Connaissance Vigne Vin 1976, **10**, N° 2, 141-159

ANALYSE DE LA CROISSANCE DES FEUILLES DU SARMENT DE VIGNE : ESTIMATION DE SA SURFACE FOLIAIRE PAR ECHANTILLONNAGE

A. CARBONNEAU

Institut National de la Recherche Agronomique
Station de recherches de viticulture - Centre de recherches de Bordeaux
33140 Pont-de-la-Maye (France)

Travail effectué avec la collaboration technique de G. LECATRE

INTRODUCTION

Nous avons déjà établi (CARBONNEAU, 1976), une méthode de mesure de l'aire d'une feuille de Vigne, mise au point sur neuf variétés du genre **Vitis.**

Le principe consiste à évaluer simplement la valeur d'un paramètre linéaire, puis à lui faire correspondre une surface foliaire sur une règle étalonnée (pour un cépage donné).

Le paramètre fournissant la meilleure corrélation avec l'aire de la feuille est ΣL_2, c'est-à-dire la somme des longueurs des deux premières nervures latérales.

L'erreur commise avec cette méthode, rapide et non destructrice, est inférieure à 5 p. 100 pour l'ensemble du genre **Vitis,** dans le cas où l'étalonnage est réalisé avec un lecteur de coordonnées ; elle est de l'ordre de 5 p. 100 si l'on établit les aires de référence au moyen du modèle proposé.

Il semble intéressant, après ces premiers résultats et toujours dans l'optique de recherches sur la physiologie de la Vigne notamment, d'essayer d'évaluer de façon aussi précise que possible, la surface foliaire totale d'un sarment, puis d'un cep de Vigne.

Au premier abord, il apparaît que les contraintes de précision et de commodité excluent toute mesure de la surface foliaire d'une tige par une méthode globale. D'autre part, pour des raisons pratiques, nous écartons en général la possibilité de mesurer toutes les feuilles d'un rameau.

Le problème posé est donc de nature statistique. Il consiste à choisir un échantillon de feuilles représentant la population foliaire totale et permettant d'évaluer l'aire de la feuille moyenne. Il suffit ensuite de multiplier cette valeur par le nombre de feuilles pour avoir une estimation de la surface foliaire totale du sarment.

Le premier point acquis est la technique de mesure de chaque élément de l'échantillon par la méthode décrite dans l'article déjà cité. Mais il reste à répondre aux questions suivantes :

Combien faut-il choisir de feuilles et lesquelles ?

A quel stade les mesurer ?

Ces considérations font ressortir la nécessité de connaître de façon exacte les particularités de la structure du sarment au cours de sa croissance. Le choix de l'échantillon sera guidé par ces données afin de laisser le moins d'importance possible au hasard.

Nous allons donc analyser tout d'abord la croissance des organes du rameau de Vigne, en particulier de ses feuilles, en insistant sur les phénomènes rythmiques. Ensuite, nous en tirerons les conclusions dans le but d'estimer la surface foliaire du sarment par échantillonnage.

MATERIEL ET METHODES

Matériel.

La mise au point de cette technique a été réalisée sur dix boutures racinées de **Cabernet-Sauvignon** choisies de façon aussi homogène que possible. Une seule tige palissée verticalement, sans entrecœurs, a été conservée sur chaque bouture en 1974 et 1975.

Ces plantes se sont développées durant deux cycles végétatifs, de mars à septembre, dans une serre chauffée avec éclairage d'appoint et système de refroidissement. De ce fait, les conditions climatiques ont été d'une régularité satisfaisante et voisines de l'optimum de croissance. Signalons qu'il n'existait entre ces plantes aucune concurrence pour la lumière.

Ces dernières, placées chacune dans un pot rempli de gravier, ont été alimentées par une solution nutritive en système hydroponique qui a toujours couvert les besoins en eau et en éléments minéraux des plantes.

Précisons en outre que cette méthode d'échantillonnage obtenue dans ces conditions a été vérifiée par la suite dans un vignoble de **Cabernet-Sauvignon** greffé sur SO_4, au Domaine I.N.R.A. du Grand-Parc à La Tresne. C'est là que nous avons mis au point une technique pour évaluer la surface foliaire d'un cep.

Méthodes.

La surface d'une feuille est déterminée grâce à une règle étalonnée avec un lecteur de coordonnées donnant l'aire en cm^2 en fonction de ΣL_2. L'erreur commise dans le cas du **Cabernet-Sauvignon** est d'environ 3 p. 100 (CARBONNEAU, 1976).

Toutes les feuilles des dix plantes ont été ainsi mesurées sur l'ensemble de la saison 1975 afin d'établir la surface foliaire de référence pour chaque individu. Des comptages de feuilles ainsi que des mesures d'allongement de rameaux et de mérithalles ont également été effectués.

Calcul des erreurs.

Nous sommes a priori en présence de deux types d'erreur :
— e_1 : erreur relative entachant la mesure d'une feuille (ici 3 p. 100) ;
— e_2 : erreur relative commise lors du choix de l'échantillon.

Le problème est de connaître la relation liant d'une part l'erreur totale E commise en estimant la surface foliaire du sarment, et d'autre part e_1 et e_2.

