

La solarisation de la vigne en production de raisin de table

Impact qualitatif et influence de l'orientation des grappes

François-Xavier Sauvage
Philippe Abbal
Martine Pradal
Jean-Pierre Robin*

Laboratoire de biochimie
métabolique et technologie,
Institut supérieur de la vigne
et du vin, IPV-Inra,
34060 Montpellier, France

Solarizing table grape vineyards. Its qualitative impact and the influence of the grape orientation.

Abstract — Introduction. The technique of vine solarization, which consists in covering the soil with reflective materials, reflects a minimum of 20% of solar radiation onto the plant and its fruit. This technique has been field tested on two varieties of table grapes trained to the 'lyre' system: the Hamburg muscat grapes and the Italia. **Materials and methods.** A specially designed reflective material was placed so as to cover the soil in between each row of stocks, when the berries were not bigger than peas. The parameters analyzed in situ for this experiment were the surface temperature and the colour of the berries in the system $L^* a^* b^*$. Moreover the firmness of the berries and all the usual oenological parameters such as pH, sugars, acidity were measured in the laboratory as well as the concentration in polyphenols, anthocyanins, free amino acids and aromatic compounds. These measures were followed by grape tasting and statistical analyses performed according to the Student test. **Results.** The berries of the solarized grapes are generally larger and their content in sugars and free amino acids is higher. They are also not as acidic. Also, solarization modifies the pigmentation of the berries and the color seems more homogeneous. The composition of the grapes in free aromatic compounds reinforces the grapes 'muscat' typicity which can be easily detected when tasted. Significant differences were noticed due to the grapes natural orientation which in turn depends on the row orientation. These differences, however, did not affect the tendency of improved quality for the solarized grapes. **Conclusion.** Vine solarization appears to be a simple technique for improving the productivity and the quality of table grapes. (© Elsevier, Paris)

dessert grapes / soil solarization / row orientation / light / qualitative analysis / organoleptic analysis

La solarisation de la vigne en production de raisin de table. Impact qualitatif et influence de l'orientation des grappes.

Résumé — Introduction. La technique de solarisation de la vigne par usage de revêtements de sol réfléchissants, qui permet de renvoyer au minimum 20 % du rayonnement solaire sur la plante et ses fruits, a été essayée en plein champ sur deux variétés de raisins de table conduits en lyre : le muscat de Hambourg et l'Italia. **Matériel et méthodes.** Un tissu réfléchissant spécialement conçu a été installé au sol, de part et d'autre des rangs de souches, les baies se trouvant au stade « petit pois ». Les paramètres analysés ont été la température de surface et la couleur dans le système $L^* a^* b^*$ pour les baies in situ ; par ailleurs, les mesures de la fermeté et des paramètres œnologiques classiques (pH, sucres, acidité), ainsi que l'estimation des concentrations en polyphénols et anthocyanes, en acides aminés et en composés aromatiques libres ont été effectuées en laboratoire. Ces mesures ont été complétées par une dégustation des raisins et des analyses statistiques par test de Student. **Résultats.** Les baies des raisins solarisés ont été en général plus grosses et plus riches en sucres et en acides aminés libres. Elles ont aussi été moins acides. La solarisation modifie la pigmentation des baies et la couleur apparaît plus homogène. La composition en arômes libres indique que la typicité muscat se trouve renforcée, ce qui est significativement détecté par dégustation. Des différences liées à l'exposition naturelle des grappes, exposition qui dépend elle-même de l'orientation des rangs, ont été significativement observées. Cependant, celles-ci ne modifient pas la tendance vers une amélioration de la qualité des raisins solarisés. **Conclusion.** La technique de solarisation apparaît être une technique simple pour améliorer la productivité et la qualité du raisin de table. (© Elsevier, Paris)

raisin de table / solarisation du sol / orientation des rangs / lumière / analyse qualitative / analyse organoleptique

