

ÉTUDE DU COMPORTEMENT DE LA VIGNE « DANLAS » SOUS ABRI PLASTIQUE

BEHAVIOUR STUDY OF 'DANLAS' GRAPEVINES GROWN UNDER PLASTIC COVER

A. EZZAHOUANI

Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II,
Département Horticulture, B.P. 6202 Instituts, 10101 Rabat, Maroc

Résumé : Cet essai a pour objectif l'étude du comportement du cépage à raisin de table 'Danlas' sous abri plastique, dans une région située près de la côte atlantique, réputée par ses productions précoces. Les paramètres mesurés ont concerné les conditions climatiques, le potentiel hydrique foliaire, la température radiative de surface, et les composantes de la production. L'utilisation de l'abri a provoqué une élévation de la température et du déficit de pression de vapeur, avec des écarts maximums respectifs de 5,7 °C et 1,28 kPa, enregistrés à la mi-journée. Les températures de surface enregistrées à la mi-journée pour les vignes en plein champ sont inférieures à la température ambiante, l'écart moyen est de l'ordre de 2,5 °C. Les potentiels hydriques les plus négatifs ont été enregistrés pour les vignes sous abri par rapport à celles de plein champ, avec une évolution saisonnière respective de -7,2 à -17,0 bars et de -7,0 à -14,0 bars. L'abri plastique a permis d'avancer la date de récolte de plus d'un mois. L'analyse de la récolte et du nombre de grappes par souche, ainsi que le poids des grappes n'a pas montré de différence significative. Cependant, le nombre de baies par grappe a été significativement réduit. La couverture plastique a amélioré significativement la qualité des raisins, le poids des baies et le taux des sucres ont augmenté respectivement de 2,23 g et de 1,0 °Brix, alors que l'acidité a diminué de 1,20 g/l.

Abstract : The aim of this study is to determine the behaviour of 'Danlas' grapevines conducted under plastic cover, near atlantic coast, known for its early table grape production. Measurements included climatic conditions, leaf water potential, canopy temperature and production components. The use of plastic cover resulted in an increase of midday ambient temperature and vapor pressure deficit, with a maximum of 5.7 °C and 1.28 kPa, respectively. Midday canopy temperature under field conditions were lower than ambient temperature by an average of 2.5 °C. The most negative leaf water potential values were recorded for grapevines under plastic cover relatively to field conditions, ranging from -7.2 to -17.0 bars and from -7.0 to -14.0 bars, respectively. Harvest date was advanced by more than one month after the use of plastic cover. Results showed that crop weight, cluster weight and number per vine were not significantly affected. However, the number of berries per cluster was significantly reduced. Plastic cover promoted fruit quality, berry weight and soluble solids concentration were increased by 2.23 g and 1.0 °Brix, respectively. While titratable acidity was decreased by 1.20 g/l.

Mots-clés : vigne, raisin, abri plastique, maturation, température de surface, potentiel hydrique foliaire

Key words: grapevine, grape, plastic cover, ripening, canopy temperature, leaf water potential

INTRODUCTION

La culture de la vigne sous abri plastique, au Maroc, est une technique relativement récente dont les premières tentatives ont eu lieu en 1990, dans des vignobles situés sur une région côtière, caractérisée par la production de raisin de table précoce. La culture de la vigne sous abri plastique permet d'étaler la période de disponibilité de la production sur le marché, des études menées en France ont montré que la précocité dans le cas du cépage Cardinal, peut atteindre 37 jours par rapport à la production de plein champ (ANGIBOUST, 1975). Alors qu'en Italie, la couverture plastique du

cépage Matilde, a montré un avancement de 12 à 20 jours pour le débourrement, et 8 à 22 jours pour la maturité commerciale (NOVELLO *et al.*, 2000). Ceci est dû à une augmentation de la température de 5 à 13 °C sous abri par rapport à l'air ambiant (VRYONIDE, 1976). Ces conditions ont été jugées défavorables pour le développement des parasites et ravageurs, ce qui a entraîné un nombre limité de traitements phytosanitaires (AGULHON *et al.*, 1976), et une amélioration de la qualité des grappes et des baies des cépages Cardinal, Matilde et Italia (ANTONACCI, 1993 ; VRYONIDE, 1976 ; NOVELLO *et al.*, 2000). Dans le cas du cépage Cardinal l'augmentation du poids était

