



Photosynthèse des feuilles de vigne (cv. Chasselas)

II. Adaptation aux conditions environnementales

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
Tél. (+41) 21 72 11 560.

Résumé

L'étude des échanges gazeux des feuilles de vigne (cv. Chasselas) en relation avec les facteurs climatiques et physiologiques a été réalisée en conditions de plein champ de 1994 à 1998 à la Station fédérale de Changins, au domaine expérimental de Pully (CH).

Une adaptation de l'activité photosynthétique à des variations de la température durant la saison a été constatée. L'accroissement de 1 °C de la température moyenne journalière, enregistré sur une période de 14 jours, a provoqué une élévation de 0,8 °C de l'optimum thermique pour l'assimilation maximale chez les feuilles adultes de rameaux principaux et secondaires. Un déplacement du domaine des températures optimales et limitatives pour la photosynthèse a été observé avec l'augmentation de l'éclairement.

- l'activité photosynthétique des feuilles de vigne évolue en cours de saison en relation avec les conditions environnementales, phénomène qui se manifeste par une accommodation à la température des jours antérieurs et au niveau d'éclairement.

Introduction

L'étude de la photosynthèse des feuilles de vigne (source) apporte une meilleure connaissance du potentiel de production des assimilats (sucres) qui seront par la suite répartis entre les différents organes récepteurs (puits), dont les raisins, et les organes de réserve et de croissance (racines, jeunes feuilles et pousses).

De manière générale, les échanges gazeux des végétaux et de la vigne en particulier sont influencés par un ensemble de facteurs abiotiques (l'éclairement, la température, l'humidité de l'air, les conditions d'alimentation en eau du sol) et biotiques (l'âge et le type des feuilles, la relation source-puits, l'aptitude variétale) qui présentent une forte variabilité dans l'espace et le temps.

L'étude des relations qui unissent la plante à son environnement témoigne de la très grande plasticité du monde végétal et révèle ses remarquables possibilités d'adaptation aux milieux les plus variés. L'éclairement, qui constitue le facteur primaire de la photosynthèse,

est lié à l'équilibre énergétique des feuilles. Ainsi, les courbes d'action de la lumière sur l'assimilation sont généralement modulées par la température et l'âge du feuillage (CATSKY et TICHA, 1980). La photosynthèse et la respiration peuvent également s'adapter à des conditions de température régnant durant les jours antérieurs. L'adaptation thermique (*modulative temperature adaptation*; LARCHER, 1995) peut survenir en l'espace de quelques jours et parfois de quelques heures. La plage des températures optimales et limitatives pour l'assimilation varie aussi avec le niveau d'éclairement du feuillage. Tous ces éléments exercent par conséquent une influence sur la forme de la courbe de réponse photosynthétique à l'intensité lumineuse (THORNLEY, 1976).

L'objectif de la présente étude était d'apprécier la réponse photosynthétique en relation avec l'éclairement et la température foliaire chez des feuilles de Chasselas de différents âges et types dans les conditions de plein champ. L'hypothèse que nous avons cherché à vérifier était la suivante:

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental et matériel végétal

Les mesures d'échanges gazeux ont été réalisées de 1994 à 1998 sur des souches de Chasselas (clone 14/33-4, greffé sur 3309 C) âgées de 15 ans dans des conditions de plein champ à Pully (VD), au domaine du Caudoz de la Station fédérale de Changins. Les vignes sont conduites en système Guyot (1,6 à 2 m × 0,8 m) avec une charge de sept rameaux par cep. Les parcelles d'essai sont exposées au sud, avec une pente moyenne de 15%.