L'aire, prise en référence pour le sarment, est la somme pour l'ensemble des N feuilles, de l'aire réelle de chacune des feuilles, entachée de l'erreur e_1. Si A est cette aire de référence, α l'aire réelle et a_i l'aire réelle d'une feuille, nous pouvons écrire :

$$A = \sum_{i=1}^{N} a_i(1 + e_1) = N\,\bar{a}(1 + e_1) = \alpha(1 + e_1). \text{ Donc } \frac{A}{\alpha} = 1 + e_1$$

L'aire A' calculée au moyen de la méthode d'échantillonnage diffère de A de l'erreur relative d'échantillonnage. Donc :

$$\frac{|A' - A|}{A} = e_2 \quad \text{et} \quad \frac{A'}{A} = 1 + e_2$$

L'erreur relative totale E vaut :

$$E = \left|\frac{A' - \alpha}{\alpha}\right| = \left|\frac{A'}{\alpha} - 1\right| = \left|\frac{A'}{A} \times \frac{A}{\alpha} - 1\right| = |(1 + e_2)(1 + e_1) - 1| =$$

$$e_1 + e_2 + e_1e_2$$

Donc : $E \simeq e_1 + e_2$

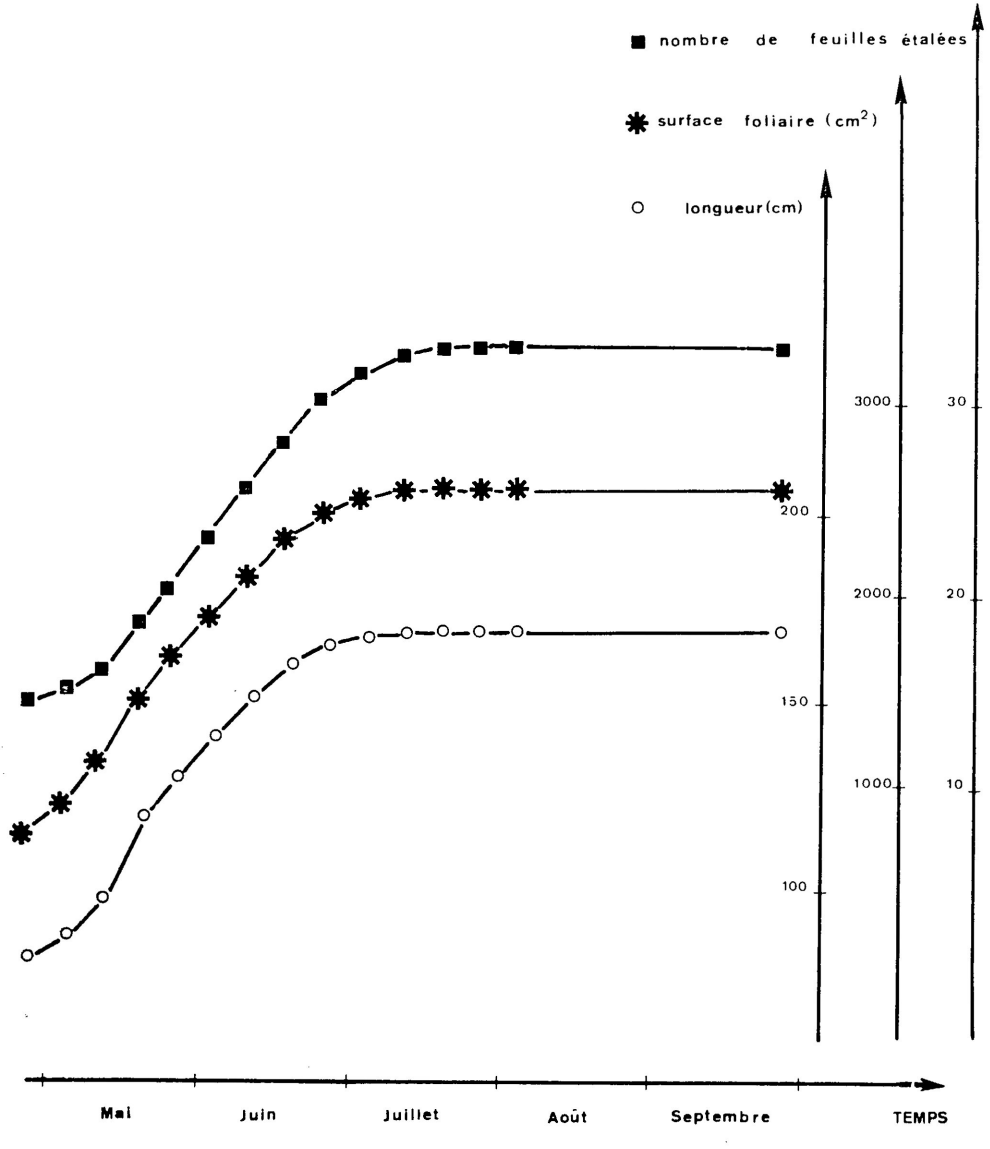


Fig. 1. — Courbes de croissance de certains paramètres du sarment.

Pratiquement, l'erreur relative totale est la somme des erreurs relatives de mesure et d'échantillonnage. Il convient de noter qu'une erreur relative e est estimée par $(1 - r^2)$, r étant le coefficient de corrélation entre la série des aires estimées et la série des aires réelles (CARBONNEAU, 1976). Au cours de cette étude, les conditions de calcul de r ont été réunies.

