

## Distance interligne et hauteur de la haie foliaire

### 1. Incidence sur le potentiel d'interception lumineuse et la photosynthèse de la vigne

V. ZUFFEREY et F. MURISIER, Station fédérale de recherches en production végétale de Changins, Centre viticole du Caudoz, CH-1009 Pully

@ E-mail: [vivian.zufferey@rac.admin.ch](mailto:vivian.zufferey@rac.admin.ch)  
Tél. (+41) 21 72 11 560.

#### Résumé

Des mesures d'interception du rayonnement solaire et de la photosynthèse du couvert végétal externe ont été réalisées de 1996 à 1998 au domaine expérimental de la Station fédérale de Changins (Centre viticole du Caudoz, à Pully, VD), en examinant différentes distances interlignes et hauteurs du feuillage.

L'augmentation de la hauteur de la haie foliaire et le rapprochement des rangs ont provoqué un accroissement de la surface de végétation qui pouvait être exposée à l'éclairement direct, mais également de l'ombre projetée par les rangs adjacents dans la partie inférieure du feuillage. L'impact de l'ombrage projeté des rangs voisins sur l'activité photosynthétique de la zone basale du feuillage a été atténué en fin de saison en raison du vieillissement des feuilles. En l'absence de contrainte hydrique et avec un éclairement saturant, la capacité photosynthétique maximale du feuillage a été identique, indépendamment de la distance interligne et de la hauteur du feuillage dans les divers systèmes de conduite étudiés.

#### Introduction

Dans une vigne conduite en palissage plan vertical, le potentiel d'exposition de la surface externe à la radiation solaire est largement déterminé par la distance interligne et la hauteur du feuillage. L'augmentation de la hauteur du palissage et le rapprochement des rangs entraînent une majoration de la surface de végétation qui peut être exposée à l'éclairement direct. Une densité élevée de plantation présente ainsi un potentiel plus important d'exposition du feuillage à la radiation solaire qu'une faible densité.

Le critère de surface foliaire exposée (SFE) a été proposé il y a une vingtaine d'années (CARBONNEAU, 1980) pour estimer le potentiel qualitatif d'un système de conduite. De nombreuses études (CARBONNEAU, 1989; MURISIER, 1996; MURISIER et ZIEGLER, 1991; MURISIER et ZUFFEREY, 1997; SCHNEIDER, 1985) ont confirmé par la suite que ce critère

théorique était un bon indicateur, entre autres, de l'accumulation des sucres dans les baies, à partir d'expérimentations mettant en œuvre diverses modalités de la conduite du feuillage.

La capacité photosynthétique du couvert végétal est par ailleurs largement dépendante du niveau d'éclairement de la végétation et de sa distribution dans l'espace. Le microclimat thermique et hydrique du feuillage, qui découle pour une large part de la radiation absorbée par la végétation, agit également sur le potentiel d'assimilation d'un système de conduite.

Notre étude se propose d'évaluer l'influence des paramètres du mode de conduite tels que la distance interligne et la hauteur de la haie foliaire sur le potentiel d'interception lumineuse et leur incidence sur l'activité photosynthétique de la vigne. Les aspects agronomiques de cet essai seront traités dans une prochaine publication.

#### Matériel et méthodes

##### Dispositif expérimental et matériel végétal

La parcelle d'expérimentation, installée en 1987 au Domaine du Caudoz à Pully, se situe sur un coteau exposé nord-sud dont la pente s'élève à 8-10%. L'orientation des rangs est nord-sud avec un décalage de 20° dans la direction nord-est/sud-ouest. L'essai est implanté avec le cépage Chasselas greffé sur 3309. La parcelle expérimentale comprend quatre distances interlignes (1,2; 1,6; 2; 2,4 m) combinées avec trois hauteurs de feuillage (0,75; 1; 1,25 m).