Mesure de la photosynthèse

L'étude de l'assimilation des feuilles de Chasselas a été réalisée avec un appareil ADC-LCA 3 (ADC, Hoddesdon, England), en système ouvert, analyseur à infrarouge et équipé d'une chambre d'assimilation de type Parkinson. La température foliaire et la température de l'air ont été mesurées avec des thermistors. La cuvette est équipée d'un ventilateur qui permet de réduire fortement la résistance de la couche limite et de maintenir la température à l'intérieur de la chambre proche de celle de l'air. Toutes les mesures ont été effectuées sur des souches bien alimentées en eau (potentiel hydrique de base > -0,2 Mpa) durant la période de végétation. Les paramètres des échanges gazeux ont été calculés selon les équations proposées par VON CAMMERER et FARQUHAR

(1981). L'intensité lumineuse ou la radiation photosynthétique active (PAR) a été mesurée en même temps que les échanges gazeux dans la position et dans l'angle respectif de la feuille, avec un senseur quantique (cellule photoélectrique, sensible aux radiations du visible 400-700 nm utiles à la photosynthèse). Des détails supplémentaires concernant les mesures d'éclairement et de la température sont données par ZUFFEREY et MURISIER (2000) et ZUFFEREY *et al.* (2000).

Résultats et discussion

Eclairement et capacité photosynthétique en cours de saison

L'influence de l'intensité lumineuse sur la photosynthèse du feuillage au cours de la période végétative est présentée dans la figure 1 chez les feuilles adultes

de rameaux principaux et les feuilles basales d'entre-cœurs.

L'assimilation maximale (A_{max}) des feuilles principales est observée très tôt dans la saison (début juin, 155^e jour), époque où les feuilles ont atteint leur surface définitive (fig. 1). On observe une légère diminution de l'assimilation à la fin de juillet, puis celle-ci demeure stable durant la véraison avant de s'affaiblir durant la maturation du raisin. L'activité photosynthétique maximale des feuilles basales d'entre-cœurs s'accroît tout au long de la période végétative (fig. 1): en fin de maturation, les taux de A_{max} sont équivalents à ceux des jeunes feuilles principales et adultes durant les stades floraison-nouaison. L'indice de saturation lumineux (I_s) des feuilles d'entre-cœurs, qui représente le niveau d'éclairement pour lequel l'assimilation est maximale, s'élève durant

la saison. Par contre, I_s demeure stable chez les feuilles principales.

Si les feuilles basales d'entre-cœurs présentent des performances d'assimilation inférieures de 20-30% à celles des feuilles principales durant les stades phénologiques «nouaison-véraison», elles deviennent plus efficaces que ces dernières à la fin de la période de maturation du raisin. Ces observations sont confirmées par des études similaires, effectuées avec des méthodes directes et indirectes pour évaluer la photosynthèse et le transport des assimilats de différentes feuilles (CANDOLFI-VASCONCELOS et KOBLET, 1991; KOBLET et PERRET, 1971; SCHULTZ *et al.*, 1996), et soulignent l'importance des rameaux secondaires pour l'accumulation des sucres dans les baies durant la maturation.

Adaptation à des variations de température et d'éclairement

La faculté d'acclimation des végétaux face à des variations de température a souvent été mentionnée: elle se manifeste par des modifications morphologiques, physiologiques ou biochimiques (KOERNER et LARCHER, 1988). Chez la vigne, l'adaptation de l'activité photosynthétique et de l'optimum thermique à des variations de température a été signalée durant la période de végétation. Nos essais indiquent un accroissement de 0,8 °C de l'optimum thermique, calculé pour une assimilation maximale, par degré supplémentaire de température moyenne journalière (T_{mj}), enregistrée sur une période de 14 jours. Cette relation a été vérifiée sur des feuilles