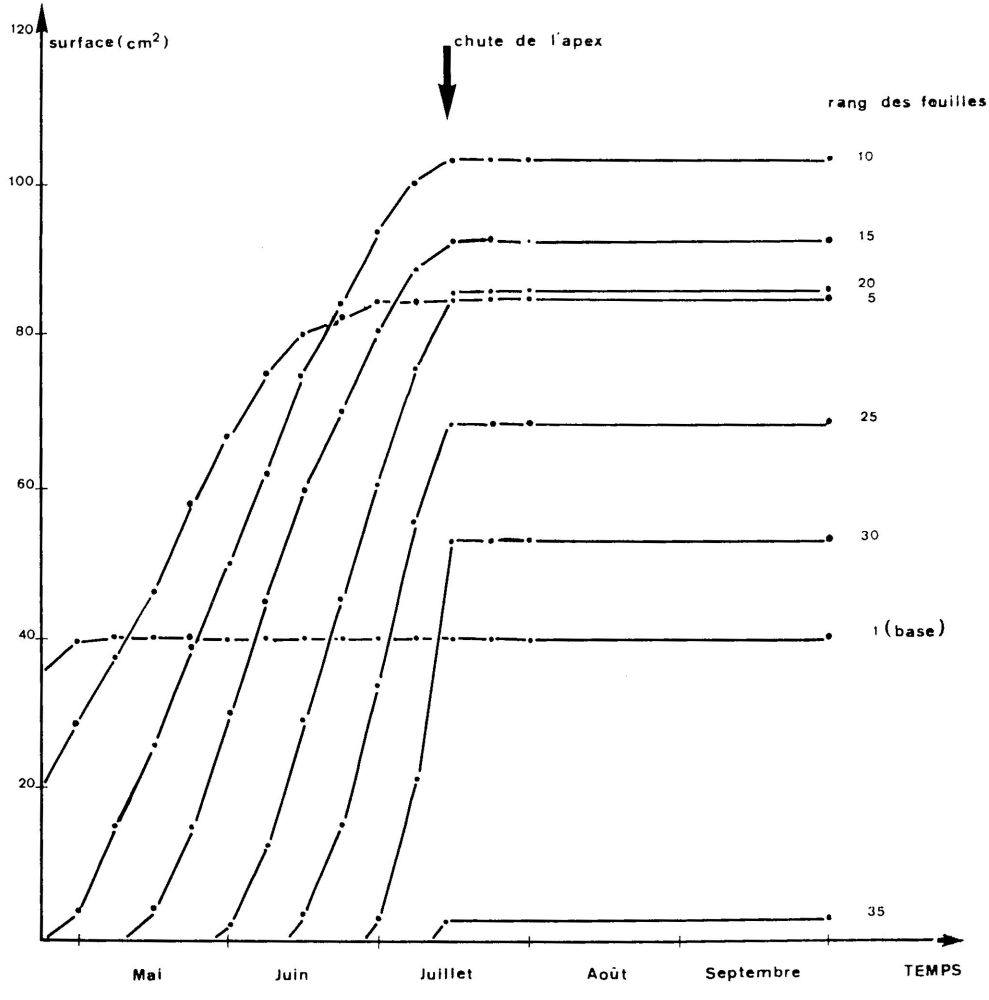


Fig. 2. — Croissance des feuilles de différents rangs sur le sarment.

ANALYSE DE LA CROISSANCE DES ORGANES DU SARMENT

Beaucoup de faits fondamentaux sur la croissance du sarment sont acquis : POUGET et BOUARD (1971), BUGNON et BESSIS (1968), LEOPOLD

et KRIEDEMANN (1975), STOEV (1966). Néanmoins, il apparaît utile de préciser certains points.

Courbes de croissance en fonction du temps.

La figure 1 représente la croissance en longueur du sarment (moyenne des dix plantes), l'évolution du nombre de feuilles et de la surface des feuilles en fonction du temps. Elle vérifie l'allure sigmoïdale des courbes du même type déjà étudiées par divers auteurs. Elle montre en outre, que l'accroissement de la surface foliaire du sarment est davantage lié à l'allongement de ce dernier qu'à l'augmentation du nombre de ses feuilles.

Sur le plan pratique, deux sortes de conclusions s'imposent : tout d'abord la nécessité d'effectuer des mesures de surface foliaire de façon régulière et rapprochée si l'on veut établir des courbes de croissance précises ; ensuite l'intérêt de noter le nombre de feuilles en même temps que la superficie totale.

La figure 2 montre la croissance en surface des feuilles de divers rangs sur le sarment (en partant de la base : 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30). L'analyse de cet ensemble de courbes met en évidence trois zones sur le sarment :

1° Les feuilles de rang 1 à 10 qui avaient terminé leur évolution au moment de l'arrêt de croissance du sarment et de la chute de l'apex (vers le 7 juillet 1975) ;

2° Les feuilles de rang 10 à 20 qui, juste avant cette date, achevaient leur croissance ;

3° Les feuilles de rang 20 à 30 ou 35 qui, juste avant cette époque, se trouvaient en phase de croissance rapide, brutalement stoppée au moment de la chute de l'apex.

La structure externe du rameau comporte donc trois zones (qui dans ce cas sont assimilables à des tiers) : basale, médiane et apicale. Elles se caractérisent par l'âge de leurs feuilles, et aussi par le degré d'évolution atteint par ces dernières au moment de l'arrêt de croissance de la tige.

A priori, il semble donc nécessaire de tenir compte de cette subdivision dans l'élaboration de l'échantillon estimant la surface foliaire

