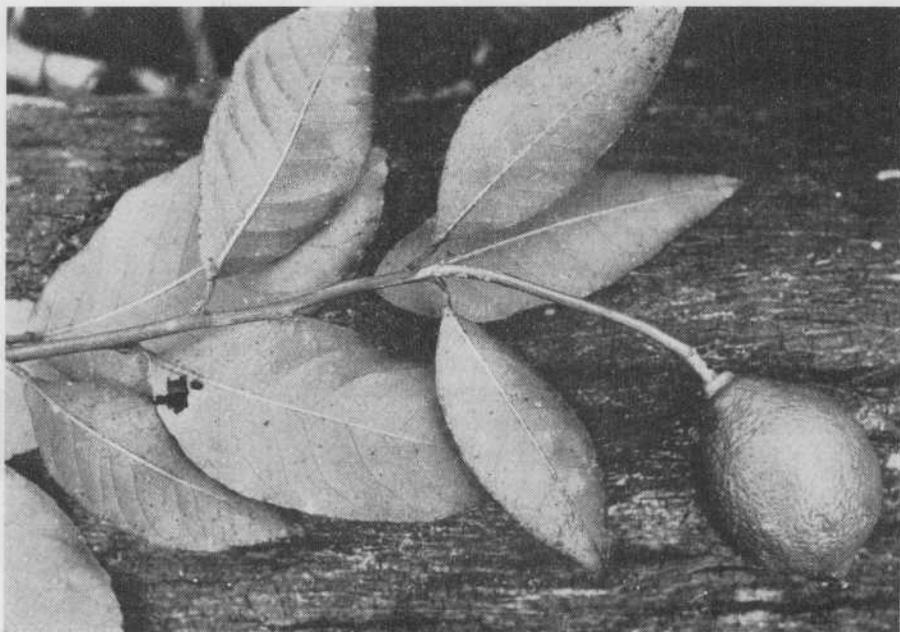
Potassium.

La différence, toujours de même sens, retombe ici à 12 % environ des valeurs observées, soit 0,16 % de potassium en moyenne, pour les rameaux extérieurs. A l'intérieur les séries de Clémentiniers et les Navel L (séries I, II et IV) accusent des écarts plus importants, tandis que les Navel B (séries III et V) ne montrent au contraire aucune différence entre rameaux fructifères et non fructifères. Ici encore l'irrégularité vient de ce que chez tous les Navel le coefficient de variation pour K oscille entre 8 et 14 % dans l'intérieur de la frondaison.

Calcium.

Les feuilles étant appauvries en potassium lorsqu'elles sont proches d'un fruit en croissance, il n'est

PHOTO 2. — Rameau fructifère dépourvu de feuilles : dans ce cas il faut se garder de prélever sur le bois antérieur, dont les feuilles sont beaucoup trop vieilles. Le risque d'erreur est plus grand quand le rameau porteur du fruit est très court, voire inexistant comme cela se produit parfois (fruit inséré directement sur vieux bois).



pas surprenant que le calcium varie dans le sens opposé chaque fois qu'il diffère significativement. Mais il ne s'agit pas là d'une simple compensation ionique, car les 0,16 % de potassium perdus équivalent à moins de 0,1 % de calcium et nous constatons des augmentations de cet élément jusqu'à dix fois plus importantes.

Si la diminution de N, P et K peut être interprétée comme le simple résultat d'une *migration* de ces éléments vers le fruit, il apparaît que l'augmentation du calcium répond à un *besoin nouveau* des feuilles, dont le métabolisme général est bouleversé lorsqu'elles ont pour fonction de fournir plus directement au fruit ses matériaux de construction. Cet appel n'est suivi d'effet que lorsque la teneur en calcium est inférieure à 6,5 % — niveau déjà excédentaire d'ailleurs — dans les feuilles de rameaux non fructifères : l'écart devient hautement significatif dans les séries I, II et IV quand on regroupe extérieur et intérieur, tandis qu'il demeure non significatif dans les séries III et V.

Magnésium.

Aucun effet significatif si l'on considère séparément les rameaux extérieurs et les rameaux intérieurs. Si on les regroupe, une différence significative en faveur des rameaux fructifères apparaît dans les deux séries du verger L (II et IV), c'est-à-dire là où le

magnésium est en suffisance et là seulement : la situation est donc opposée à celle du calcium.

Encore à l'opposé du calcium, l'écart est très faible et très inférieur aux 0,05 % environ de magnésium qui équivaldraient au potassium disparu ; il peut s'agir là d'une *amorce de compensation ionique*. Dans le verger au niveau magnésien insuffisant elle est sans doute masquée par une migration additionnelle de magnésium des feuilles vers le fruit.

Conséquences pour l'échantillonnage.