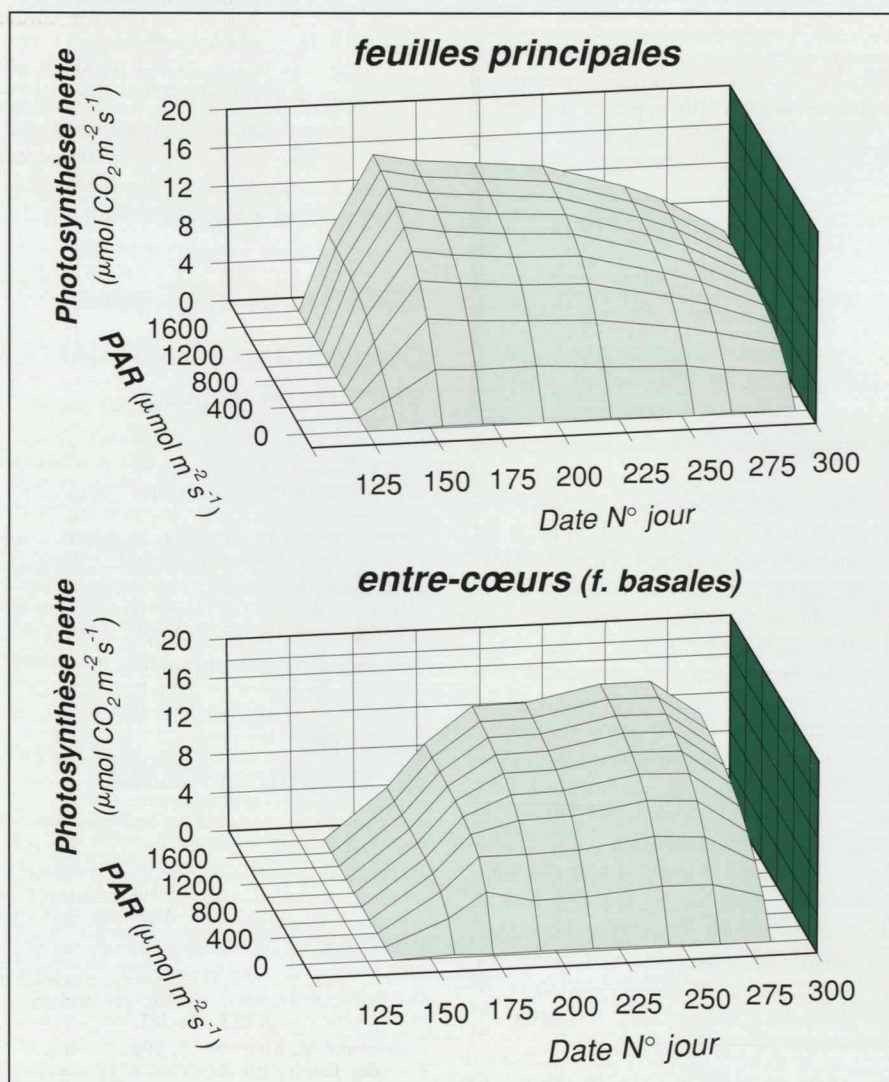


Fig. 1. Influence de la densité du flux de photons (PAR) sur la photosynthèse nette des feuilles principales et secondaires (feuilles basales d'entre-cœurs) en cours de saison. Les mesures ont été effectuées à une température du feuillage de 25-30 °C avec un faible déficit de saturation de l'air. Les courbes présentées ont été calculées à partir de l'équation de Marshall-Biscoe (1980) et des mesures réalisées durant les périodes végétatives 1997 et 1998. Chasselas, Pully (VD).

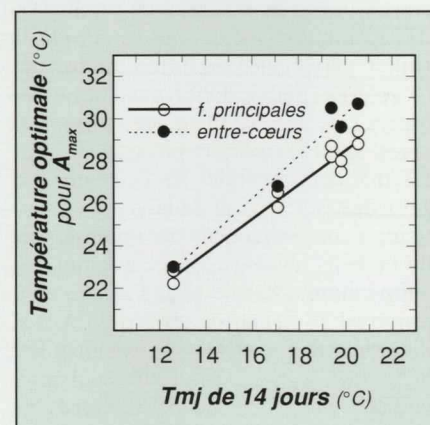


Fig. 2. Influence de la température moyenne journalière (T_{mj}), mesurée durant une période de 14 jours, sur la température optimale calculée par modélisation pour une photosynthèse maximale, chez des feuilles adultes de rameaux principaux et secondaires (feuilles basales d'entre-cœurs). Chasselas, Pully (VD), 1997.

