INFLUENCE DE L'IRRIGATION SUR LA RÉPONSE HYDRIQUE DU CEP, LE RENDEMENT ET LA COMPOSITION DES VINS DU CV TEMPRANILLO EN CLIMAT MÉDITERRANÉEN

THE EFFECTS OF IRRIGATION ON THE WATER RELATIONS OF THE GRAPEVINE, YIELD, GRAPE AND WINE COMPOSITION OF TEMPRANILLO CV IN MEDITERRANEAN CLIMATE

Montse NADAL* et Miriam LAMPREAVE

Unitat d'Enologia del Centre de Referència en Tecnologia d'Aliments de la Generalitat de Catalunya. Dept de Bioquímica i Biotecnologia. Facultat d'Enologia de Tarragona. Universitat Rovira i Virgili. Ramón y Cajal, 70, 43005 Tarragona (Espagne)

Résumé : L' étude a été réalisée sur le cépage Tempranillo à Tarragone (Espagne) pendant 1998 et 1999. Le système de conduite est en palissage vertical avec une densité de plantation de 3 000 souches par ha. Trois parcelles témoins sans irrigation et trois irriguées au goutte à goutte ont été distribuées au hasard. La dose fut établie à 35 % et 80 %ETo (évapotranspiration de référence). Les mesures du potentiel hydrique à l'aube ont montré des valeurs moyennes de stress, similaires pour les deux traitments. Les souches irriguées ont eu la vigueur la plus élevée, tandis que les rendements n'étaient pas différents entre traitements. On n'a pas constaté de différence significative après les analyses chimiques des vins. Par contre, un effet important du millésime a été observé.

Abstract : The main goal of this study was to evaluate the behaviour of Tempranillo variety when a drip irrigation was applied to a vineyard in a Mediterranean area. The vineyard was located at the experimental field of the Faculty of Enology (University of Tarragona). The trellis system was a vertical shoot positioning with a bilateral cordon pruned. Plant density was 3 000 plants per ha. The split-plot design was established with 3 repetitions for the irrigated plot and non irrigated one. Each elemental plot had 24 grapevines, 72 plants in total per treatment. The irrigation was defined with water amounts of 35 % of ETo in 1998 and 70 % of ETo in 1999 (ETo: evapotranspiration of the reference). The ETo were calculated by Penman. Transpiration was measured using a sap flow meter using 3 probes for irrigated and 3 for non irrigated grapevines. Several plant growth parameters: the length of the shoots, leaf area, the yield, the pruning weight and the analyses of the Point Quadrat, were evaluated on 12 plants as replicated. Leaf water potential was measured by Scholander chamber. Microvinifications were carried out in 100L tanks and chemical analyses of the wines were done during two years. Chemical analyses of wine: alcohol degree, total acidity, pH, the level of anthocyanin and tanins, the total phenol content (IPT), and the colour intensity (IC) were determined on the obtained wines.
By statistic analysis, it was confirmed that irrigation produced an increase of plant transpiration, growth and vigour, but not a significant increase of production. The predawn leaf water potential have shown similar values between treatments at véraison (-0.4 to -0.55 MPa in August). There were no difference between treatments on wine analyses (alcohol degree, total acidity, anthocyanin, IPT, and IC), however, significant differences were found through the vintage effect. The spring of 1999 was more rainy comparing to the 1998 and due to the particular mesoclimate, a big increase of yield was registered. It could be a reason for a decrease of wine quality in 1999: less alcohol degree and weak colour in comparison with 1998 wines. After analysing the results obtained during two years, the study revealed the great importance of the year (millésime) in most of the parameters analysed and the important role of the soil as a good reservoir of water.

Mots clés : Tempranillo, irrigation, flux de sève, rendement, qualité des vins

Key words: Tempranillo, irrigation, sap flow, yield, wine quality

INTRODUCTION

L'irrigation du vignoble est un thème de controverse surtout en ce qui concerne l'influence qu'elle peut avoir sur le rendement et la qualité du vin dans les régions méditerranéennes. Souvent dans ces régions viticoles, les précipitations sont faibles et leur distribution au cours de l'année très irrégulière. Dans ces conditions, on peut donc atteindre un stress hydrique sévère qui peut compromettre la qualité des raisins. Le déficit en eau pour des périodes

*Corresponding author: mnrj@astor.urv.es

J. Int. Sci. Vigne Vin, 2004, **38**, n°1, 75-80

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

physiologiques importantes du dévelopement du cep peut se répercuter dans le processus de croissance et de photosynthèse.