de l'ordre de 8 à 13 %, par rapport au plein champ (VRYONIDE, 1976). L'emploi de la couverture plastique a augmenté le taux de solides solubles et diminué l'acidité des raisins du cépage Perlette (LAVEE, 1988). Les mêmes tendances ont été observées dans le cas des cépages Italia et Matilde (ANTONACCI, 1993). L'objectif de cet essai est d'étudier les effets de la couverture plastique sur les paramètres écobiologiques et de production des vignes du cépage Danlas.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'essai a été mené dans un vignoble privé, situé à environ 10 km de la côte atlantique, région réputée pour ses productions de raisins de table précoces, au Maroc. Le sol est peu caillouteux, à forte dominance sableuse (70 %).

Le vignoble dont une partie a été couverte par un tunnel portant un film polyéthylène de 220 microns, et composé de *Vitis vinifera* L., cépage Danlas greffé sur le porte-greffe 110R, âgé de douze ans et irrigué au goutte à goutte avec un débit de 4 l/h. Les écartements adoptés étaient de 1,5 et 3,0 mètres respectivement entre les souches et entre les lignes. Les souches taillées à quatre baguettes portant 6 à 8 bourgeons, sont conduites en « pergolette », système de palissage comprenant un piquet vertical et deux niveaux de palissage horizontal comprenant chacun deux fils de fer, le premier niveau portant les baguettes et le second portant la végétation se trouvent respectivement à 0,80 m et 1,20 m au dessus du sol.

Les paramètres écologiques ont concerné la température, l'humidité relative (HR) de l'air et le déficit de pression de vapeur (DPV). Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'un psychromètre placé à une hauteur de 2 m. Les paramètres biologiques ont porté sur la température radiative de surface mesurée en soumettant le couvert végétal à un balayage à l'aide d'un thermomètre infrarouge (type INFRADIG2010, Co.AIS), sur une bande de feuillage de 3 à 4 m de longueur à une hauteur d'environ 1,70 m (zone correspondant au palissage du feuillage). La bande de mesure doit avoir un feuillage dense et continu pour ne pas intercepter le sol et les matériaux de palissage, ce qui risque de fausser les mesures. Toutes les mesures ont été effectuées à la mi-journée, par un temps bien dégagé, le dos au soleil et thermomètre incliné à environ 30 % par rapport à l'horizontale, l'émissivité était prise égale à 1 sur l'appareil (VAN ZYL, 1986). Le second paramètre a porté sur l'état hydrique des plants, déterminé par la mesure du potentiel hydrique des feuilles (ψ_f) au moyen d'une chambre à pression de Scholander (PMS. Instrument Co., Corvallis, OR) (SCHOLANDER *et al.*, 1965). Ces mesures effectuées sur le même cou-

vert végétal considéré précédemment, ont porté sur six feuilles les plus jeunes, mais complètement développées et exposées au soleil. Ces observations effectuées, chaque semaine à la mi-journée et au cours de la journée du 31 mai 2000, ont porté sur trois lignes de 12 souches chacune. Les lignes représentant les répétitions étaient situées au milieu pour éviter les effets de bordure.

La croissance et la maturation des baies ont été suivies sur des échantillons de 20 baies. Les observations ont porté sur le poids des baies et leurs taux des sucres, mesurés à l'aide d'un réfractomètre numérique. A la maturité, on a déterminé la production, le nombre de grappes par souche et le poids moyen des grappes. Le poids des baies a été déterminé sur un échantillon de 100 baies par répétition, le jus extrait à partir de ces échantillons, a été utilisé pour la détermination de l'indice réfractométrique, le pH et l'acidité totale par titration à l'aide d'une solution à base de soude (0,133 N). L'indice de maturité a été calculé en divisant l'indice réfractométrique par l'acidité totale.