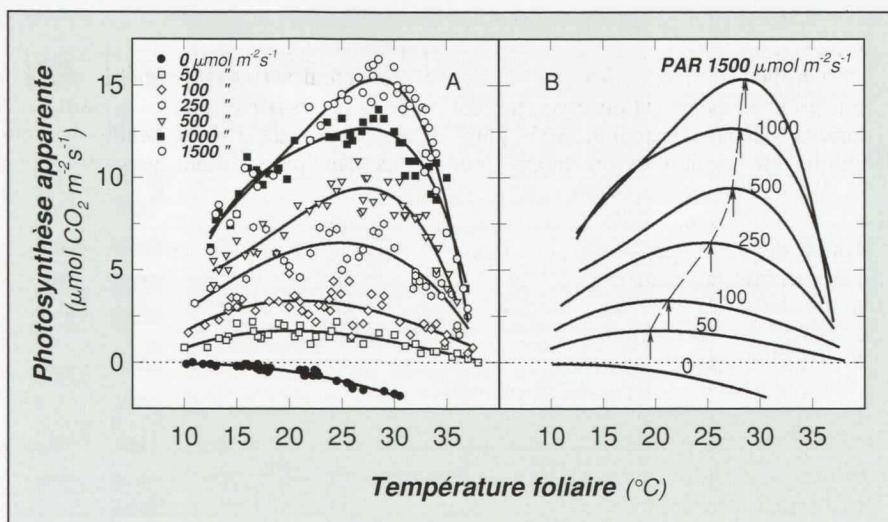


Fig. 3. Influence de la température foliaire et du niveau d'intensité lumineuse (PAR: 0, 50, 100, 250, 500, 1000, 1500 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) sur la photosynthèse apparente de jeunes feuilles adultes de rameaux principaux durant la période du 15 mai au 15 juillet. (A): présentation des mesures de photosynthèse. (B): déplacement de l'optimum thermique de A_{max} (indiqué par les flèches) vers des températures foliaires plus élevées avec l'accroissement du niveau d'éclairement. Chasselas, Pully (VD), 1997-1998.

adultes de rameaux principaux et secondaires (fig. 2). A la suite d'une période chaude, l'exigence en température sera ainsi plus élevée pour la photosynthèse (en été, par exemple). A l'inverse, lorsque les températures journalières s'abaissent, comme en fin de saison, l'exigence thermique pour l'assimilation diminue également.

SCHULTZ (1989) observe une tendance identique chez le cv. Riesling. REUTHER (1977) et SCHOLEFIELD *et al.* (1978) mentionnent cependant une baisse de l'assimilation dès le mois de juillet jusqu'à la chute des feuilles, indépendamment d'une éventuelle acclimatation de la température optimale pour la photosynthèse chez différents cépages. En conditions naturelles, les facteurs climatiques n'exercent pas individuellement leurs effets sur l'assimilation, mais simultanément. La réponse de la capacité photosynthétique à l'interaction des paramètres environnementaux diffère de la réaction de la photosynthèse vis-à-vis d'un facteur isolé. Un exemple de ce phénomène est illustré par le déplacement du domaine des températures optimales (et limitatives) pour l'assimilation nette avec l'accroissement de l'éclairement (fig. 3 A et B). A de faibles intensités lumineuses (50-100 $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$), le domaine des températures optimales pour la fixation du CO_2 est important mais se situe à des températures foliaires assez basses. L'optimum thermique mesuré pour une assimilation maximale augmente avec l'intensité lumineuse. Des observations identiques ont été rapportées au sujet d'autres végétaux (HALL, 1979; GRABHERR et CERNUSCA, 1977).

Enfin, les disponibilités en eau du milieu (eau atmosphérique et du sol) déterminent largement les échanges gazeux du végétal. Des mécanismes de résistance à la sécheresse sont observés lorsque la vigne est soumise à une contrainte hydrique. Ces réactions physiologiques seront abordées dans une prochaine publication (Photosynthèse des feuilles de vigne (cv. Chasselas). III. Influence de la contrainte hydrique).

Conclusions

- L'assimilation maximale des feuilles de rameaux principaux est observée très tôt dans la saison (avant floraison).
- Durant la maturation du raisin, les feuilles d'entre-cœurs qui présentent une photosynthèse élevée prennent le relais des feuilles principales sénescentes.
- L'optimum thermique pour l'assimilation maximale est dépendant de la température moyenne journalière, mesurée sur une période de quelques jours.
- L'accroissement de 1 °C de la température moyenne journalière, enregistré durant une période de 14 jours, a entraîné une élévation de 0,8 °C de l'optimum thermique pour l'assimilation maximale.
- Un déplacement du domaine des températures optimales pour la photosynthèse a été constaté avec l'augmentation de l'éclairement.