Dans notre étude du microclimat lumineux, nous nous sommes intéressés particulièrement à deux distances interlignes (1,2 et 2,4 m) ainsi qu'à deux hauteurs de feuillage (0,75 et 1,25 m). La hauteur du tronc et du fil porteur s'élève respectivement à 60 et 45 cm, pour des hauteurs de palissage de 125 et 75 cm sur une taille en Guyot simple. La distance intercep de 85 cm est constante pour toutes les modalités d'étude. La charge en bourgeons par souche est identique pour toutes les distances interlignes et s'élève à 7 bourgeons/cep.

## Mesures d'éclaircissement et de photosynthèse

La mesure de la radiation solaire interceptée par le feuillage externe du couvert a été réalisée au moyen de cellules photoélectriques du type SKP 125 Quantum sensor, sensibles aux radiations du visible (400-700 nm) utiles à la photosynthèse (PAR). Les cellules photoélectriques ont été disposées sur le pourtour du couvert végétal dans les diverses zones du feuillage (zones basale, médiane, apicale et sommet de la végétation) selon le schéma proposé par LEBON et SCHULTZ (1996), cité par ZUFFEREY et MURISIER (1997). Ces mesures ont fait l'objet d'une comparaison avec un modèle d'interception du rayonnement solaire développé par l'Institut de bioclimatologie de l'INRA de Bordeaux (RIOU *et al.*, 1989).

La mesure de la photosynthèse a été effectuée avec un appareil de type LI 6250 (ADC-LCA 3) en système ouvert, analyseur à infrarouge, équipé d'une chambre à assimilation du type Parkinson.

## Résultats et discussion

### Potentiel d'éclaircissement du feuillage

L'augmentation de la hauteur du feuillage et le rapprochement des rangs entraînent une majoration de la surface externe du couvert (surface foliaire exposée potentielle) qui peut être exposée à l'éclaircissement direct (fig. 1).

Néanmoins, si l'on souhaite maximiser la surface externe du couvert exposée à l'éclaircissement direct, il résulte une opposition entre les interlignes étroits et les hauteurs importantes du feuillage, dans la mesure où l'on observe un accroissement de l'ombre projetée par les rangs adjacents dans la partie basale de la végétation en début et en fin de journée.

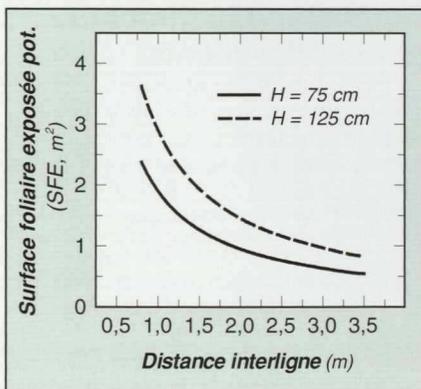


Fig. 1. Influence de la distance interligne et de la hauteur du feuillage sur la surface foliaire exposée potentielle (SFE potentielle), exprimée par m² de sol, chez une vigne conduite en palissage plan et orientée N-S. Epaisseur de la végétation de 0,4 m. SFE pot. = enveloppe de la végétation sans tenir compte de l'ombre portée par les rangs voisins et des discontinuités de la végétation entre les souches. Chasselas, Pully (VD, CH).