RÉSULTATS

Les précipitations enregistrées, l'année de l'expérimentation, du débourrement jusqu'à la récolte, sont de l'ordre de 73 mm et sont concentrées pendant les mois d'avril et mai, avec respectivement 68 et 5 mm. Le mois d'avril a été particulièrement pluvieux, pendant la première décennie où on a enregistré 45 mm, représentant plus de 60 % du total des pluies durant toute la période végétative. Ces précipitations ont coïncidé avec les stades bouton floral et début de grossissement des baies (diamètre moyen : 0,5 cm), respectivement pour les vignes en plein-champ et sous serre. Notons toutefois que les vignes sous serre n'ont pas profité directement de ces précipitations comme c'est le cas des vignes en plein-champ.

Le suivi des températures de la mi-journée, montre que les valeurs enregistrées au niveau de la serre sont proportionnelles mais supérieures à celles de plein-champ (figure 1). Les écarts varient de 0,7 à 5,7 °C, en fonction du niveau d'aération de la serre. En effet pour éviter le surchauffement de la serre, on procède à l'ouverture des fenêtres d'aération. Le calcul du DPV. montre que celui-ci varie dans le même sens que les températures avec un écart maximum, de l'ordre de 1,28 kPa, enregistré le 31 mai (figure 2).

Les observations effectuées sur la plante montrent que les températures radiatives de surface mesurées en plein champ et sous abri varient en parallèle (figure 3). Pour les vignes en plein-champ, les températures foliaires sont nettement inférieures aux températures ambiantes, ce qui pourrait être dû à l'effet évaporatif

de l'eau entraînant le refroidissement des feuilles. Le cumul de tous les écarts, entre la température ambiante et celle de surface, est de 31,3 °C pour les douze mesures réalisées, soit un écart moyen d'environ 2,5 °C pour chaque mesure. Pour les vignes sous abri plastique, les températures foliaires dépassent souvent les températures ambiantes dans la serre, ceci pourrait être expliqué par le fait que les mesures radio-thermométriques sont surévaluées car elles intègrent aussi le rayonnement dû à l'effet de serre.

Concernant le ψ_f de la mi-journée, on remarque qu'il diminue au cours de la saison, de -7 (15 mars) à -14 bars (8 juillet) pour les vignes en plein champ et de -7,2 (15 mars) à -17 bars (14 juin) pour les vignes sous abri. Les ψ_f enregistrés sous serre sont nettement plus négatifs, que ceux enregistrés en plein-champ.

Le suivi journalier des différents paramètres du lever au coucher du soleil, effectué le 31 mai a coïncidé avec les stades I et III du développement des baies, respectivement pour les vignes en plein-champ et celles sous abri (figure 4). D'une manière générale la température et le DPV. varient en parallèle sous abri et en plein-champ. Au lever du soleil, les températures à l'intérieur et à l'extérieur de l'abri sont similaires, de l'ordre de 19,5 °C. Après le lever du soleil, les températures sous abri ont dépassé celles de plein-champ avec un écart maximum de l'ordre de 4,4 °C atteint à midi, ensuite cet écart a commencé à diminuer avec le coucher du soleil. La même tendance a été aussi observée pour les mesures du DPV. dont l'écart maximum enregistré à midi, était de l'ordre de 1,28 kPa.

Les observations réalisées sur la plante au lever du soleil montrent des valeurs similaires à l'intérieur et à l'extérieur de l'abri, aussi bien pour les températures de surface que pour les potentiels hydriques de base (figure 5). Après le lever du soleil, les températures de surface et les potentiels hydriques pour les vignes sous abri ont dépassé ceux de plein-champ. Cette évolution parallèle a été conservée jusqu'au coucher du soleil. L'écart maximum pour la température de surface, enregistré à midi, était de l'ordre de 9 °C, alors que pour le

ψ_f cet écart a atteint un plafond absolu de l'ordre de 3 bars à partir de midi jusqu'au coucher du soleil.