Le type de sol et la réserve hydrique conditionnent la disponibilité de l'eau pour la plante qui influence le degré d'ouverture des stomates. D'ailleurs, SMART (1974) a constaté une diminution de l'ouverture stomatique à –1,3 Mpa de potentiel hydrique foliaire. Sous certaines conditions de stress sévère, FLEXAS *et al.* (1999) et ESCALONA *et al.* (2000) ont montré qu'il se produit de notables modifications dans la photosynthèse. WILLIAMS and MATTHEWS (1990) ont observé une grande sensibilité de l'expansion cellulaire sous l'effet du stress hydrique et que la réduction de la croissance est donc très marquée. Différents auteurs ont vérifié l'importance de maintenir un certain stress hydrique pour favoriser la qualité de la vendange, surtout pendant la période de maturation du raisin (MATTHEWS and ANDERSON, 1989; GARCIA-ESCUDERO *et al.,* 1997). On conseille de réaliser l'application modérée d'eau pendant le developpement végétatif et de la diminuer ou la supprimer à la maturité. Quelques auteurs ont observé une augmentation du degré alcoolique avec des apports d'eau modérés tandis qu'une alimentation en eau élevée peut le diminuer (SIPIORA, 1996; NADAL and AROLA, 1996; TANDONNET *et al.*, 1999).

L'objectif de cette étude est d'évaluer la réponse hydrique de la plante à l'irrigation et ses répercusions sur la croissance, le rendement et la composition des raisins du cépage Tempranillo dans une région méditerranéenne : AOC Tarragona.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

L'essai a été réalisé sur une parcelle du champ d'expérimentation viticole de la Faculté d'œnologie de Tarragone (CONSTANTI, Espagne). Le climat est de type méditerranéen avec une température moyenne de 15,5 °C, une précipitation annuelle de 581 mm, une évapotranspiration potentielle de 800 mm et appartient à la région IV de Winkler-Amerine. Le régime d'humidité est méditerranéen sec, selon la fiche hydrique de Thornthwaite. Le sol est profond composé de matériel calcaire et argileux, de pH élevé (7.83), de texture franco-fine.

Les plantes de Tempranillo avaient 6 ans au début de cet essai et avaient été greffées sur 110 R; le système de conduite est en palissage vertical comportant trois étages (90 cm de hauteur de végétation) avec une taille en cordon de Royat et une densité de plantation de 3 000 ceps/ha. L'étude a été effectuée en 1998 et 1999 sur des parcelles distribuées au hasard avec trois blocs de répétition pour la variable irrigation, et trois pour le témoin sans irrigation (split-plot design). La dose d'eau fut de 35 % ETo en 1998 et de 80 % ETo en 1999 avec la finalité d'évaluer la réponse physiologique de la plante à deux doses différentes. L'évapotranspiration potentielle (ETo) a été calculée selon Penman.

Les mesures de flux de sève et du potentiel hydrique sont obtenus à partir de 3 souches pour chaque traitement. Les contrôles des paramètres végétatifs, rendements et analyses des moûts ont été réalisés à partir de neuf souches pour chaque répétition. Les mesures de la transpiration ont été obtenues par la mesure du flux de sève avec l'appareil de «balance de chaleur» de SAKURATANI (1981). L'analyse du Point quadrat a été déterminée pour connaître la distribution de la végétation (KLIEWER and SMART, 1989), tandis que la longueur des sarments, la surface foliaire totale (leaf area meter), l'expression végétative, le rendement par souche et l'indice de Ravaz ont été mesurés afin d'évaluer la croissance, la vigueur et l'équilibre avec la production.

Des prélèvements d'échantillons de 100 baies ont été pris pour le contrôle de la maturité. Le contenu en anthocyanes des pellicules a été mesuré pour chaque traitement. Les vins sont obtenus à partir de microvinifications de 100 litres (trois répétitions pour chaque essai) selon le protocole de vinification en rouge : remontages quotidiens pendant 10 jours jusqu'à l'épuisement total des sucres, stabilisation au froid (4 ºC) et addition de SO_2 (20 mg/l) avant la mise en bouteilles. Les analyses du degré alcoolique et de l'acidité totale sont réalisées selon les méthodes de l'OIV (1991) et les anthocyanes et la couleur des vins selon GLORIES (1984).