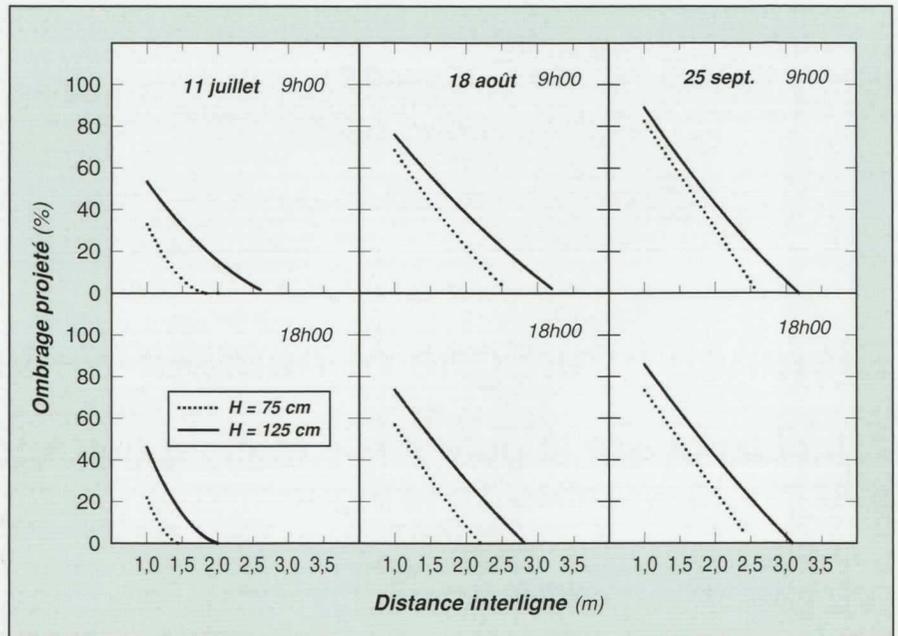


Fig. 2. Influence de la distance interligne et de la hauteur du feuillage (75 et 125 cm) sur l'ombre projetée par les rangs voisins (en % de la surface de la haie foliaire adjacente dans l'ombre avec un éclaircissement inférieur à  $300 \mu\text{mol photons/m}^2\cdot\text{s}$ ), en début (9 h) et en fin (18 h) de journée et à trois dates différentes, chez une vigne conduite en palissage plan et orientée N-S. Chasselas, Pully (VD, CH), 1997.

### Importance de l'ombre projeté

La figure 2 présente l'influence respective de la distance interligne et de la hauteur de la haie foliaire sur l'ombre portée par les rangs voisins en début et en fin de journée pour différentes dates durant la saison. L'ombre projetée par les rangs s'accroît en cours de saison avec le déclin de l'angle solaire. Les différences de dimension de l'ombre portée s'estompent néanmoins entre les deux hauteurs du feuillage considérées dans notre étude en fin de période végétative. Avec des hauteurs de feuillage de 75 et 125 cm, l'ombre projetée à 9 h du matin s'élève respectivement à 5 et 30% à la mi-juillet, avec une distance interligne de 1,50 m. A la fin de septembre, elle atteint 55 et 65%. La diminution de la hauteur du feuillage est surtout profitable aux écartements étroits des rangs. Nos mesures indiquent également que le doublement de la distance interligne (2,40 m par rapport à 1,20 m) entraîne une réduction de plus de 50% de l'ombre portée moyenne pendant la journée à la mi-juillet quelle que soit la hauteur du palissage (résultats non présentés).

### Potentiel photosynthétique du feuillage

L'ombre projetée d'un rang sur l'autre est particulièrement importante, comme nous venons de le montrer, en début et en fin de journée lorsque la distance

interligne est réduite et la hauteur du feuillage élevée. L'ombre portée s'accroît encore en fin de saison avec le déclin de l'angle solaire. Cependant, l'influence négative exercée par l'ombre sur l'activité photosynthétique du feuillage de la partie inférieure des rameaux est plus importante en début de saison (bien qu'à cette époque, la durée d'insolation journalière compense largement la réduction passagère d'assimilation matinale et vespérale) qu'en fin de maturation du raisin (ZUFFEREY *et al.*, 1999).

Lorsque les feuilles sont exposées à l'éclaircissement direct et saturant ( $> 1500 \mu\text{mol photons/m}^2\cdot\text{s}$ ), la capacité photosynthétique du feuillage est identique quelles que soient la distance interligne et la hauteur de la haie foliaire. Les feuilles externes des plans de palissage qui se trouvent du côté ombragé (plan ouest le matin, plan est l'après-midi pour des rangs orientés nord-sud) perçoivent uniquement de la lumière diffuse, souvent inférieure à  $300 \mu\text{mol photons/m}^2\cdot\text{s}$ . Le potentiel photosynthétique de ces feuilles ombragées s'élève au maximum à  $4-5 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$  (soit un quart de l'assimilation maximale). La capacité d'assimilation de la zone interne du couvert représente pour sa part 3 à  $5 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$  durant la journée avec un éclaircissement inférieur à  $250 \mu\text{mol photons/m}^2\cdot\text{s}$  (résultats non présentés). Des résultats identiques ont été obtenus par SCHULTZ (1995).