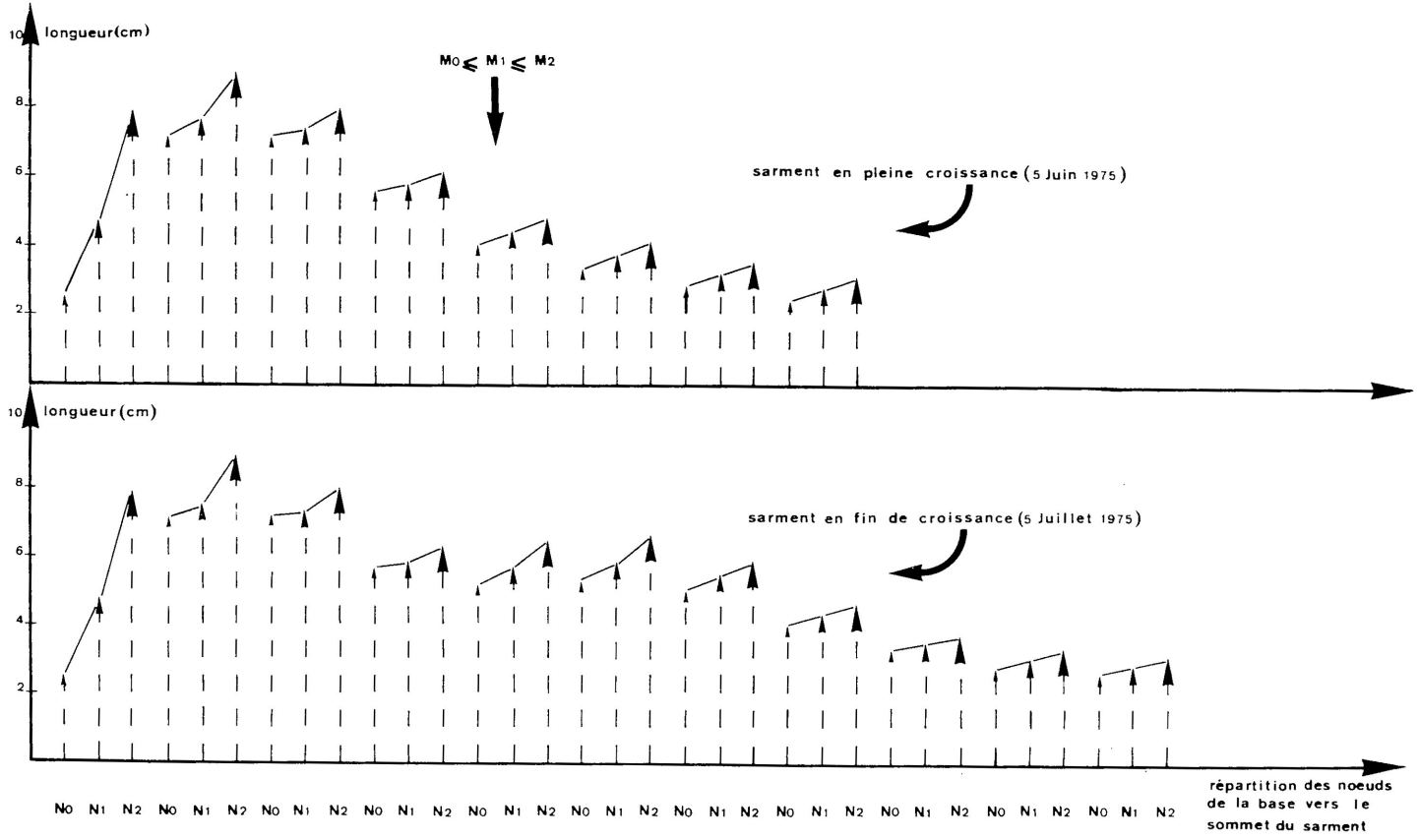


Fig. 3. — Phénomènes rythmiques au niveau des mérithalles et des nœuds.

du sarment. Cette structure est du reste confirmée quant à l'activité d'exportation des sucres des feuilles (KOBLET, 1969). Par ailleurs, l'arrêt de croissance des feuilles les plus âgées nous dispense évidemment de leur mesure après ce stade.

Phénomènes rythmiques le long du sarment.

Les travaux de BOUARD (1966) sur les sarments de Vigne ont montré l'existence de phénomènes rythmiques chez cette plante et apportent de ce fait une confirmation de plus à la théorie des hélices foliaires de PLANTEFOL (1950). En effet, il existe en général sur le rameau une alternance d'un nœud sans vrille (N_0) suivi de deux nœuds avec vrille (N_1 et N_2). Les mérithalles et les entrecœurs correspondant à chaque type de nœud (N_0, N_1, N_2) suivent également ce rythme ternaire, lié à la présence de trois hélices foliaires. Les divers types de relations au sein de ce rythme ternaire sont du reste fonction du génotype.

Dans le cas du **Cabernet-Sauvignon,** nous avons également observé l'alternance (N_0 - N_1 - N_2) et la relation trouvée au niveau des longueurs des mérithalles (M_0, M_1, M_2) situés sous les nœuds considérés est : $M_0 \leqslant M_1 \leqslant M_2$. La figure 3 permet de se rendre compte très rapidement de l'existence et de la nature de ce rythme ternaire au niveau des nœuds et des mérithalles. La comparaison des deux stades d'évolution du sarment permet de noter que cette hiérarchie est constante le long du rameau et que les écarts s'accentuent avec l'âge des mérithalles.

Mise en évidence d'un rythme ternaire chez les feuilles.

La figure 4 indique la correspondance entre les types de nœuds (N_0, N_1, N_2) et l'aire moyenne de la feuille correspondante (F_0, F_1, F_2). Il apparaît trois types de relations sur le sarment en fin de croissance (juste avant la chute de l'apex) :

1° Zone basale :
$F_0 \leqslant F_1 \leqslant F_2$ (analogue à : $M_0 \leqslant M_1 \leqslant M_2$).

2° Zone médiane :
$F_2 \leqslant F_0 \leqslant F_1$ (et : $F_0 \leqslant F_2 \leqslant F_1$).

3° Zone apicale :
$F_2 \leqslant F_1 \leqslant F_0$, traduisant simplement un gradient de croissance.