Souligner encore une fois l'impossibilité de référer les analyses de feuilles des rameaux fructifères et non fructifères aux mêmes normes ou standards, et par conséquent la nécessité absolue de ne pas les mélanger dans un même échantillon, est superflu. Pouvons-nous, d'après nos résultats, assigner une meilleure valeur représentative à l'un des deux types, étant déjà convenus d'éliminer les rameaux intérieurs dans tous les cas ? Cette fois, les *coefficients de variation* ne diffèrent pas assez nettement pour faire pencher la balance en faveur des rameaux non fructifères. Nous pouvons seulement supputer les chances qu'ont les uns et les autres de présenter l'image la plus fidèle de la réalité dans leur classement des cinq séries d'arbres.

L'*étendue* des différences entre séries est plus grande pour l'azote chez les rameaux fructifères ; ceux-ci

seraient donc susceptibles de révéler plus facilement les différences de niveau dans la nutrition azotée. Mais cette tendance s'estompe pour le potassium, s'annule pour le magnésium, et s'inverse pour le phosphore et le calcium.

L'ordre dans lequel se classent les cinq séries varie selon le type de rameaux auquel on s'adresse, dans le cas du phosphore et du potassium seulement ; a priori, il semble alors plus cohérent chez les non fructifères, car les différences entre les deux vergers y sont de même sens pour les deux espèces d'arbres, alors que ce n'est pas le cas chez les fructifères. Mais, comme nous l'avons déjà souligné à propos des effets de la hauteur de prélèvement sur la teneur en phosphore, il s'agit d'écartes faibles, et en l'absence d'essais de fertilisation qui nous permettraient de connaître les séries susceptibles de répondre à des apports phosphorés ou potassiques, nous ne pouvons pas affirmer que les groupements les plus logiques correspondent mieux à la réalité.

Il ne subsiste donc qu'une légère présomption en faveur des rameaux non fructifères.

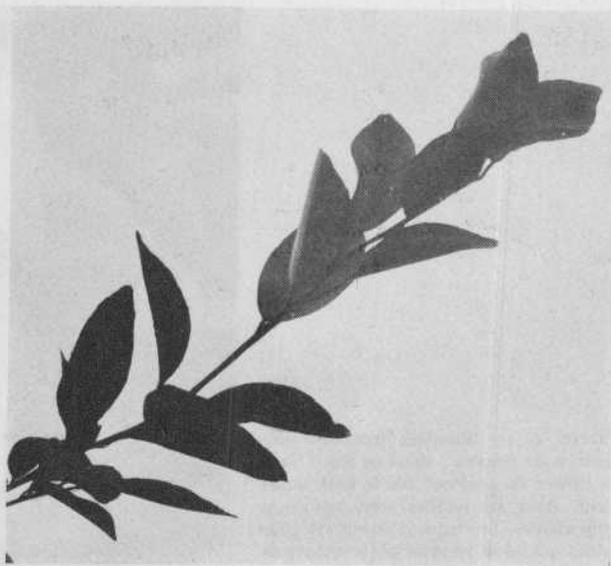


PHOTO 3. — Rameau non fructifère de la pousse de printemps, sur lequel a démarré une pousse d'été : on ne peut plus y prélever de feuilles.

CONCLUSION

Nous avons pu trancher entre les différentes méthodes possibles de prélèvement en ce qui concerne :

- l'orientation (résultats de l'essai n° 1 : prise de feuilles régulièrement réparties tout autour de la frondaison) ;
- la hauteur : à mi-hauteur de la couronne foliaire ;
- l'ombrage : on ne prélèvera que des feuilles périphériques.

Le choix reste ouvert en ce qui concerne le type, fructifère ou non fructifère, des rameaux.

Il s'agit là d'un facteur à variation discontinue, alors que les trois premiers sont à variation continue : il n'existe pas d'intermédiaire entre un rameau non fructifère et un rameau fructifère, hormis le cas des rameaux dont les fleurs ont « coulé ». (Normalement, nous n'aurions pas dû relier par un trait, dans la partie extrême droite de nos graphiques, les points représentatifs des deux types de rameaux : nous l'avons fait seulement pour faciliter la comparaison visuelle de leurs niveaux respectifs). Par contre, tout rameau peut être considéré comme plus ou moins périphérique, plus ou moins proche du plan équatorial de la frondaison ; il y a donc sur ces deux facteurs une marge d'erreur inévitable due à leur caractère continu, mais dont l'incidence sur les feuilles de rameaux fructifères ou non fructifères sera proportionnelle aux effets de ce facteur chez ces deux types de rameaux respectivement.