A la fin de septembre, l'impact de l'om-

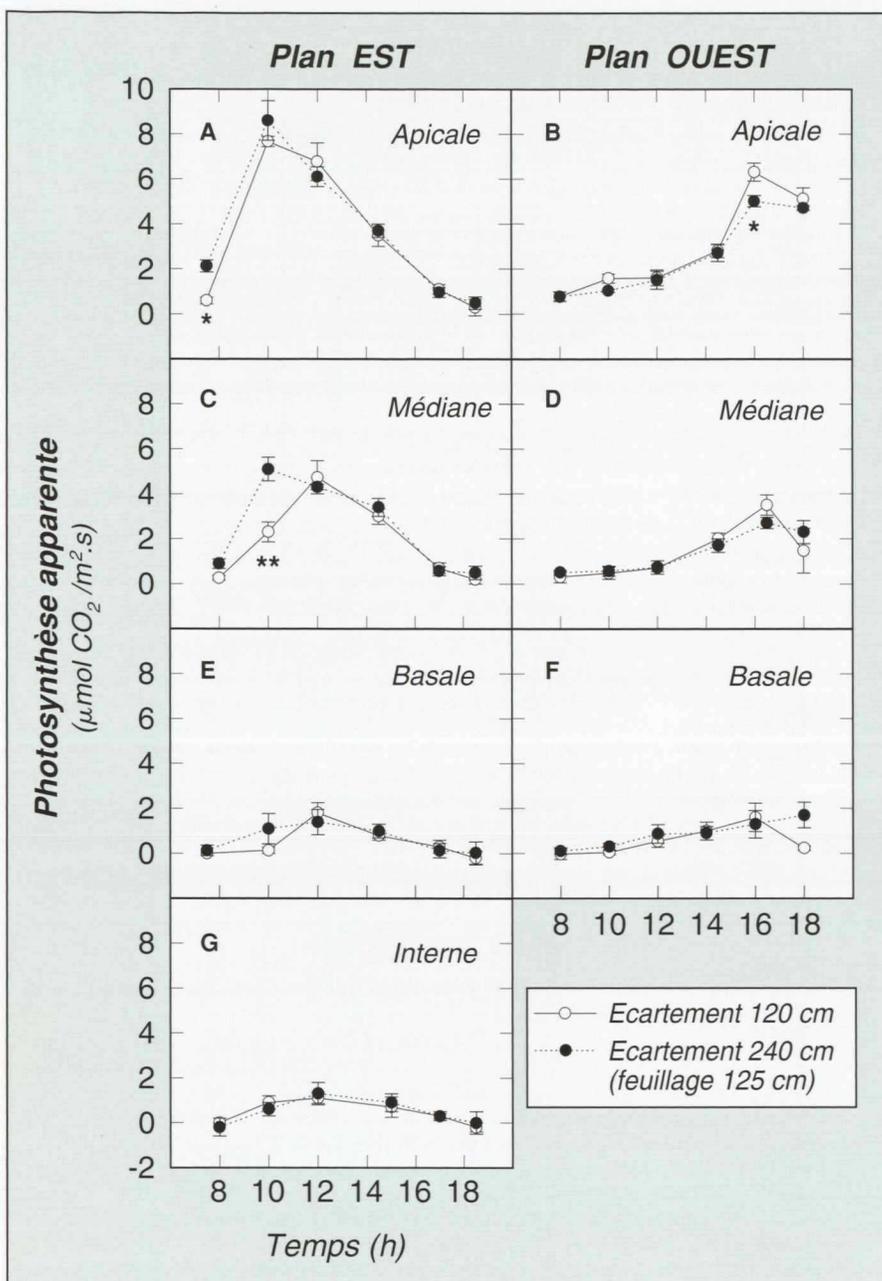


Fig. 3. Evolution journalière (3.10.1996) de la photosynthèse apparente des feuilles adultes de rameaux principaux, situées dans les différentes zones (apicale, médiane, basale, interne) et sur les plans est et ouest du couvert végétal, selon deux distances interlignes (120 et 240 cm). Vigne conduite en palissage plan vertical avec une hauteur du feuillage de 125 cm et orientée N-S. Barres verticales: erreur standard. \*: significativement différent à 5% au seuil de probabilité. Chasselas, Pully (VD, CH).