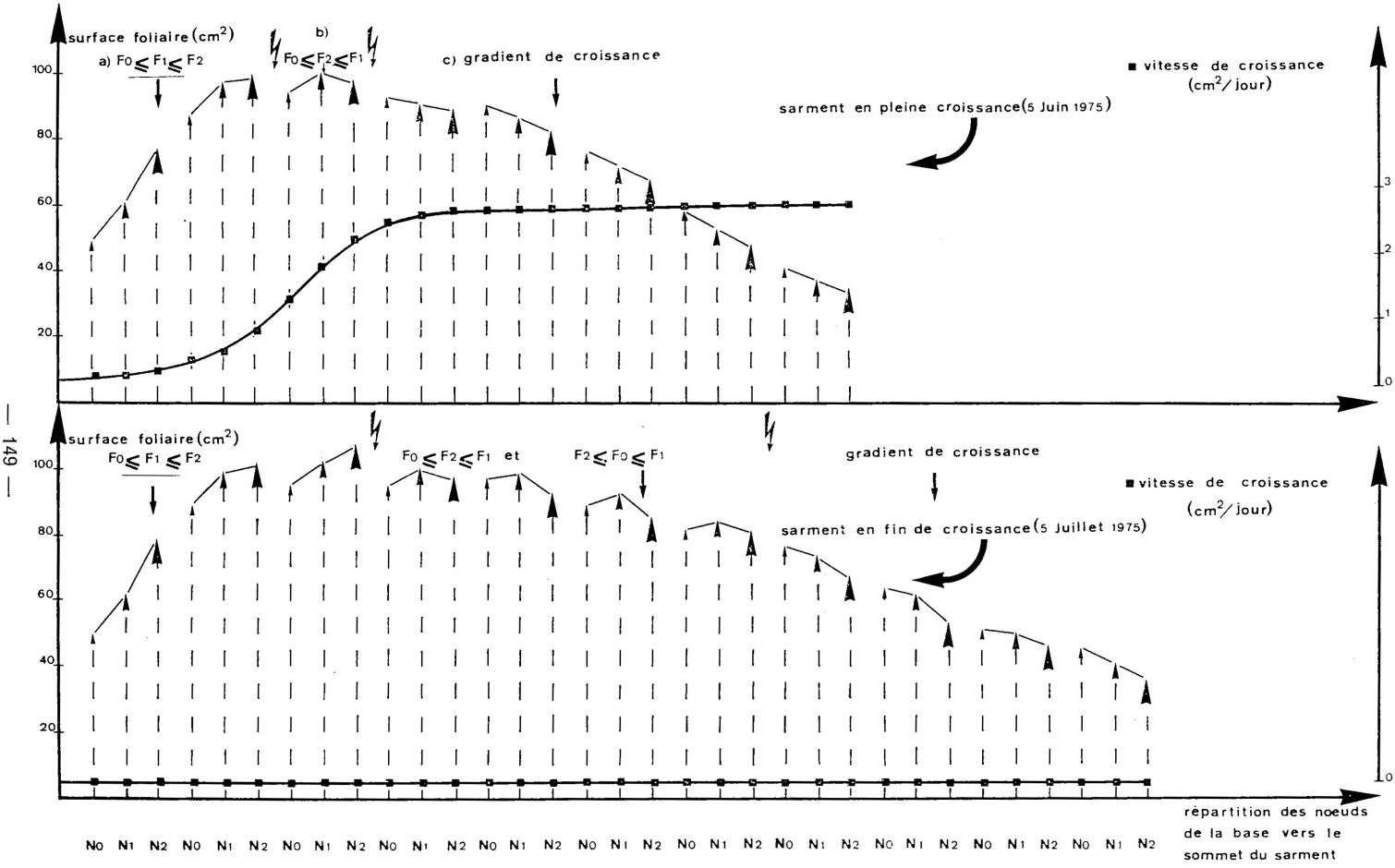


Fig. 4. — Phénomènes rythmiques au niveau des feuilles. Vitesse de croissance des feuilles.

L'existence de ces relations hiérarchisées au sein d'un groupe de trois feuilles consécutives exclut une distribution aléatoire des aires des feuilles le long du sarment, tout comme une répartition résultant du seul gradient de croissance de la plus jeune feuille à la plus âgée.

Nous constatons, en outre, une inversion de la hiérarchie existant dans ces groupes de trois feuilles qui est fonction de leur position sur le sarment, c'est-à-dire de l'âge des feuilles :

1° Feuilles âgées : F_2 a la plus grande surface ;

2° Feuilles adultes : F_1 a la plus grande surface ;

3° Feuilles jeunes : F_0, la plus âgée, a la plus grande surface.

La présence de cette inversion montre que le gradient de croissance initial des jeunes feuilles est remplacé par un rythme identique à celui des mérithalles chez les feuilles âgées ($F_0 \leqslant F_1 \leqslant F_2$). Pour les feuilles adultes des relations intermédiaires sont rencontrées. Il convient de noter que les mérithalles, à l'opposé des feuilles, extériorisent tout de suite une hiérarchie constante avec l'âge.

Interprétation en fonction de la vitesse de croissance des feuilles.

Si nous examinons sur la figure 4 le sarment en pleine croissance et non plus à la fin, il ressort clairement que :

a) les relations $F_0 \leqslant F_1 \leqslant F_2$ observées à la base du sarment le 5 juin 1975 se conservent jusqu'au 5 juillet 1975 ;

b) les relations $F_0 \leqslant F_2 \leqslant F_1$ existant le 5 juin au milieu du sarment, se transforment le 5 juillet en $F_0 \leqslant F_1 \leqslant F_2$;

c) les relations faisant apparaître un gradient de croissance le 5 juin à l'extrémité du sarment, deviennent le 5 juillet $F_2 \leqslant F_0 \leqslant F_1$ et $F_0 \leqslant F_2 \leqslant F_1$, ou bien restent inchangées pour les feuilles les plus jeunes.

L'étude de la courbe de vitesse de croissance des feuilles en fonction du temps montre que :

— les relations $F_0 \leqslant F_1 \leqslant F_2$, stables dans le temps, correspondent à des feuilles de la base à vitesse de croissance très faible ou nulle (le 5 juin) ;

— l'apparition de la relation $F_0 \leqslant F_1 \leqslant F_2$ au détriment de $F_0 \leqslant F_2 \leqslant F_1$ a été observée pour les feuilles les plus grandes du milieu du sarment à vitesse de croissance moyenne mais à forte décélération (le 5 juin) ;

— les autres relations concernent les feuilles de l'extrémité du sarment, à vitesse de croissance élevée et relativement constante (le 5 juin).

Tout semble donc se passer comme si la F_2 possédait une croissance plus rapide que la F_1, cette dernière ayant une croissance plus rapide que la F_0. Lorsque les feuilles ont totalement achevé leur évolution, ces différences de vitesses de croissance entre F_0, F_1, F_2, ont estompé le gradient de croissance initial, observé pour les feuilles les plus jeunes. Au niveau des feuilles intermédiaires, nous pouvons supposer que les différences entre F_0, F_1 et F_2 s'expliquent par la disparition progressive de ce gradient. Cette évolution serait bloquée par l'arrêt de croissance du sarment après la chute de l'apex ou par la concurrence exercée par les autres feuilles. Cette dernière hypothèse pourrait expliquer que ce sont les feuilles les plus âgées et celles qui terminent leur croissance le plus rapidement (décélération maximale) qui présentent la relation $F_0 \leqslant F_1 \leqslant F_2$.

Conclusion.