La croissance des baies suit une courbe normale en double sigmoïdes, s'étendant du 6 avril au 7 juin pour les vignes sous serre, et du 10 Mai au 8 juillet pour les vignes en plein-champ (figure 6). L'accumulation des sucres dans les baies a atteint la valeur de 3 °Brix, le 20 avril et le 25 mai, respectivement, sous abri et en plein-champ (figure 7). Ceci correspond à un décalage dépassant un mois aussi bien pour la croissance que pour la maturation des baies.

L'analyse de la récolte et du nombre de grappes par souche, ainsi que le poids des grappes n'a pas montré de différence significative, alors que le nombre de baies par grappe a été significativement réduit pour les vignes sous abri (tableau I). Les caractéristiques qualitatives ont été améliorées d'une manière significative, ce qui a abouti à une précocité et une qualité supérieure des raisins produits sous abri, récoltés à partir du 7 juin, alors qu'en plein-champ la récolte a débuté le 8 juillet (tableau II). Les observations effectuées lors de la récolte ont montré que le poids moyen des baies était de 6,17 g sous abri contre 3,94 g en plein champ. L'analyse des paramètres de maturité des raisins, a montré un indice réfractométrique de 14,5 °Brix sous abri contre 13,5 °Brix en plein-champ, alors que l'acidité totale était de l'ordre de 4,3 g/l de jus pour les raisins sous abri contre 5,5 g/l de jus pour les raisins en plein-champ. Ceci reflète la précocité des raisins produits sous abri avec un indice de maturité de 33,7 contre 24,5 pour les raisins de plein-champ.

DISCUSSION

La superficie du vignoble sous abri plastique au Maroc, ne cesse d'augmenter à cause des bénéfices importants dégagés par ce type de culture. En effet, les raisins produits sous abri se caractérisent d'abord par leur précocité et aussi par leur qualité supérieure par rapport aux raisins de plein-champ. Malgré les frais prohibitifs d'installation de la couverture plastique, les prix de vente des raisins sous abri sont six fois supérieurs à ceux des raisins de plein-champ. Un certain

Tableau I - Les composantes de la production des vignes du cépage « Danlas » sous abri plastique et en plein-champ, récoltées respectivement le 7 juin et le 8 juillet 2000.

Yield components of « Danlas » grapevines, under plastic cover and in open field harvested on June 7 and July 8, 2000, respectively.

	Production (kg/souche)	Nombre de grappes/souche	Poids d'une grappe (g)	Nombre de baies/grappe	Poids unitaire des baies (g)
Abri	10,2	24	425	82 b	6,17 a
Champ	10,3	25	412	101 a	3,94 b

y: Les moyennes suivies de lettres différentes au sein de la même colonne sont significativement différentes par le test de Duncan au risque d'erreur de 5 p. 100.

y: Means followed by a different letter within a column are significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test.

Tableau II - Caractéristiques des raisins du cépage 'Danlas' sous abri plastique et en plein-champ, récoltés respectivement le 7 juin et le 8 juillet 2000.

Fruit characteristics of 'Danlas' grapevines, under plastic cover and 1 in open field harvested on June 7 and July 8, 2000, respectively.

	Indice réfracto-métrique (°Brix)	Teneur en acide (g/l)	Indice de maturité	pH
Abri	14,5 a ^y	4,3 b	33,7 a	3,22 a
Champ	13,5 b	5,5 a	24.5 b	3,08 b

y: Les moyennes suivies de lettres différentes au sein de la même colonne sont significativement différentes par le test de Duncan au risque d'erreur de 5 p. 100.

y: Means followed by a different letter within a column are significantly different at the 5 % level using Duncan's multiple range test.