bre projetée des rangs adjacents dans les zones basale et médiane de la végétation est atténué par le fait que la capacité photosynthétique des feuilles sénescentes est fortement réduite dans cette partie du couvert (fig. 3). En fin de maturation du raisin, l'activité photosynthétique des différentes parties du feuillage chute fortement. Le vieillissement des feuilles et la température plus fraîche de l'air, mesurée à cette époque de la saison, constituent des facteurs limitants pour la photosynthèse. On observe un rapprochement des valeurs

d'assimilation entre les deux écartements de rangs bien que leur capacité d'interception lumineuse soit différente en début et en fin de journée. Les zones basale et interne du couvert végétal, dont les feuilles sont sénescentes et mal éclairées, présentent des taux négligeables d'assimilation (< 2 μmol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.s, 1/10 de l'assimilation maximale environ) à ce stade de la saison. Cette remarque relève l'importance que revêt un feuillage sain et composé de feuilles physiologiquement actives (entre-cœurs) dans la partie sommitale de

la végétation pour une bonne maturation du raisin. L'influence de l'ombrage projeté sur le microclimat des grappes est également déterminante et sera étudiée dans un prochain article.

### Eclairage du couvert et statut hydrique de la vigne

En général, les systèmes de conduite qui présentent une SFE élevée affichent une photosynthèse et une transpiration importantes: il résulte une consommation plus rapide des réserves hydriques du sol et un ralentissement précoce de la croissance végétative. La répartition des assimilats à l'intérieur de la plante se réalise alors au profit des organes puits, telles les racines et les baies. On parle dans ce cas d'une contrainte hydrique «modérée», induite par l'exposition de la végétation (CARBONNEAU, 1986).

Nos observations indiquent qu'une haie foliaire importante peut accroître la contrainte hydrique de la vigne en cas de forte pression climatique (température élevée et hygrométrie basse) (ZUFFEREY, 2000). Lorsque la contrainte hydrique est élevée, les systèmes de conduite dont la végétation est volumineuse et exposée à l'éclairage direct peuvent s'avérer partiellement pénalisants pour la photosynthèse (ZUFFEREY, 2000). Des systèmes à SFE très élevée présentent en effet, pendant une partie de la journée, des feuilles plus chaudes que l'air: ce phénomène se traduit quelquefois par une difficulté à éliminer les calories supplémentaires apportées par le rayonnement solaire, au moyen de la transpiration (résultats non présentés). D'autre part, les mesures de l'état hydrique des feuilles de ces systèmes en situation de sécheresse et par journée chaude indiquent qu'elles sont plus sèches (potentiel hydrique plus négatif) et qu'elles transpirent moins (conductance stomatique plus faible) que les feuilles de systèmes à SFE limitée (KATERJI *et al.*, 1986). Le niveau plus faible de la photosynthèse serait à rapprocher alors des phénomènes de «stress thermique et hydrique» momentanés.

Toutefois, une contrainte hydrique modérée, résultant d'une bonne exposition du feuillage et/ou de caractéristiques pédologiques, ne nuit pas forcément à la photosynthèse (SCHNEIDER, 1985; ZUFFEREY, 2000). En cours de maturation, elle permet de surcroît par son action modératrice sur la croissance d'orienter préférentiellement les assimilats vers les baies, le vieux bois et les racines.