Nos résultats s'accordent avec la présence chez la Vigne de trois hélices foliaires dans les méristèmes, douées chacune de caractéristiques propres. Leur existence qui se traduit par un rythme ternaire dans la nature des nœuds, la longueur des mérithalles et des entrecœurs, se manifeste également sur les aires des feuilles.

Ce dernier point, à notre connaissance, n'avait pas encore été souligné chez la Vigne. Pour le **Cabernet-Sauvignon,** une relation identique à celle des mérithalles apparaît pour les feuilles ayant achevé leur croissance les premières ($F_0 \leqslant F_1 \leqslant F_2$).

Sur le plan pratique, la présence de ce rythme ternaire impose un état de complexité supplémentaire au niveau de la structure du sarment. A priori, si nous voulons estimer la surface foliaire du rameau, nous devons prendre en égale considération les trois zones (assimilables ici à des tiers) et les trois hélices foliaires.

Cette analyse de la structure du sarment va maintenant nous guider dans l'élaboration d'une méthode d'échantillonnage.

APPLICATION A UNE METHODE D'ECHANTILLONNAGE ESTIMANT LA SURFACE FOLIAIRE DU SARMENT

Taille de l'échantillon.

En général, deux lois qui conduisent à des conclusions opposées tendent à définir la dimension d'un échantillon. La première est de nature statistique : plus la taille est importante, meilleure est l'estimation. La seconde est d'ordre biologique et pratique : la dimension ne doit pas être trop grande, afin de permettre un maximum de mesures dans le minimum de temps, procurant ainsi le plus de valeur possible aux comparaisons. Il faut donc trouver la taille minimale compatible avec les normes de précision imposées.

Nous avons comparé les quatre dimensions d'échantillon suivantes (en pourcentage du nombre total de feuilles) : 10 p. 100 ; 20 p. 100 ; 30 p. 100 et 60 p. 100. Cette dernière constitue du reste une limite très supérieure à la normale. Pour les sarments étudiés, le nombre de feuilles étant de 30 environ, nous avons adopté les échantillons suivants : 3, 6, 9 et 18 feuilles. Il faut noter qu'en raison de l'arrêt de croissance des feuilles âgées et adultes, un échantillon de 9 feuilles (30 p. 100) par exemple, ne nécessite que la mesure de 6 individus (20 p. 100), d'une série de notations à l'autre.

Choix des feuilles.

Nous avons choisi trois modèles :

1° Le tirage au hasard sur la totalité du sarment ;

2° Le tirage au hasard dans chacune des trois zones du sarment ;

3° Le tirage au hasard sur chacune des trois hélices foliaires et dans les trois zones. Ce dernier modèle décrit le mieux l'organisation du sarment.

Nous avons éliminé le tirage sur chacune des trois hélices foliaires sans tenir compte des trois zones, car en général, ce système est équivalent au troisième modèle.

Pour chacun des trois modèles quatre tailles ont été retenues : 10 p. 100, 20 p. 100, 30 p. 100 et 60 p. 100. Enfin, pour chacun de ces traitements, nous avons effectué deux tirages (A et B) au niveau des 10 plantes considérées. Soit au total : 240 tirages.

Résultats.

Ils sont consignés dans le tableau I. Nous vérifions en premier lieu que l'erreur d'échantillonnage diminue quand la taille de l'échantillon augmente. Une seule exception cependant : le traitement avec 18 feuilles par zone et sur les trois hélices foliaires. L'erreur est dans ce cas supérieure à celle procurée par le traitement du même genre avec 9 feuilles. La raison en est que, dans le premier cas, il y a trop de séries de feuilles consécutives au cours du tirage, donc une répartition assez peu homogène le long du rameau.

Le but de cet essai est de choisir la méthode fournissant la meilleure corrélation (r) entre la surface estimée et la surface réelle. La précision de la technique d'échantillonnage est donnée par r^2 et l'erreur par $1 - r^2$.

La meilleure précision est obtenue en tenant compte à la fois du découpage en TROIS ZONES et de la répartition sur les TROIS HELICES FOLIAIRES. La taille optimale de l'échantillon est de 30 p. 100 (ici 9 feuilles).

L'erreur d'échantillonnage commise dans ce cas est de 1,8 p. 100 : si l'on ajoute l'erreur due à la mesure de chaque feuille (3 p. 100) nous atteignons environ 5 p. 100 pour le **Cabernet-Sauvignon.**

Pour d'autres cépages, cette erreur doit varier entre 3 p. 100 et 7 p. 100, puisque l'erreur de mesure oscille entre 1 p. 100 et 5 p. 100 (CARBONNEAU, 1976). Ce niveau de précision a été confirmé au champ sur **Cabernet-Sauvignon.**

Le coefficient de régression de la surface estimée sur la surface réelle vaut 1,03 : il est donc inutile d'introduire un facteur de correction.

Il est intéressant de noter que cette technique procure la meilleure corrélation entre deux séries de répétitions A et B (r A/B) pour l'ensemble des dix plantes. La méthode la plus précise est aussi la plus fidèle. C'est celle qui tient le mieux compte de la structure du sarment, donc qui laisse le moins de place au hasard.

TABLEAU I

Comparaison des diverses méthodes d'échantillonnage

r : coefficient de corrélation entre la surface estimée et la surface réelle, pour les deux séries A et B réunies.

$(1 - r^2)$ p. 100 : erreur relative de la méthode en pourcentage.

b : coefficient de régression de la surface estimée sur la surface réelle, pour les deux séries A et B réunies.

r A/B : coefficient de corrélation entre les deux séries de tirage A et B, pour une même méthode.

	Hasard sur le sarment				Hasard par zone				Par zone et sur les 3 hélices			
	3 feuilles	6 feuilles	9 feuilles	18 feuilles	3 feuilles	6 feuilles	9 feuilles	18 feuilles	3 feuilles	6 feuilles	9 feuilles	18 feuilles
	A et B	A et B	A et B	A et B	A et B	A et B	A et B	A et B	A et B	A et B	A et B	A et B
r	0,67	0,88	0,95	0,97	0,89	0,95	0,96	0,98	0,89	0,96	**0,99**	0,98
$(1 - r^2)$ p 100	55,8	22,6	9,6	6,3	20,8	10,1	7,8	4,4	20,6	7,6	**1,8**	3,2
b	0,89	1,04	1,13	0,96	1,25	1,02	1,03	1,01	1,13	1,07	**1,03**	1,04
r A/B	0,35	0,81	0,90	0,98	0,90	0,90	0,95	0,98	0,82	0,94	**0,99**	0,98

Application pratique de cette technique.