Les résultats ont été traités statistiquement par le programme ANOVA et les différences entre traitements ont été calculées en utilisant le test de Fisher ($p<0,5$).

RÉSULTATS

On peut observer, dans les diagrammes climatiques des figures 1 et 2, de notables différences en ce qui concerne la répartition des pluies et de l'humidité depuis le printemps jusqu'à la vendange. L'année 1999 fût moins sèche, les pluies de mars à la vendange étaient 75 % plus élevées qu'en 1998 : 277 mm pour l'année 1999 et de 157 mm pour 1998. D'autre part, il faut souligner que dans l'année 1998, une précipitation de plus de 70 mm a été enregistrée à la fin du mois d'août, c'est-à-dire, une semaine avant la vendange.

Les résultats du flux de sève mesuré pendant l'été ont révélé une réponse de la plante parallèle à la demande évaporative de l'atmosphère et de l'irrigation (figure 3). La transpiration fût élevée en juillet et baisse continuellement jusqu'au mois d'août. Au début de l'été de l'année 1998, les ceps irrigués ont atteint une transpiration supérieure à ceux du témoin, 0.9 kg/m^2 et 0.6 kg/m^2 respec-

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Tableau I - Mesures de la transpiration, de l'eau reçue par la plante et de l'efficacité de l'utilisation de l'eau. Années 1998 et 1999.

Measurements of transpiration, water received by plant and water efficiency. Vintages 1998 and 1999.

Année	Irrigation (l/m² sol)		ETo (l/m² sol)		Précipitation (l/m² sol)		Eau totale (l/cep)		Eau totale (l/cep)	
1998	68		353		81		307.3		267.3	
1999	230		419		53		312.9		174.9	
	Transpiration (l/m² feuille)		Transpiration (l/cep)		Transpiration (l/m² sol)		Efficacité % (kg raisins/kg eau t)		Efficacité % (kg bois/kg eau t)	
Année	R	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R	NR
1998	62.5	42.7	326.8	183.61	99.03	55.63	1.52	2.39	0.17	0.30
1999	68.1	61	377.2	314.15	114.3	95.96	1.98	2.26	0.19	0.20

Eto = évapotranspiration potentielle ; eau t = eau transpirée ; Bois= expression végétative

Tableau II - Paramètres végétatifs et productifs. Années 1998 et 1999.

Growth and yield parameters. Vintages 1998 and 1999.

	% espaces		% feuilles ext.		% grappes ext.		LLN		Longueur sarments (cm)		Surface foliaire totale (m²)	
	* R	NR	R	NR	* R	* NR	* R	NR	* R	* NR	* R	* NR
1998	13	12	84	84	79 a	90 b	1.43	1.62	145	129	4.73 b	4.31 a
1999	5	6	77	78	49 a	54 b	1.83	1.66	190 b	165.5 a	5.54 b	5.15 a
	Rendement (kg/cep)		Expression végét (kg/cep)		I Ravaz		Poids 100 baies		Anthocyanes épiderme (mg/g)			
Année	* R	* NR	* R	* NR	* R	* NR	* R	* NR	R	* NR		
1998	4.97	4.40	0.57	0.55	7.7	8	295	309	474	763		
1999	7.47	7.13	0.72 b	0.62 a	10.4	11.5	184	189	547	482		

LLN= leaf layer number - Les différences significatives après les analyses ANOVA et test de Fisher ($p<0.5$) sont indiquées avec les lettres a et b (effet irrigation). La notation * indique les différences dues à l'année.

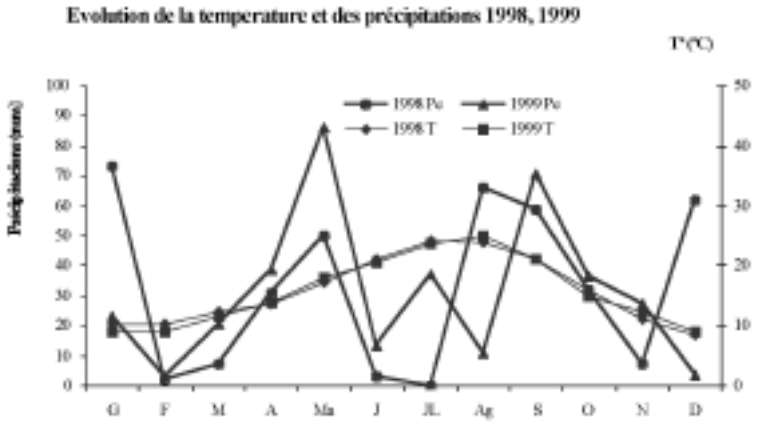


Figure 1 - Diagramme climatique. Tarragone, 1998 et 1999.