## Conclusions

- Un accroissement de la surface foliaire exposée à l'éclairement direct (SFE) est obtenu en augmentant la hauteur de la haie foliaire et en rapprochant les rangs de vigne.
- Lorsque les feuilles sont exposées à l'éclairement direct, la capacité photosynthétique du feuillage est identique, quelles que soient la distance interligne et la hauteur du feuillage.
- L'ombrage mutuel des rangs voisins s'accroît en cours de saison avec des interlignes étroits et une hauteur importante de la haie foliaire.
- L'impact de l'ombrage projeté des rangs adjacents sur l'activité photosynthétique de la zone basale du feuillage est atténué en fin de saison en raison du vieillissement des feuilles et des températures plus fraîches.
- Le potentiel photosynthétique des feuilles ombragées s'élève à un quart de l'assimilation maximale observée chez les feuilles bien éclairées.
- Le statut hydrique de la vigne peut être influencé en partie par le volume de la végétation exposée à l'éclairement direct.

## Remerciements

Nos remerciements s'adressent particulièrement à MM. Charly Darbellay, Werner Pfammatter et Philippe Monney du Centre d'arboriculture et d'horticulture des Fougères de la RAC à Conthey, pour la mise à disposition du dispositif de captage solaire et leur collaboration fructueuse. Nous remercions aussi vivement MM. Samuel Teillant et Fabrizio Semadini, stagiaires durant l'été 1997, pour leur précieuse collaboration technique.

## Bibliographie

- BALDINI E., INTRIERI C., 1987. Photon flux rate (PFR) on hedgerow models in relation to hedgerow height, row spacing and row orientation. *Adv. Hort. Sci.* **1**, 3-7.
- CARBONNEAU A., 1980. Recherche sur les systèmes de conduite de la vigne: essai de maîtrise du microclimat et de la plante entière pour produire économiquement du raisin de qualité. Thèse docteur-ingénieur. Université de Bordeaux II, 235 p.
- CARBONNEAU A., 1986. Stress modérés sur le feuillage induits par le système de conduite et régulation photosynthétique de la vigne. In: *Physiologie de la vigne. 3<sup>e</sup> Symposium international sur la physiologie de la vigne.* Bordeaux, 24-27 juin 1986, 378-385.
- CARBONNEAU A., 1989. L'exposition utile du feuillage: définition du potentiel du système

## Summary

### Interrow distance and height of foliar hedge. 1. Incidence on the interception of solar radiation and photosynthesis in vineyards

Interception of solar radiation and photosynthesis by the canopy surface has been monitored from 1996 to 1998 at the Caudoz (Pully) experimental field of the Swiss Federal Research Station of Changins, for different interrow distances and heights of the foliar hedge. Raising the height of the vine hedgerow as well as decreasing the distance between rows resulted in an increase in the surface area of canopy exposed to direct sunlight. However, the lower leaves in adjacent rows suffered greater shade. The impact of shadow on photosynthetic activity of ageing basal leaves is weak towards the end of fruit ripening period. In the absence of water stress and with a saturated light, the maximum photosynthetic capacity of foliage was identical, independent of row spacing and hedgerow height.

**Key words:** grapevine, canopy, microclimate, photosynthesis, row spacing, hedgerow height.

## Riassunto

### Distanza tra i filari e altezza del fogliame. 1. Influsso sul potenziale d'intercettazione luminosa e sulla fotosintesi della vite

Numerose misurazioni dell'attività fotosintetica e dell'intercettazione luminosa delle foglie sono state eseguite, tra gli anni 1996 e 1998, nel vigneto sperimentale della Stazione federale di Changins a Pully (VD), esaminando diverse distanze tra i filari e varie altezze del fogliame.

L'aumento dell'altezza del fogliame e il ravvicinamento dei filari hanno portato ad un aumento della superficie fogliare che poteva essere meglio esposta all'insolazione diretta, ma anche all'aumento dell'ombra dei filari adiacenti soprattutto sulle foglie situate nella parte bassa del fogliame.