Pour des raisons de commodité, la première feuille considérée est celle opposée à la première grappe ou la première feuille bien développée, à partir de la base. Soit n son rang et N le nombre total de feuilles du rameau.

Une solution simple consisterait à mesurer la feuille de rang n, puis la feuille de l'hélice suivante, de rang n + 4, située dans le groupe de trois feuilles consécutif (si la taille du sarment le permet) ; puis la feuille de la troisième hélice, de rang n + 4 + 4, située sur le groupe de trois feuilles suivant ; et ainsi de suite jusqu'au sommet du sarment. De cette façon les trois zones seraient décrites de façon égale si elles sont assimilables à des tiers comme ici. La répartition serait régulière tout le long du rameau, la taille de l'échantillon de 1/3 (pratiquement égale à 30 p. 100 si l'on élimine les feuilles dont la surface est inférieure à 20 cm^2).

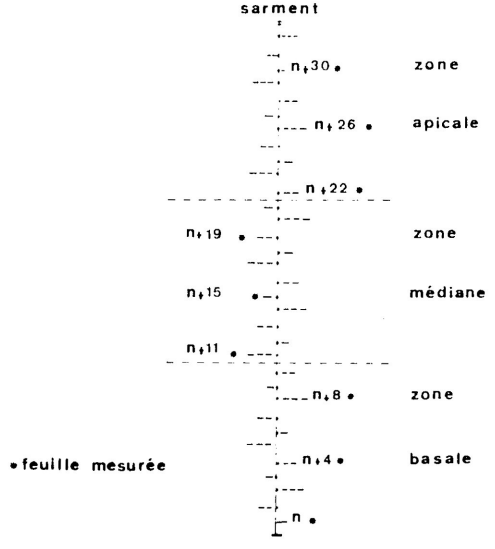


Fig. 5. — Echantillonnage des feuilles mesurées.
n = rang de la première feuille mesurée.
— : feuille, 1ère hélice.
— — : feuille, 2ème hélice.
— — — : feuille, 3ème hélice

Une objection apparaît d'emblée : toutes les feuilles de l'échantillon sont alors prises sur un seul orthostique, c'est-à-dire sur un seul côté de la tige. Or de nombreux phénomènes comme les inhibitions de corrélation se passent au sein d'un même orthostique (BUGNON et BESSIS,

1968). Donc, si nous voulons bien représenter le rameau dans notre échantillon, nous devons tenir compte de ses deux orthostiques.

Pour cela, nous avons adopté une méthode qui fait alterner les feuilles mesurées sur les deux côtés du sarment. Les feuilles sont choisies selon la méthode précédente en changeant d'orthostique pour chaque tiers du rameau (cf. figure 5). L'application de cette méthode est valable quelle que soit la longueur du sarment, mais les trois hélices ne sont décrites de façon égale pour chaque tiers que si N est voisin d'un multiple de 27. (3 hélices $\times$ 3 zones $\times$ 3 feuilles dans un espacement.) Cette remarque n'est du reste pas de nature à affecter le niveau de précision de la méthode.

Ce choix des feuilles se révèle à l'usage assez commode et surtout évite les hésitations lorsque l'on change de rameau. L'expérience a montré que cette méthode est assez rapide et suffisamment précise pour estimer la surface moyenne des feuilles d'un sarment. Il ne reste ensuite qu'à multiplier cette valeur par N pour obtenir la surface foliaire totale du rameau. La précision espérée varie autour de 95 p. 100.

Estimation de la surface foliaire moyenne d'un groupe de plantes.

La technique précédente a été utilisée en 1975 dans un vignoble expérimental de **Cabernet-Sauvignon** greffé sur SO_4, du Domaine I.N.R.A. de La Tresne. La précision espérée y a été vérifiée.

Par la même occasion nous avons tenté de résoudre le problème posé par l'estimation de la surface foliaire d'un groupe de plantes représentant une parcelle élémentaire d'un essai. Il s'agit de déterminer avec le maximum de précision la surface foliaire du cep moyen théorique de la parcelle, en ne considérant qu'un faible nombre de sarments.

Nous avons d'abord choisi les individus les plus proches de la moyenne de vigueur (estimée par le poids des bois) du traitement ou de la parcelle expérimentale et noté sur ceux-ci le nombre moyen de sarments.

Ensuite, nous avons effectué pour ces souches, la moyenne de la surface foliaire sur un minimum de dix sarments, bien développés, un mois après le débourrement, portant deux grappes et situés vers le milieu du long bois de taille. Ces précautions sont utiles si l'on veut diminuer, dans les comparaisons entre traitements, l'effet du choix du sarment.

Nous avons noté une bonne concordance entre divers échantillons d'au-moins dix rameaux pour un même traitement, ainsi qu'entre les classements des divers traitements d'une série de mesure à l'autre. Ces observations tendent à valider la méthode proposée.

CONCLUSION

Les connaissances acquises sur l'organisation du sarment de vigne, tant sur le plan de la croissance des feuilles que sur celui de la manifestation des trois hélices foliaires, se sont révélées indispensables à la constitution d'un bon échantillon représentant la surface foliaire totale du rameau. L'erreur globale la plus faible (3 à 7 p. 100 suivant les cépages) est procurée par la méthode consistant à mesurer environ 30 p. 100 des feuilles prises en nombre égal dans les trois tiers et sur les trois hélices foliaires du sarment.