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 23 décembre 1997

Accepté le 24 avril 1998

Fruits, 1998, vol. 53, p. 421-436

© Elsevier, Paris

RESUMEN ESPAÑOL, p. 436

1. introduction

Des essais menés sur le raisin de cuve [1, 2] ont montré que la technique de solarisation artificielle de la vigne, qui consiste à renvoyer une fraction du rayonnement solaire sur les parties inférieures de la canopée à l'aide de revêtements réfléchissants installés sous les souches, se traduisait généralement par une amélioration sensible de la qualité des moûts et des vins qui en étaient issus. La technique aurait notamment un impact positif sur la productivité, la teneur en sucres et la composition en polyphénols des baies à la vendange. Le présent article rapporte les résultats obtenus à la suite d'essais de cette technique, réalisés durant la campagne 1997, sur deux variétés de raisin de table.

2. mise en œuvre expérimentale

Les essais ont porté sur deux variétés : le muscat de Hambourg et l'Italia. Les plants, installés sur une même parcelle du domaine expérimental de la Sica La Tapy, près de Carpentras (France), sont conduits en lyre ouverte (distance entre souches : 1,30 m ; écartement entre rangs : 3 m) sur des rangs orientés nord-sud.

Le 25 juin, les grappes étant, selon la terminologie de Baggiolini, au stade dit « grappe fermée », un rang de 46 souches de chacune des deux variétés a été équipé du revêtement de solarisation Vitexsol® (MDB Texinov, 38358, Saint-Didier-de-la-Tour, France). Pour cela, des lais de 50 cm de large ont été déroulés sur le sol, de chaque côté du rang. Grâce à sa structure en minifacettes réfléchissantes (1 cm × 3 mm), ce matériau a la propriété de réfléchir le rayonnement solaire, depuis l'ultraviolet jusqu'à l'infrarouge thermique, d'une manière multidirectionnelle. Dans le cas présent, où les plants sont conduits en lyre, le bord intérieur de chaque lai a été disposé à environ 40 cm de la ligne formée par les troncs des souches. Le revêtement a été fixé très facilement au sol par de petits crochets métalliques et a été démonté après la vendange.

Sur la même parcelle et pour chacun des deux cépages, le rang parallèle décalé de 1 à droite ou à gauche (rang $n \pm 2$), comportant le même nombre de souches, a été considéré comme rang témoin.

2.1. dates de récolte et échantillonnage

Pour le muscat de Hambourg, des mesures in situ accompagnées d'un prélèvement ont été réalisées le 19 août, au moment de la maturité commerciale décidée par la Sica sur la base d'analyses effectuées sur raisins témoins.

Pour le raisin Italia, des mesures in situ et un prélèvement ont également été réalisés à cette même date mais, cette variété étant plus tardive, ils ont été renouvelés le 4 septembre lorsque le raisin s'est trouvé à maturité.

Chaque échantillonnage a porté sur une centaine de baies qui ont été analysées au laboratoire de Montpellier. Les baies ont été prélevées, par ciselage au niveau du bourrelet, dans la zone moyenne d'environ 100 grappes réparties sur toute la longueur des rangs solarisés et témoins et sur chacun des côtés de ceux-ci pour tenir compte de l'exposition des deux branches de la lyre. L'orientation des rangs étant nord-sud, les faces est et ouest ont été considérées séparément, tant pour le rang « solarisé » que pour le rang témoin.

Une dégustation a été réalisée le 6 septembre, sur les raisins Italia, à partir de 10 grappes prélevées sur chacun des rangs solarisé et témoin (5 grappes pour chacune des orientations). Les échantillons mis en dégustation ont été préparés au laboratoire selon le mode préconisé par Flanzy et al. [3].

2.2. paramètres mesurés et analyse statistique

Diverses mesures ou analyses ont été effectuées pour discriminer, par rapport aux témoins, les effets de la solarisation sur les caractéristiques des raisins. La

signification statistique des résultats, lorsque les mesures ont porté sur tous les individus des échantillons (mesures in situ en particulier), a été examinée par le test de Student, à l'aide du logiciel Statistica sous Windows.