Ainsi, l'influence de l'ombrage sur les teneurs en N, P et K est moins prononcée chez les rameaux fructifères que chez les non fructifères, alors que l'inverse est vrai pour Ca. Or, un échantillonneur pourra avoir tendance à prélever sur des rameaux nettement dégagés de la masse de la frondaison, tandis qu'un second opérateur tendra à prélever sur des rameaux qui, sans être situés à l'intérieur de la frondaison, voisinent davantage avec d'autres rameaux et reçoivent de ce fait un ombrage latéral plus important ; d'ailleurs la structure du feuillage de chaque arbre n'est pas identique et ne laisse pas toujours un tel choix à l'opérateur. L'erreur imputable au coefficient personnel et à l'irrégularité de structure du feuillage a donc toutes chances d'être moins forte pour N, P et K et plus forte pour Ca, en ce qui concerne l'incidence du facteur ombrage, s'ils s'adressent aux rameaux fructifères plutôt qu'aux rameaux non fructifères.

De même, divers échantillonneurs apprécieront différemment le « plan équatorial » de la frondaison, et comme

ils trouveront rarement le nombre de feuilles voulu juste sur ce plan idéal, ils s'en écarteront chacun à sa façon, ou d'une manière imposée par les circonstances. D'après les résultats exposés ci-dessus, l'erreur ainsi commise sera plus forte pour N et K et moins forte pour P si l'échantillonnage porte sur les rameaux fructifères plutôt que sur les rameaux non fructifères.

D'autres motifs d'erreurs peuvent encore intervenir. A l'époque où a été réalisé cet essai, les feuilles de la pousse du printemps précédent étaient très faciles à distinguer des feuilles de pousse plus récente ou plus ancienne ; plus tard dans la saison la distinction n'est pas si aisée dans le cas des rameaux non fructifères. En revanche, comme nous l'a fait remarquer J. CASSIN, la présence d'un fruit à l'extrémité d'un rameau garantit l'âge des feuilles portées par ce rameau ; le seul risque est d'avoir affaire, sans y prendre garde, à un fruit produit par un très court rameau non feuillu, et de prélever une feuille sur le rameau précédent qui, lui, est de l'année antérieure (photo 2).

Après la récolte des fruits, évidemment, la recherche des feuilles de rameaux fructifères de l'année est plus malaisée. Mais les rameaux non fructifères présentent un autre inconvénient majeur : lorsque de nouvelles pousses démarrent, c'est eux qui en deviennent le siège (photo 3) ; on ne doit alors pas prélever sur les rameaux porteurs d'une nouvelle pousse, leurs feuilles étant nécessairement affectées par ce voisinage ; une telle distinction, outre qu'elle peut rendre le prélèvement difficile si le pourcentage des rameaux visés est élevé, introduit dans le groupe non fructifère une discrimination dont le caractère aléatoire est douteux.

Pour ces raisons théoriques et pratiques nous inclinons plutôt a priori pour la méthode de H. D. CHAPMAN, avec prélèvement sur rameaux fructifères, si nous étions tenus de prendre une option dès maintenant ; réservant le prélèvement sur rameaux non fructifères aux cas particuliers : arbres trop jeunes, périodes hors production, etc. Mais notre étude des variations saisonnières, qui doit définir la ou les époques de prélèvement, sera poursuivie sur les deux types de rameaux afin de mesurer à toutes les époques de l'année leur variabilité ; seule celle-ci nous fixera sur l'incidence réelle, aux dates retenues, des diverses causes d'erreurs passées en revue dans cette discussion.

Travail réalisé sous l'égide de la Station de Recherches agrumicoles (Convention INRA-IFAC), San Giuliano-Cervione, Corse. Nous exprimons nos remerciements à nos collègues L. BLONDEL, directeur de la S.R.A., et R. VOGEL pour leur aide.

Nous sommes heureux d'annoncer à nos lecteurs qu'à l'occasion du centième anniversaire de la fondation de l'UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE, un symposium international sur les agrumes aura lieu du 17 au 26 mars 1968 à RIVERSIDE. Cette manifestation, organisée par le Professeur Homer D. CHAPMAN, bien connu de nos lecteurs, couvrira une grande variété de disciplines, puisque les sujets mis à l'étude embrassent les questions suivantes :

Insectes (biologie et contrôle). — Génétique. — Biochimie des citrus et de leurs produits. — Climat et problèmes de production. — Nutrition minérale des agrumes, analyse foliaire, fertilisation. — Hormones. — Irrigation. — Mécanisation de la récolte. — Nématodes. — Pathologie et physiologie. — Maladies à virus.

Voici l'adresse permettant d'obtenir de plus amples détails sur ce très intéressant congrès :

Professeur H. D. CHAMPAN,

Dept of Soils and Plant Nutrition,

University of California, RIVERSIDE, California, 92502, U. S. A.