Cette technique est applicable au vignoble et a permis de mettre au point une méthode d'estimation de la surface foliaire de la plante moyenne caractéristique d'un traitement ou d'une parcelle expérimentale. Cette extension semble d'une grande utilité pour l'expérimentation au champ, tout comme la technique elle-même paraît l'être pour des travaux de Physiologie.

Manuscrit reçu le 22 mars 1976.

RESUMÉ

L'analyse de la structure externe du sarment de Vigne a permis d'établir : l'évolution de sa surface foliaire totale au cours du temps ; les courbes de croissance des feuilles de rang différent, faisant apparaître la subdivision du rameau en trois zones où la vitesse de croissance des feuilles est variable ; la confirmation de l'existence de trois hélices foliaires dont les effets se manifestent sur les aires des feuilles, en particulier pour les plus âgées.

Ces observations d'intérêt général ont conduit à une application pratique intéressante : l'élaboration d'une technique d'échantillonnage pour mesurer la surface foliaire totale d'un sarment, puis d'une plante. La précision se situe aux alentours de 95 p. 100 si l'on mesure environ 30 p. 100 des feuilles du rameau réparties également dans les trois tiers et sur chacune des trois hélices foliaires.

SUMMARY

The analysis of the external structure of the vine shoot has allowed us to establish : the evolution of whole leaf area throughout the season and the growth curves concerning

the leaves of different levels. This analysis showed a subdivision of the shoot into three zones in which the growth speed of the leaves is variable, and confirmed the existence of three foliar screws ; this is particulary evident in the oldest leaf areas.

These general observations has led us to an useful and interesting application : the elaboration of a sampling technique measuring the whole leaf area of a shoot, then of a plant. The precision is approximately 95 p. 100, if we measure 30 p. 100 of the leaves of a shoot, equally distributed in the three zones and on each of the three foliar screws.

ZUSAMMENFASSUNG

Durch die Analyse der externen Struktur der Weinrebe konnte man etablieren : Die Entwicklung der gesamten Blattoberfläche im Zeitverlauf ; die Wachstumskurven von Blättern verschiedener Reihen lassen eine Unterteilung des Zweiges in drei Zonen erscheinen, in denen die Wachstumsgeschwindigkeit der Blätter variabel ist ; die Bestätigung der Existenz von drei Blattspiralen, deren Auswirkungen sich auf den Blattflächen und ganz besonders bei den ältesten bemerkbar machen.

Diese Feststellungen von allgemeinem Interesse haben zu einer interessanten praktischen Anwendung geführt : die Ausarbeitung einer Technik der Blattmusterselektion, um die gesamte Blattoberfläche einer Weinrebe, und anschliessend des gesamten Weinstockes zu messen. Die Präzision bewegt sich um die 95 % wenn man ca. 30 % der Blätter des Zweiges misst, die ebenfalls über die drei Drittel und über jede der drei Blattspiralen verteilt sind.

RESUMEN

El anâlisis de la estructura externa del sarmiento de Vina ha permitido establecer : La evoluciôn de sus superficie foliâcea total con el curso del tiempo ; las curvas de crecimiento de las hojas de hilera diferente, haciendo aparecer la subdivisiôn del ramal en tres zonas donde la velocidad de crecimiento de las hojas es variable ; la confirmaciôn de la existencia de tres Hé lices faliâceas cuyos efectos se manifiestan sobre las âreas de las hojas, en particular para las mâs ancianas.

Estas observaciones de interes general han conducido a una aplicacion prâctica interesante : La elaboracion de una técnica de contraste para medir la superficie foliâcea total de un sarmiento, y despues de una planta. La precisiôn se situa en los alrederores de 95 % si se mide aproximadamente 30 % de las hojas del ramal repartidas igualmente en las tres terceras partes y sobre cada una de las tres hélices foliâceas.

RIASSUNTO

L'analisi della struttura esterna del tralcio della vite ha permesso di stabilire : l'evoluzione della sua superficie fogliare totale attraverso il tempo ; le curve di crescita delle foglie di rango differente, facendo apparire la subdivisione del ramo in tre zone dove la rapidità di sviluppo della foglia è variabile ; la conferma dell'esistenza di tre élici fogliari di cui gli effetti si manifestano sulle aree delle foglie, in particolare per le più vecchie.

Queste osservazioni di interesse generale hanno portato ad una applicazione pratica interessante : l'elaborazione di una tecnica di campionario per misurare la superficie fogliare totale di un tralcio, poi di una pianta. La precisione è situata intorno ai 95 P se si misura all'incirca 30 P dalle foglie del ramo subdivise egualmente sui tre terzi e su ciascuna delle tre élici fogliari.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BOUARD J., 1966. Recherches physiologiques sur la Vigne et en particulier sur l'aoûtement des sarments. **Thèse Faculté des Sciences** de l'Université de Bordeaux, 398 p.

BUGNON F. et BESSIS R., 1968. Biologie de la Vigne. Acquisitions récentes et problèmes actuels. N° 3, Ed. Masson et Cie, 160 p.

CARBONNEAU A., 1976. Principes et méthodes de mesure de la surface foliaire. Essai de caractérisation des types de feuilles dans le genre « Vitis ». **Ann. Amélior. Plantes,** vol. 26, n° 2.

KOBLET W., 1969. Mouvement des assimilats dans les tiges de Vigne et influence de la surface foliaire sur le rendement et la qualité des raisins. **Wein Wissenschaft.,** 819, 277-319.

LEOPOLD A. C. and KRIEDEMANN P. E., 1975. **Plant growth and development.** Ed. McGraw-Hill Book Company, second édition, 545 p.

PLANTEFOL L., 1950. **Biologie cellulaire et végétale.** Ed. Belin, Paris.

POUGET R. et BOUARD J., 1971. — Physiologie de la croissance et du développement. Dans **Sciences et Techniques de la Vigne,** tome 1, Ed. Dunod, Paris.

STOEV K., 1966. Enrichissement en sucres et accroissement du volume des baies : mécanisme, facteurs ; rôle du feuillage pour le rendement et la qualité du raisin ; productivité du feuillage. **Rapport général. Académie des Sciences Agricoles en Bulgarie,** 180 p.