Remerciements

Nous remercions chaleureusement M^{lle} Lucile Jeandel et M. Samuel Teillant, stagiaires durant les étés 1997-1998, pour leur aide précieuse dans l'étude des échanges gazeux de la vigne.

Bibliographie

- CATSKY J., TICHA I., 1980. Photosynthetic and Photorespiration Rates and Conductances for CO_2 Transfer as Affected by Irradiance. *Photosynthetica* **14** (3), 392-400.
- CANDOLFI-VASCONCELOS M. C., KOBLET W., 1991. Influence of partial defoliation on gas exchange parameters and chlorophyll content of field grown grapevines. Mechanisms and limitations of the compensation capacity. *Vitis* **30**, 129-141.
- GRABHERR G., CERNUSCA A., 1977. Influence of radiation, wind and temperature on the CO_2 gas exchange of the alpine dwarf shrub community *Loiseleurium cetrariosum*. *Photosynthetica* **11**, 22-28.
- HALL A. E., 1979. A model of leaf photosynthesis and respiration for predicting carbon dioxide assimilation in different environments. *Oecologia* **143**, 299-316.
- KOBLET W., PERRET P., 1971. Kohlenhydratwanderung in Geiztrieben von Reben. *Wein-Wissenschaft* **26**, 202-271.
- KOERNER C., LARCHER W., 1988. Plant life in cold climates. In: *Plants and Temperature*. Symp. Soc. Exp. Biol. 42 (S. P. Long & F. I. Woodward Eds). Cambridge, The Company of Biologists Limited, 25-57.
- LARCHER W., 1995. *Physiological Plant Ecology* (3rd ed.). Springer Verlag, Berlin, 506 p.
- MARSHALL B., BISCOE P. V., 1980a. A model for C_3 leaves describing the dependence of net photosynthesis on irradiance. I. Derivation. *Journal of Experimental Botany* **31** (120), 29-39.
- REUTHER G., 1977. Optimum temperatures of photosynthesis in different frost-resistant grape varieties. In: *Génétique et amélioration de la vigne*. Bordeaux, 321-327.
- SCHOLEFIELD P. B., NEALES T. F., MAY P., 1978. Carbon balance of the Sultana vine (*Vitis vinifera* L.) and the effects of autumn defoliation by harvest-pruning. *Aust. J. Plant Physiol.* **5**, 561-570.
- SCHULTZ H. R., 1989. CO_2 -Gaswechsel und Wassertransport von Stark- und Schwachlichttrieben bei *Vitis vinifera* L. (cv. Riesling) in Abhängigkeit von Klima- und Pflanzenfaktoren. Ansatz eines empirischen Assimilationsmodells - Geisenheimer Berichte, Band 5, 221 p.
- SCHULTZ H. R., KIEFER W., GRUPPE W., 1996. Photosynthetic duration, carboxylation efficiency and stomatal limitation of sun and shade leaves of different ages in field-grown grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Vitis* **35** (4), 169-176.
- THORNLEY J. H. M., 1976. *Mathematical Models in Plant Physiology*. Academic Press, San Francisco, 318 p.
- VON CAEMMERER S., FARQUHAR G. D., 1981. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. *Planta* **153**, 376-387.
- ZUFFEREY V., MURISIER F., 2000. Photosynthèse des feuilles de vigne (cv. Chasselas). I. Influence de la lumière et de la température. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **32** (6), 341-346.
- ZUFFEREY V., MURISIER F., SCHULTZ H. R., 2000. A model analysis of the photosynthetic response of *Vitis vinifera* L. cvs. Riesling and Chasselas leaves in the field. I. Interaction of age, light and temperature. *Vitis* **39** (1), 19-26.

Summary

Photosynthesis of grapevines leaves (cv. Chasselas). II. Adaptation to environmental factors

The effects of environmental and plant factors on CO₂-exchanges were studied in field conditions at Pully (CH), on the experimental estate of the Swiss federal research station for plant production of Changins, from 1994 to 1998.