L'impatto dell'ombra sull'attività fotosintetica delle foglie basali è stato attenuato alla fine della stagione a causa del loro invecchiamento. In assenza di stress idrici e con un'intercettazione luminosa satura, la capacità fotosintetica massima delle foglie è stata identica e non dipendente, nelle forme colturali studiate, dalla distanza tra i filari e dall'altezza del fogliame.

## Zusammenfassung

### Reihenabstand und Laubwandhöhe. 1. Einfluss auf die Sonnenlichteinstrahlung und die Photosynthese der Rebe

Messungen der Sonnenlichtabsorption und der Photosynthese an der äusseren Laubwand wurden 1996 bis 1998 auf dem Versuchsbetrieb der Eidg. Forschungsanstalt Changins in Pully (VD) bei verschiedenen Reihenabständen und Laubwandhöhen vorgenommen.

Mit abnehmendem Zeilenabstand und zunehmender Laubwandhöhe nimmt die belichtete Gesamt-Vegetationsoberfläche aber auch die Selbstbeschattung (projizierter Schatten der Nachbarzeile) zu. Der Einfluss der Selbstbeschattung auf die photosynthetische Leistung der basalen alten Hauptblättern ist relativ schwach am Ende der Beerenreife. Mit gut bewässerten Reben und vollem Sonnenlicht sind die maximalen Photosyntheseraten des Laubwandsystems gleich hoch unabhängig von Zeilenbreiten und Laubwandhöhen.

de conduite. Systèmes de conduite de la vigne et mécanisation. OIV éd., Paris, 13-33.

CHAMPAGNOL F., 1984. *Eléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale.* Imprimerie Dehan, 34000 Montpellier, 351 p.

KATERJI N., CARBONNEAU A., DELAS J., 1986. Etude du fonctionnement hydrique et photosynthétique de deux systèmes de conduite de la vigne au cours d'un cycle de dessèchement édaphique à la véraison pour du Cabernet-Sauvignon planté en sol de graves sèches. *Physiologie de la vigne. 3<sup>e</sup> Symposium international sur la physiologie de la vigne.* Bordeaux, 24-27 juin 1986, 386-391.

LEBON E., SCHULTZ H. R., 1996. Photosynthèse et conductance stomatique de la vigne à l'échelle du couvert pendant un stress hydrique. II. Validation du modèle. In: *GESCO, Proceedings 21-23 Aug. 1996, Budapest, Hungary, 157-167.*

MURISIER F., 1996. Optimisation du rapport feuille-fruit de la vigne pour favoriser la qualité du raisin et l'accumulation des glucides de réserve. Relation entre le rendement et la chlorose. Thèse de doctorat, ETH Zurich, 132 p.

MURISIER F., ZIEGLER R., 1991. Effets de la charge en bourgeons et de la densité de plantation sur le potentiel de production, sur la qualité du raisin et sur le développement végétal.

*Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **23** (5), 277-282.

MURISIER F., ZUFFEREY V., 1997. Rapport feuille-fruit de la vigne et qualité du raisin. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **29** (6), 355-362.

RIOU C., VALANCOGNE C., PIERI P., 1989. Un modèle simple d'interception du rayonnement solaire par la vigne. *Vérification expérimentale. Agronomie* **9**, 441-450.

SCHNEIDER C., 1985. Influence de la suppression des entre-cœurs de souches de vigne sur le microclimat lumineux et la récolte. *Conn. Vigne Vin* **19**, 17-30.

SCHULTZ H. R., 1995. Physiologische Voraussetzungen für die Gestaltung der Laubwandstruktur im Hinblick auf die Weinqualität. *KTBL-Schrift* **364**, 67-89.

ZUFFEREY V., 2000. Echanges gazeux des feuilles chez *Vitis vinifera* L. (cv. Chasselas) en fonction des paramètres climatiques et physiologiques et des modes de conduite de la vigne. Thèse de doctorat, ETH Zurich, 335 p.

ZUFFEREY V., MURISIER F., AERNY J., GINDROZ Véronique, 1999. Bilans journaliers de photosynthèse nette chez la vigne (cv. Chasselas) avec des rangs orientés nord-sud et est-ouest. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **31** (5), 247-252.