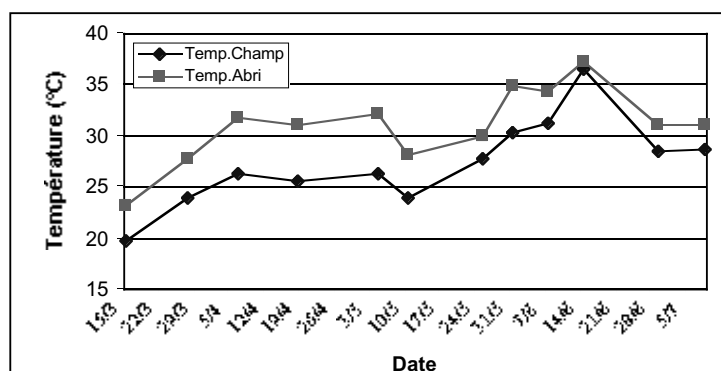


Fig. 1 - Évolution de la température ambiante en plein-champ et sous abri plastique pendant la période végétative de la vigne Danlas.

Evolution of ambient temperature in the field and under plastic cover during vegetative growth of Danlas grapevines.

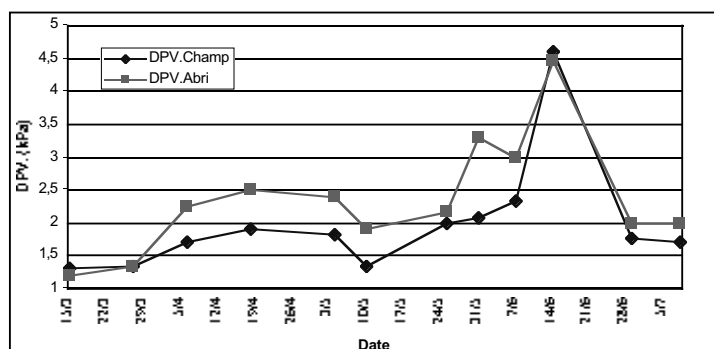


Fig. 2 - Evolution du déficit de pression de vapeur en plein-champ et sous abri plastique pendant la période végétative de la vigne Danlas.

Evolution of vapor pressure deficit in the field and under plastic cover during vegetative growth of Danlas.

nombre de problèmes restent, cependant posés, telle que la maîtrise du climat à l'intérieur de la serre.

Au cours de cette étude, les températures de la mi-journée enregistrées à l'extérieur et à l'intérieur de la serre ont évolué de façon parallèle avec un coefficient de corrélation de 0,94, et ont varié, respectivement, de 19,8 à 36,5 °C, et de 23,3 à 37,2 °C. Les écarts de tem-

pérature, de l'ordre de 0,7 à 5,7 °C, dépendent de la fréquence d'aération de la serre. Des études ont montré que les températures foliaires optimales pour la photosynthèse de la vigne en plein-champ se situent entre 25 °C et 30 °C (KRIEDEMANN, 1968). Les températures maximales, dépassant 35 °C ont été enregistrées le mi-juin, coïncidant avec le stade de grossissement des baies en plein-champ, et le stade pot-récolte pour les vignes sous abri. Les mêmes tendances ont été enregistrées pour l'évolution du DPV, considéré comme indicateur du pouvoir évaporatif. En effet des coefficients de corrélation positifs et significatifs de l'ordre de 0,92 et 0,85 ont été établis respectivement à l'intérieur et à l'extérieur de la serre, entre le DPV et la température.