An adaptation of photosynthetic functions to temperature variations was observed during the whole growth period. An increase of 1 °C in the average daily temperature, measured over a period of 14 days, induced a rise of 0.8 °C in temperature optimum for maximum photosynthetic activity in mature leaves of primary and secondary shoots. A shift in the range of optimum temperatures for photosynthesis with an increase in light was also noted.

Key words: photosynthesis, environmental factors, leaf temperature optimum, photon flux density.

Zusammenfassung

CO₂-Gaswechsel der Rebe (cv. Chasselas). II. Anpassung mit den Klimafaktoren

In den Jahren 1994-1998 wurde in Feldversuchen im Versuchsbereich Pully der Eidg. Forschungsanstalt Changins (CH) die Reaktion des CO₂-Gaswechsels der Rebenblättern auf die Klima- und Pflanzenfaktoren untersucht.

Eine Anpassung der Photosyntheseleistung der Blättern wurde während der Gesamten Vegetationsperiode festgestellt. Eine Zunahme von 0,8 °C der Temperaturoptima der Photosynthese bei Haupttrieb- und Nebentrieblättern wurde pro zusätzlicher Grad der durchschnittlicher Tagestemperatur (während 14 Tagen) beobachtet. Eine Verschiebung des Bereiches der Temperaturoptima für die Assimilation wurde mit zunehmender Lichtintensität bemerkt.



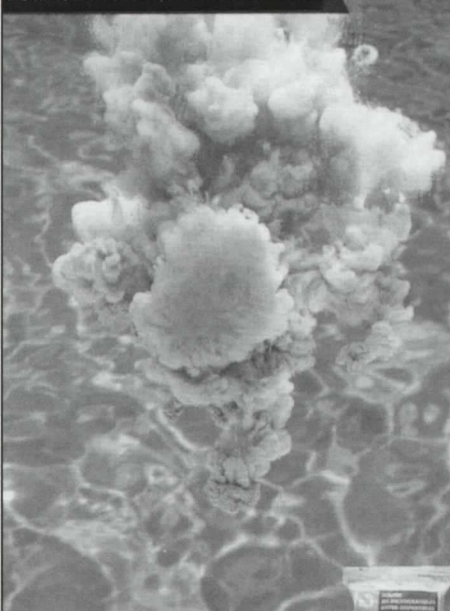
EN 45001 / STS 213

SCHWEIZERISCHER PRÜFSTELLENDIENST
SERVICE SUISSE D'ESSAI
SERVIZIO DI PROVA IN SVIZZERA
SWISS TESTING SERVICE

**Analyses et conseils de fumure:
notre laboratoire accrédité
et nos ingénieurs sont à
votre disposition!**

SOL-CONSEIL • Changins • CP 188 • 1260 Nyon 1
Tél. 022 363 43 04 • Fax 022 363 45 17
E-mail: sol.conseil@rac.admin.ch

FORMULATION HYPER-DISPERSIBLE



**MICROTHIOL[®]
SPÉCIAL DISPERSS[®]**



cerexagri

**NOUVEAU : 3 FOIS*
PLUS DISPERSIBLE.**

**FORMULATION DISPERSS[®],
EN MICROGRANULÉS
HYPER-DISPERSIBLES.**

* Microthiol Spécial Disperss comparé au Microthiol Spécial DG
Homologation n°W2675 - Composition 80% de soufre à l'état libre - Classement de toxicité : SS.
Bien lire l'étiquette avant toute utilisation et respecter les précautions d'emploi.

Renseignements auprès de votre LANDI
ou de votre Société d'Agriculture.

DUVOISIN Puidoux



PALISSEUSES / ROGNEUSES aussi pour TERRASSES
adaptations sur tracteurs toutes marques.

TRACTEURS viticoles **HOLDER** articulés 4 RM

Importation – Vente – Réparations

DUVOISIN & Fils SA – 1070 Puidoux-Gare
Machines viticoles et agricoles

Tél. 021 946 22 21 – Fax 021 946 30 59