Climatic diagram. Tarragona, 1998 and 1999

tivement. Ces différences ont été observées pendant toute la saison, sauf pour les jours où il y a eu des précipitations, le 3 août et une semaine avant la vendange. Des différences entre le potentiel hydrique mesuré à l'aube et après irrigation ont été observées entre traitements au cours de toute la saison sèche de 1998. Les différences du potentiel étaient faibles mais significatives : -0.36 MPa et -0.41 MPa au début de juillet et -0.46 MPa et -0.53 MPa au début d'août, pour les ceps irrigués et non irrigués respectivement. Pour l'année 1999, on n'a pas noté de différences entre les traitements en ce qui concerne le potentiel hydrique des feuilles mesuré à l'aube au début de juillet (0.2 MPa). Par contre, les mesures à la fin du mois ont montré des différences de stress hydrique entre ceps irrigués (-0.4 MPa) et contrôle (-0.55 MPa), résultats similaires à l'année précédente pour la même période.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

Tableau III - Composition des vins. Années 1998 et 1999.

Wine composition. Vintages 1998 and 1999.

	Degré		Acidité totale		pH		IPT		IC	
	R	* NR	R	NR	R	NR	* R	* NR	* R	* NR
1998	11.77	11.72	3.95	4.49	3.79	3.91	36.5	35.9	11.8	12.1
1999	11.27	10.80	5.80	6.04	3.54	3.58	30.9	29.9	5.2	4.4

Acidité totale = exprimée en acide tartrique. Les différences significatives après les analyses ANOVA et test de Fisher ($p<0.5$) sont indiquées avec la notation * pour les différences au niveau de l'année.

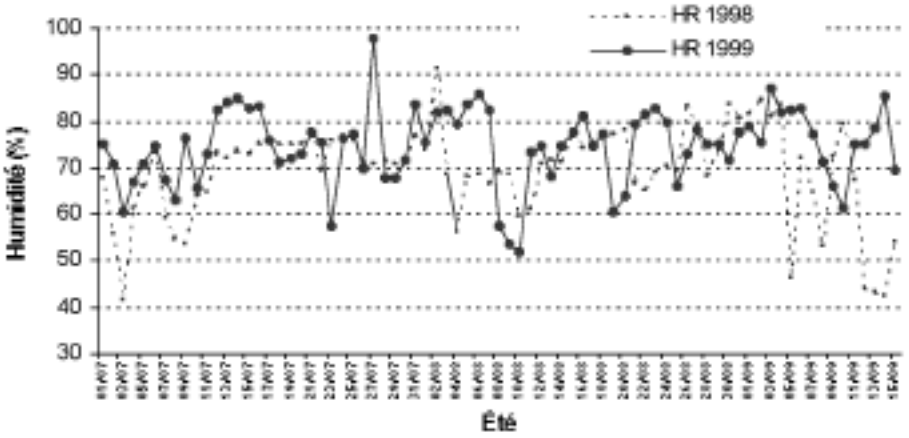


Figure 2 - Humidité relative de juillet à septembre. Tarragone, 1998 et 1999

Relative humidity from July to September. Tarragone, 1998 et 1999.

Les valeurs de transpiration et de l'eau fournie au cep par irrigation ou précipitation sont montrées dans le tableau I. Si l'on considère la transpiration par rapport à la surface foliaire totale, les ceps irrigués ont transpiré en 1998, 46 % de plus que les ceps témoins parce que les conditions de l'année, moins de précipitations au printemps, ont influencé la disponibilité de l'eau pour la plante. Par contre en 1999, les deux traitements ont augmenté la quantité d'eau transpirée tout au long de la saison et les différences entre irrigués et témoins furent de 17 %. Ces différences étaient significatives au mois d'août, période où les ceps ont commencé à être stressés. L'efficacité de l'utilisation de l'eau a toujours été plus élevée pour les vignes non irriguées (tableau I). L'efficacité en ce qui concerne l'utilisation de l'eau, c'est-à-dire, les rapports entre le rendement des raisins et le poids des sarments taillés divisé par l'eau transpirée sont plus élevés dans les ceps non irrigués.