2.2.1. paramètres physiques

La température de surface d'une centaine de baies solarisées et témoins du muscat de Hambourg prises chacune dans la zone médiane de 100 grappes réparties tout le long des rangs, côté est et côté ouest, a été mesurée in situ le 19 août, à l'aide d'un radio thermomètre IR (Cole-Parmer Instrument Company, Vernon Hills, III, États-Unis) dans les conditions utilisées par Igounet et al. [4].

La couleur des baies a été mesurée à l'aide d'un chromamètre Minolta™ CR 200. Par flashage à l'aide d'une lampe xénon, cet appareil permet la mesure de la couleur des baies dans tout le spectre visible, dans un système de couleur non linéaire dont les variables L , a^* et b^* décrivent un espace à trois dimensions. L'axe vertical représente la clarté L (luminance) depuis l'opaque (0) jusqu'à la transparence complète (+ 100), tandis que, sur le cercle des teintes, a^* et b^* caractérisent respectivement la couleur entre le vert (– 60) et le rouge (+ 60), et entre le bleu (– 60) et le jaune (+ 60). La saturation de la couleur C (Chroma) est donnée par $\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$; elle varie du lumineux (100) au terne (0). La teinte est caractérisée par son angle H_o (Hue) donné par $\arctan(b^*/a^*)$ et exprimé en degrés; cet angle varie donc dans le cercle des teintes entre -180° et $+180^\circ$. Les trois variables L , a^* et b^* sont directement liées à la perception visuelle des couleurs et leur usage est recommandé par la commission internationale de l'éclairage. Dans le cas du raisin Syrah, Robin et al. [5] ont démontré que la maturité était d'autant plus avancée que l'angle de teinte (H) était plus faible; par ailleurs, l'analyse du sens d'évolution des paramètres a^* et b^* (a et b dans la suite du texte) après véraison peut renseigner sur le sens de variation de la concentration en pigments et copigments anthocyaniques, la valeur de la clarté étant considérée comme inversement proportionnelle

à leur concentration totale [6]. Il en est de même pour la saturation qui évolue de façon très voisine à la clarté pendant la maturation [5].

La couleur de 40 à 75 baies prises chacune dans la zone médiane de 40 à 75 grappes réparties tout le long des rangs solarisé et témoin, côté est et côté ouest, a ainsi été mesurée le 19 août à la fois pour le muscat de Hambourg et l'Italia et le 4 septembre pour l'Italia uniquement.

Les caractéristiques mécaniques d'environ 100 baies de muscat de Hambourg prélevées le 19 août ont été déterminées au laboratoire à l'aide du rhéomètre Pénélaup® (Sérisud, Saint-Clément-de-Rivière, 34 980, France). L'incidence de la solarisation et de l'exposition a notamment été examinée vis-à-vis du paramètre F10/X10 qui caractérise la fermeté des baies au début de leur déformation [7].

2.2.2. paramètres biochimiques

Les paramètres œnologiques ont été déterminés de manière classique sur les moûts obtenus par broyage des baies au mixeur et centrifugation [8]. La concentration en sucres a été mesurée par réfractométrie et exprimée en $g \cdot L^{-1}$ de moût. L'acidité totale mesurée par titration jusqu'à pH 7 – ou jusqu'à pH 8 pour les baies ayant été congelées – a été exprimée en g d' H_2SO_4 par litre de moût.

La composition en pigments polyphénoliques a été estimée à partir des densités optiques (DO) des moûts, mesurées par spectrophotométrie à 280, 420, 520 et 620 nm. La DO à 280 nm (sur moût dilué 100 fois) est considérée [9] comme un indice reflétant le pool polyphénolique total (IPT). La valeur de cette DO permet d'estimer la teneur en polyphénols totaux (PT) exprimée en g d'acide gallique par litre de moût. La somme des DO à 420 (jaune), 520 (rouge) et 620 nm (mauve) caractérise la couleur des moûts (IC) [10]. Les contributions respectives des différentes DO à la couleur sont exprimées en pourcentage de la somme des DO. La teinte des moûts est représentée par le rapport $DO_{420 \text{ nm}} / DO_{520 \text{ nm}}$ [11].