L'écart du DPV enregistré entre l'extérieur et l'intérieur de la serre montre que les conditions sous abri sont relativement plus stressantes. Ceci s'est manifesté par des ψ_f plus négatifs pour les vignes sous abri. D'autre part, des coefficients de corrélation négatifs, de l'ordre de -0,47 et -0,81, respectivement sous abri et en plein-champ, ont été établis entre le ψ_f et le DPV. Les ψ_f des vignes sous serre sont restés fixés à -10 bars dès le 27 mars (nouaison), et ont dépassé largement cette valeur à partir du 25 mai (post véraison), alors que pour les vignes en plein-champ, le seuil de -10 bars n'a pas été atteint avant le 31 mai (post nouaison). Des études ont montré que le ψ_f diminue au cours de la saison aussi bien pour les vignes irriguées chaque jour que pour celles irriguées chaque semaine (WILLIAMS et MATTHEWS, 1990). Cependant, le ψ_f devrait rester relativement stable après la véraison si les apports hydriques répondent aux besoins d'évapotranspiration du vignoble (GRIMES et WILLIAMS, 1990). Ainsi toute diminution du ψ_f après ce stade devrait être associée à un déficit hydrique au niveau du sol ou à une demande climatique accrue. Ceci a été démontré dans une étude où le cépage Thompson Seedless a été soumis à une irrigation déficitaire, cependant le ψ_f n'a jamais dépassé le seuil de -10 bars (GRIMES et WILLIAMS, 1990).

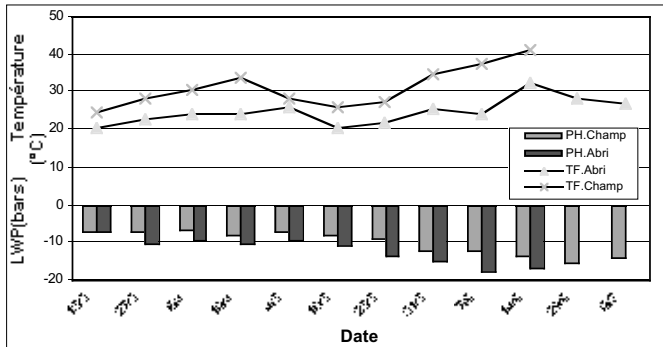


Fig. 3 - Évolution saisonnière du potentiel hydrique (PH) et de la température des feuilles (TF) des vignes Danlas (plein-champ et abri plastique).

Seasonal trend of leaf water potential and canopy temperature of Danlas grapevines (field vs. plastic cover).

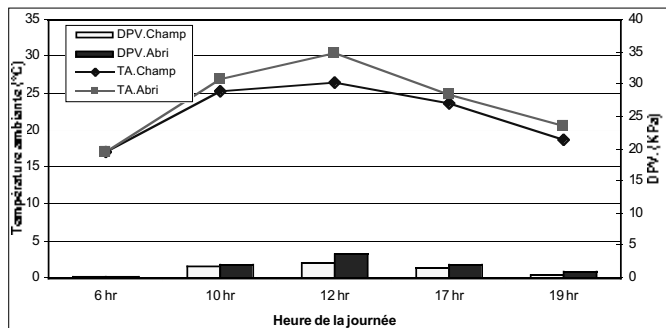


Fig. 4 - Évolution journalière de la température ambiante et du DPV. pour la journée du 31 mai 2001 (champ et sous abri).

Diurnal trend of ambient temperature and VPD on May 31, 2000 (field vs. plastic cover)

L'utilisation de l'abri plastique a permis une précocité de maturité des raisins Danlas, de l'ordre de 1 mois dans cette localité. Ces résultats sont proches de ceux obtenus en Italie, qui ont rapporté une précocité de 22 jours pour le cépage Matilde à la suite de l'utilisation de la couverture plastique (NOVELLO *et al.*, 2000). La croissance des baies s'est étendue sur une période de deux mois aussi bien pour les vignes sous abri que pour les vignes en plein-champ. Cependant on remarque que la vitesse de croissance des baies sous abri était presque le double de celle des vignes en plein-champ, avec respectivement 0,10 et 0,06 g/jour. Ceci peut être dû d'une part à l'augmentation des températures engendrée par l'utilisation de l'abri et d'autre part au nombre de baies par grappe relativement inférieur sous abri. En effet, la couverture plastique des vignes a été accompagnée d'une diminution du nombre de baies par grappe d'environ 19 %. Des études ont montré que les températures élevées, de l'ordre de 40 °C réduisent ou inhibent complètement la pollinisation et la fécondation des ovules (WINKLER *et al.*, 1974). D'autre part, les observations effectuées ont montré que le rayonnement solaire reçu à l'intérieur de la serre correspond à environ 66 % du rayonnement ambiant (données non reportées). Ces conditions ont contribué à la formation de rameaux avec des feuilles plus larges et des entre-nœuds plus longs par rapport aux plants de plein-champ. Ces mêmes observations ont été faites sur les cépages MATILDE et BIG PERLON sous abri plastique (DE PALMA *et al.*, 1999). De même les grappes obtenues en plein-champ étaient compactes alors que celles obtenues sous abri étaient moins compactes avec des baies plus grandes et par conséquent une meilleure qualité commerciale.