Le tableau II montre les résultats des mesures des paramètres végétatifs. Les ceps irrigués ont eu moins de raisins exposés (1998) et une longueur supérieure des sarments (1999). La surface foliaire totale des ceps traités est augmentée de 0.43m^2 pour l'année 1998 et de 0.39m^2 le 1999 due à l'irrigation. En revanche, il n'y a pas eu de différence entre traitements pour la production des raisins par souche, le poids de 100 baies, peu pour l'indice de Ravaz, tandis que les résultats de l'expression végétative ont montré un poids plus élevé dans les ceps irrigués pour l'année 1999.

On peut aussi observer dans le tableau II des différences dues au millésime. Les précipitations pendant la période végétative en 1999 ont assuré une bonne croissance et stimulé la vigueur, comme l'indiquent les valeurs les plus élevées de la longueur des sarments, de la surface foliaire, des rendements par cep, de l'expression végétative, de l'indice de Ravaz et du poids des baies.

Le tableau III montre les résultats des analyses des vins pour les années étudiées. On n'a pas trouvé de différences statistiques significatives entre les ceps irrigués et témoins, tandis qu'il y a eu des différences interannuelles: le contenu en composés phénoliques (IPT) et l'intensité colorante (A420+ A520+ A620) ont été plus élevés pour l'année 1998.

DISCUSSION

L'irrégularité des précipitations dans la période de croissance varie substantiellement dans cette région parce qu'il y a une influence directe de la mer. Bien que la précipitation anuelle soit similaire pour les deux années (environ de 400 mm), les abondantes pluies de printemps de l'année 1999 pourraient expliquer l'augmentation de la production et de la croissance des vignes ainsi que de l'eau

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

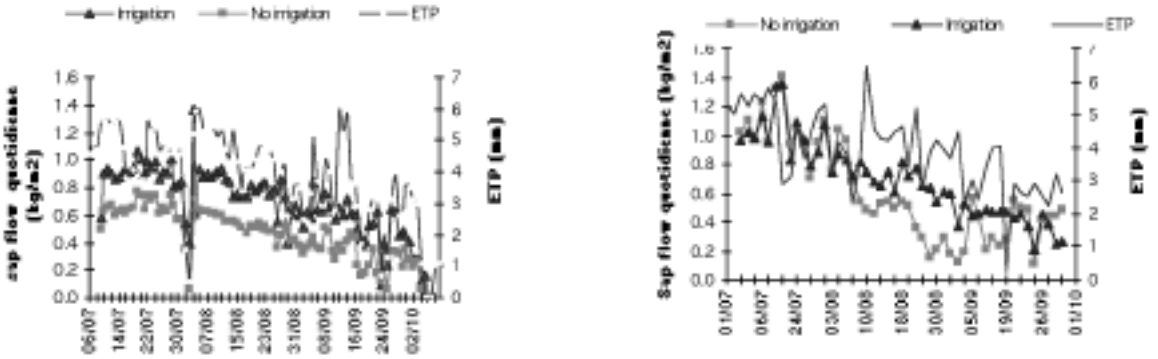


Figure 3 - Évolution du flux de sève par jour pendant l'été et de l'évapotranspiration, années 1998 (gauche) et 1999 (droite)

Daily sap flow and evapotranspiration during summer, 1998 (left), 1999 (right)

transpirée. Cependant, lors de l'année 1999, les réserves hydriques du sol étaient plus importantes, et par conséquent, les mesures de transpiration des ceps irrigués et non irrigués au début de l'été n'ont pas montré de différence entre traitements. Les valeurs de la transpiration ont été supérieures à l'année précédente et ont atteint entre 1 et 1.4 kg/m^2. D'autres auteurs ont trouvé des valeurs similaires pour la transpiration de différents cépages en Australie (EASTHAM and GRAY 1998 et GINESTAR *et al.*, 1998) et aux États-Unis (LASCANO *et al.*, 1992).

Les différences de transpiration entre ceps irrigués et témoins étaient significatives pendant la période estivale l'année 1998; en revanche pour 1999, elles l'étaient seulement au mois d'août, période où les ceps ont commencé à être stressés. La réponse des plantes à l'utilisation de l'eau fut la même pour les deux années ; les ceps non irrigués montrent une économie plus efficace de l'eau. SCHULTZ *et al.* (1996) sur du Grenache et CUEVAS *et al.* (1999) sur du Tempranillo ont observé des résultats similaires.