La concentration en anthocyanes et en polymères associés [12] a été mesurée sur les moûts obtenus par broyage des baies épépinées, par la méthode de décoloration au bisulfite [13], et exprimée en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Les concentrations en acides aminés libres des moûts ont été mesurées par chromatographie liquide à haute performance (CLHP) d'échange d'ions (Biochrom 20, Pharmacia) [14, 15] ; elles sont exprimées en $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Les composés d'arômes des baies ont été préalablement extraits et fixés sur résine Amberlite XAD-2 [16]. Ils ont été ensuite analysés par chromatographie en phase gazeuse (CPG) dans les conditions décrites par Voirin et al. [17].

2.2.3. dégustation des raisins

Pour simplifier la dégustation, chaque échantillon a été réalisé de façon à contenir autant de baies issues des côtés est que de baies issues des côtés ouest des rangs. Un échantillon solarisé et un échantillon témoin des raisins Italia récoltés le 4 septembre ont été présentés à un jury composé de 38 personnes non spécialement formées à ce type de dégustation. Trois paramètres physiques (homogénéité de couleur, homogénéité de taille, aspect visuel global), trois paramètres gustatifs (sucrosité, acidité, intensité muscat) et une note d'ensemble ont été notés sur une échelle de 0 à 5. Les fiches de dégustation ont été traitées à l'aide du système ULISI[®] (Sérisud, 34980 Saint-Clément-de-Rivière, France) qui permet leur saisie automatique et le traitement statistique des résultats de dégustation.

3. résultats

3.1. caractéristiques physiques

3.1.1. température

Pour une exposition donnée, les températures de surface des baies de grappes solarisées, mesurées lors d'une journée moyennement ensoleillée, ne sont pas

significativement différentes de celles des grappes témoins (*tableau I*). En revanche, l'exposition ouest ou est influe sur les températures mesurées aussi bien sur les grappes solarisées que sur celles non solarisées ; les différences de 1,36 et 0,77 °C obtenues, respectivement, pour les baies solarisées et pour les baies témoins sont très significatives, les baies exposées à l'ouest étant toujours les plus chaudes. Ces résultats peuvent être extrapolés à l'ensemble des journées ensoleillées de la période de maturation. À noter que les écarts de température journalière les plus importants (de 1,5 à 2 °C) entre baies solarisées et baies témoins ont été observés sans distinction liée à l'exposition [1].

3.1.2. coloration

La solarisation modifie sensiblement la couleur des baies du muscat de Hambourg (*tableau II*). En particulier, les valeurs plus faibles de l'angle de teinte (H) mesurées dans le cas des baies solarisées indiquent une avance significative de la maturation par rapport aux baies témoins, quelle que soit l'orientation des grappes. Par ailleurs, la valeur de la teinte est plus faible pour les baies du côté est, qu'elles soient solarisées ou non ; il y aurait donc une avance de la maturation pour le bras de la lyre orienté vers l'est. L'analyse statistique montre cependant que les écarts sur les valeurs moyennes de la teinte, liés à l'orientation des grappes, ne sont pas significatifs. Seul le paramètre saturation (C) permet de discriminer de façon significative, au seuil de 10 %, l'effet de l'orientation, uniquement pour les souches solarisées.

L'examen des valeurs *a* et *b* indique que, pour le muscat de Hambourg, la solarisation se traduit par moins de rouge et plus de bleu pour les baies orientées à l'ouest et par moins de rouge avec un peu moins de bleu pour celles orientées à l'Est.