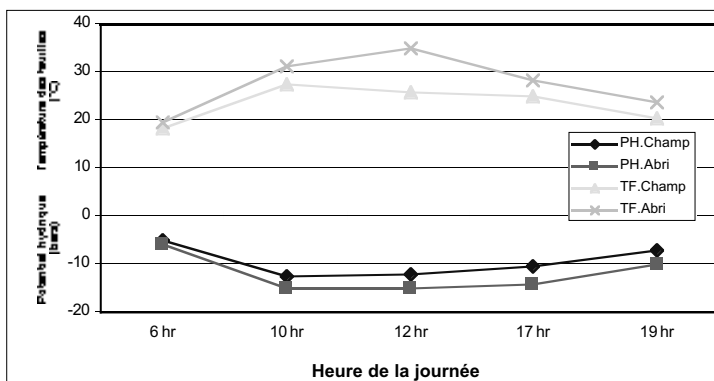


Fig. 5 - Évolution journalière (31 mai) du potentiel hydrique et de la température des feuilles des vignes Danlas (champ et sous abri).

Diurnal trend (May 31) of leaf water potential and canopy temperature of Danlas grapevines (field vs. plastic cover).

Malgré le décalage de la date de récolte enregistrée entre les raisins sous abri et les raisins de plein champ, ces derniers ont un taux des sucres relativement faible (13,5 °Brix) et une acidité supérieure (5,5 g/l) à la récolte. Ceci peut être expliqué par le fait que les raisins ont été récoltés bien avant complète maturité, ce qui s'est traduit par un poids des baies et un indice de maturité, aussi faibles. Ces résultats montrent que le nombre de jours exigés pour la maturation du raisin est plus élevé en plein champ par rapport au sous abri. Ces résultats, en accord avec ceux rapportés pour le cépage Cardinal, ont été expliqués par la somme thermique nécessaire pour la maturation du raisin, qui peut être obtenue dans une période plus courte sous abri (VRYONIDE, 1976).

CONCLUSION

Cette étude montre que l'utilisation de l'abri plastique agit directement par l'avancement de la maturité des raisins, et indirectement par l'amélioration de la qualité de la production. Ces effets constituent des atouts

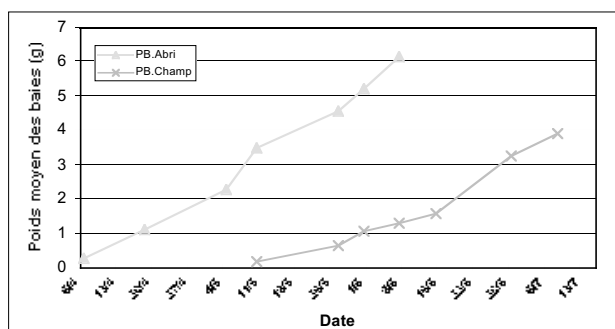


Fig. 6 - Évolution du poids des baies du cépage Danlas en plein-champ et sous abri.

Berry weight increase of Danlas grapevines (field vs. Plastic cover).