Les mesures du potentiel hydrique à l'aube à la fin de juillet réalisées par RODRIGUES *et al.* (2000) ont révélé plus de stress sur Tempranillo pour les traitements témoins (–0,99 Mpa) par rapport à notre étude (-0.55 MPa). Ces résultats du potentiel indiquent un stress hydrique moins sévère et ainsi pourraient être liés à la faible augmentation du rendement (environ 15 %). Les résultats obtenus par d'autres auteurs montrent des différences plus élevées : CARBONNEAU et CASTERAN (1979) ont trouvé une augmentation de 44 % de l'expression végétative et TANDONNET *et al.* (1999) de 80 % avec du Cabernet-Sauvignon également. En conséquence, ces faibles différences trouvées entre traitements semblent indiquer que les conditions du mésoclimat / sol (profondeur) qui caractérisent notre région ne sont pas trop limitantes pour les vignes.

En outre, il convient de souligner que l'influence de l'année peut être beaucoup plus importante que l'effet de l'irrigation dans ce mésoclimat. Sous l'effet interannuel, la production par cep a augmenté de 40 % l'année 1999, et les indices de Ravaz ont aussi été beaucoup plus élevés. Ces résultats révèlent en 1999 un déséquilibre des vignes par l'excès de production. De plus, les analyses de la couleur des vins ont seulement montré des différences pour l'année 1999 ce qui pourrait être expliqué par de plus grands rendements obtenus cette année-là et par une croissance plus forte des vignes.

À partir de ces résultats, on constate que dans les conditions de notre essai, l'effet de l'irrigation n'a pas montré beaucoup de différences entre les traitements à cause de l'interaction entre la précipitation et l'accumulation de l'eau dans ce sol quaternaire profond, qui donne en conséquence un effet plus important au millésime. Il est à noter cependant en 1999 une tendance à ce que l'irrigation pratiquée améliore la maturité globale de la vendange, ce que l'on pourrait expliquer par une baisse de l'Indice de Ravaz. Les résultats du potentiel hydrique foliaire de base qui ne dépassent les 0,6 MPa nous permettent de classer les vignes entre les groupes «stress léger-moyen» et «moyen-fort» selon DELOIRE *et al.* (2003). On peut conclure qu'il serait convenable, dans ces conditions, d'apporter seulement une irrigation d'appoint selon l'année à l'approche de la véraison, pour finalement garantir la qualité du vin.

CONCLUSION

Les mesures du flux de sève par la méthode de balance de chaleur ont montré une bonne correspondance avec la demande évaporative de l'atmosphère et avec l'irrigation. Par conséquent, elles représentent une bonne mesure de l'eau utilisée par les plantes. Les résultats entre 0.4 et 0.55 MPa du potentiel hydrique à l'aube ont montré peu de différence de stress hydrique, et les deux traitements ont révélé un stress moyen.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)

En relation avec les résultats obtenus au cours des années d'étude, on n'a pas constaté de différence sur la production des raisins et la qualité des vins obtenus dues à l'effet de l'irrigation. En revanche, l'effet du millésime conduit à des variations notables du rendement et de la qualité. L'année où il y a eu des précipitations pendant le cycle végétatif, les vignes ont présenté une croissance et une vigueur plus élevées, avec une diminution des composés phénoliques et de l'intensité colorante des vins. On peut envisager le rôle important de la profondeur de ce sol quaternaire à bon réservoir hydrique. Dans ce terroir, seule une irrigation qualitative d'appoint peut être envisagée. Le rôle de l'indice de Ravaz (ou mieux le rapport entre la Surface Foliaire Exposée et la production) sur la maturité montre que l'ensemble des pratiques culturales, et pas seulement l'irrigation d'appoint à l'approche de la véraison, sont à prendre en considération vis-à-vis de la qualité.

Remerciements : Nous tenons à remercier N. Rozès pour son aide dans la traduction. Financé par le projet AGL2001-1285-(03.02 AGR) du Plan Nacional CICYT (Spain).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CARBONNEAU A. et CASTERAN P., 1979. Irrigation-depressing effect on floral initiation of Cabernet Sauvignon grapevines in Bordeaux area. *Am. J. Enol. Vitic.*, **30**, 3-7.

CUEVAS E., BAEZA P., LISSARRAGUE, J.R., 1999. Effects of 4 moderate water regimes on seasonal changes in vineyard evapotranspiration and dry matter production under semi-arid conditions. *Acta Horticulturae*, **493**, 253-259.

DELOIRE, A., CARBONNEAU, A., FEDERSPIEL, B., OJEDA, H., WANG, Z., COSTANZA, P., 2003. La vigne et l'eau. *Progr. Agric.Vitic.*, **120**, n°4, 79-90.

EASTHAM, J. et GRAY S.A., 1998. A preliminary evaluation of the suitability of sap flow sensors for use in scheduling vineyard irrigation. *Am. J. Enol. Vitic.*, **49**, 171-176.

ESCALONA J.M., FLEXAS, J., MEDRANO, H., 2000. Estimation of transpiration by sap flow (Heat balance methods) in irrigated and water-stressed grapevines. *Acta Horticulturae* (ISHS), **526**, 145-156.

FLEXAS J., ESCALONA J.M., MEDRANO H., 1999. Water stress induces differents levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in grapevines. *Plant, Cell and Environment*, **22**, 39-48.

GARCÍA-ESCUDERO E., LÓPEZ R., SANTAMARÍA P., ZABALLA O., ARROYO M.C., 1997. Ensayo de riego localizado en viñedos productivos cv. Tempranillo. *Viticultura/Enologia profesional*, **50**, 35-47.

GINESTAR C., EASTHAM J., GRAY G., ILAND P., 1998. Use of Sap-Flow Sensors to Schedule Vineyard irrigation. I Effects of Post-Veraison Water Deficits on Water Relations, Vine Growth, and Yield of Shiraz Grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.*, **49**, 413-420.

KLIEWER M. and SMART, R., 1989. *Canopy manipulating for optimizing vinemicroclimate, crop yield and composition of grapes. Manipulating of fruiting*, C.J. Wright ed., London, 275-291.

LASCANO R.J., BAUMHARDT R.L., LIPE W.N., 1992. Meausurement of Water Flow in Young Grapevines Using the Stem Heat Balance Method. *Am. J. Enol. Vitic.*, **43**, 159-165.

MATTHEWS M.A. et ANDERSON M.M., 1989. Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): Responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.*, 40, 52-60.

NADAL, M. et AROLA L., 1996. Efecto de la aplicación de distintas dosis de riego sobre el crecimiento, composición de la uva y del vino en *V. vinifera* Cabernet Sauvignon. *Riegos y drenajes XXI*, Ed Elsevier, 36-41.

OIV, Office International de la vigne et du vin (1991). *Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts*, Paris, OIV.

RODRIGUES, M.L., SANTOS, T., MAROCO, J.P., CHAVES, M.M., LOPES, C., 2000. Water potential gradients in stocks of field grown grapevines and mobilization of photoassimilates to the cluster. Effects on plant water availability. *V Symposium Hispano Portugués de Relaciones Hídriques en las plantas*, Junio 2000, Alcalà de Henares (Spain), 86-90.

SAKURATANI, T., 1981. A heat balance for measuring water flow rater in intact plants with the stem heat balance method. *J. Agric. Meteor.*, **37**, 9-17.

SCHULTZ, H.R., KIEFER, W., GRUPPE, W., 1996. Photosynthetic duration, carboxylation effciency and stomatal limitation of sun and shade leaves of different ages in field-grown grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Vitis*, **37**, 169-176.

SIPIORA, M.J., 1996. Viñas de Cabernet Sauvignon. (I) Comportamiento agronómico. *Vitivinicultura*, 74-75, pp 43-46.

SMART R.E., 1974. Aspects of water relations of the grapevine (*Vitis vinifera*). *Am. J. Enol. Vitic*, **25**, 84-91.

TANDONNET J.P., OLLAT N., NEVEUX M., RENOUX J.L., 1999. Effect of three levels of water supply on the vegetative and reproductive development of Merlot and Cabernet Sauvignon grapevines. *Acta Horticulturae*, **493**, 301-307.

WILLIAMS L.E. and MATTHEWS M.A., 1990. *Grapevine. Irrigation of agricultural crops*, B.A Stewart and D.R Nielsen, Eds., Madison, Wisconsin U.S.A., 1019-1055.

©Vigne et Vin Publications Internationales (Bordeaux, France)