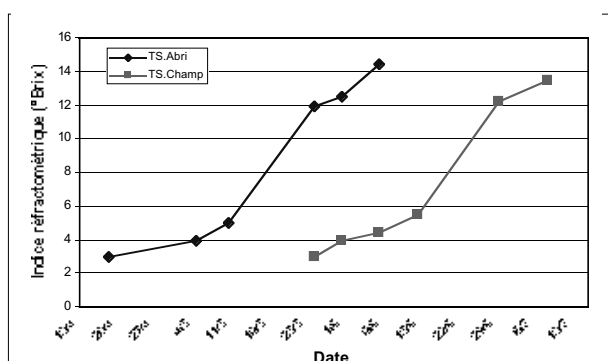


Fig. 7 - Evolution de la concentration en sucres solubles dans les baies du cépage Danlas en plein-champ et sous abri.

Soluble solids concentration accumulation in Danlas berries (field vs. Plastic cover).

pour la réalisation de bénéfices importants par les viticulteurs pratiquant ce type de culture, malgré les frais d'installation relativement onéreux. D'autre part cette technique a permis d'enrichir le profil variétal des raisins précoces, jadis limité aux variétés « Cardinal » et « Perlette ». Cependant, la question qui demeure posée jusqu'à présent, c'est la capacité relativement limitée du marché national à absorber ce type de production à cause des prix de vente élevés par rapport au pouvoir d'achat. Pour remédier à ce problème, les viticulteurs marocains se trouvent dans l'obligation de prospecter des marchés pour l'exportation de leur produit.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGULHON R., RZIER J.P., LAURENT J.C., GAGNE R., et PAYAN J.J., 1976. Couvertures plastiques des vignes de raisins de table. *Vignes et Vins*, **261**, 26-31.
- ANGIBOUST A., 1975. Semi forçage de la vigne de table sous abri plastique : une technique nouvelle pleine d'intérêt. *Arboriculture fruitière*, **256**, 29-33.
- ANTONACCI D., 1993. Comportamento produttivo di nové cultivar di uve da tavola coltivate in ambiente protetto. *VigneVini*, **1-2**, 53-62.
- DE PALMA L., NOVELLO V. and TARRICONE L., 1999. Changes of solar radiation and air CO₂ concentration: effects on ecophysiological activity, vine growth and production in table grape grown under protected conditions. *Proc. GESCO 11th Meeting, Marsala, Italy, 6-12 June*, 711-717.
- DIORENZO R., GIUFFRIDA S., FERRANTE S. and COLLESANO G., 1999. Study on vegetative and productive behaviour of table grape cv. 'Matilde' under greenhouse. *Proc. GESCO 11th Meeting, Marsala, Italy, 6-12 June*, 744-750.
- GRIMES D.W. and WILLIAMS L.E., 1990. Irrigation effects on plant water relations and productivity of Thompson Seedless grapevines. *Crop Sci.*, **30**, 255-260.
- KRIEDEMANN P.E., 1968. Photosynthesis in vine leaves as a function of light intensity, temperature, and leaf age. *Vitis*, **7**, 213-220.
- LAVEE S., 1988. Quality of grapevine fruit in protected culture - Parameters and problems. *Applied Agricultural Research*, **3**, 288-292.
- NOVELLO V., DE PALMA L., TARRICONE L. and VOX G., 2000. Effects of different plastic sheet coverings on microclimate and berry ripening of table grape cv 'Matilde'. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **34**, 49-55.
- SCHOLANDER P.F., HAMMEL H.T., BRADSTREET E.D. Hemmingsen E.A., 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science*, **148**, 339-346.
- VAN ZYL J.L., 1986. Canopy temperature as a water indicator in vines. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, **7**, 53-60.
- VRYONIDES Ph., 1976. Nouvelles acquisitions en matière de culture de raisins de table : culture du Cardinal sous matière plastique. *Bull. OIV.*, **49**, 965-678.
- WILLIAMS L.E. and MATTHEWS M.A., 1990. Grapevine. In. *Irrigation of Agricultural Crops* (ed. B.J. Stewart and D.R. Nielson) pp. 1019-55. Agronomy Monographs, ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI. n°30.

Manuscrit reçu le 27 février 2003 ; accepté pour publication le 7 mai 2003