Le fait que les écarts types soient généralement plus faibles sur les moyennes correspondant aux baies solarisées suggère que la technique de solarisation permet d'obtenir des baies de coloration plus homogène.

Tableau I.

Mesures in situ de la température de surface des baies de muscat de Hambourg à maturité (le 19 août), en fonction de la présence ou non d'un revêtement de solarisation placé sur le sol et de l'orientation, ouest ou est, des grappes. Vers 14 h, heure locale, la température ambiante sous abri était, ce jour là, de 33 °C et le rayonnement global de 2 413 J·cm⁻².

a) Moyennes et écarts types

Traitement / exposition	Nombre de mesures	Température moyenne (°C)	Écart type (°C)
Solarisé / ouest	101	33,98 ($\Delta = 0,39$)	1,65
Solarisé / est	110	32,62 ($\Delta = -0,2$)	0,80
Témoin / ouest	104	33,59	2,55
Témoin / est	99	32,82	1,22

Δ : écart de la moyenne en % par rapport au témoin ouest ou est correspondant.

b) Signification des résultats

Traitement / exposition	Traitement / exposition	
	Témoin / ouest	Solarisé / est
Solarisé / ouest	NS	**
Témoin / est	**	NS

NS : non significatif au seuil de $p = 0,1$.

** : significatif à des seuils $< 0,05$.

Pour le raisin Italia échantillonné le 19 août, la solarisation augmente significativement l'angle de teinte (mais en restant dans le vert-jaune) pour les baies orientées à l'ouest et elle le diminue, également significativement, pour les baies orientées à l'est (*tableau III*). L'évolution des paramètres chromatiques des baies de raisins blancs en fonction de leur degré de mûrissement n'étant pas connue, il n'est pas possible de déterminer, dans le cadre de ces mesures, si, pour une orientation ouest ou est donnée, les baies solarisées sont plus mûres ou non que les baies témoins. L'examen des valeurs de clarté (L) montre que l'assombrissement (valeurs de L plus faibles) est plus important pour les baies solarisées que pour les baies témoins, ce qui peut suggérer une pigmentation plus forte des baies solarisées. Cette différenciation apparaît signifi-

cative pour les baies témoins. La saturation apparaît toujours plus faible pour le raisin solarisé, la différence étant significative dans le cas de la solarisation. Comme dans le cas du muscat de Hambourg, la valeur plus faible des écarts types mesurés sur les moyennes dans le cas des baies solarisées indique que celles-ci sont de coloration plus homogène. L'effet de l'orientation sur les raisins solarisés est, dans le cas de cette variété, également significative, notamment pour les paramètres saturation et angle de teinte.

Le 4 septembre, au moment de la maturité du raisin Italia, la teinte des raisins solarisés est plus faible que celle des raisins témoins, que les grappes soient orientées à l'ouest ou à l'est (*tableau IV*). La différence est seulement significative pour le côté est. Si la clarté est, comme

pour les mesures du 19 août, plus faible dans le cas de la solarisation (différence significative seulement pour les grappes orientées à l'ouest), les écarts des valeurs de saturation apparaissent ici inversés ; les valeurs sont plus fortes pour les raisins solarisés, mais avec des différences non significatives. À cette deuxième date de mesure, les effets de l'orientation sont particulièrement significatifs sur les paramètres saturation et teinte, qu'il s'agisse des souches solarisées ou des souches témoins.

L'assombrissement de la couleur observée par la diminution de la clarté L entre les deux dates de mesure suggère une augmentation de la pigmentation [6]. L'évo-

lution de l'angle de teinte entre les deux dates dépend de l'orientation : cet angle diminue pour les baies exposées à l'ouest et augmente pour les baies exposées à l'est.

3.1.3. fermeté

Afin de déterminer si la solarisation se traduisait par une modification des caractéristiques mécaniques des baies, une série de mesures a été effectuée, à l'aide du rhéomètre Pénélaup, sur le muscat de Hambourg lors du premier passage de récolte, le 19 août. Quel que soit le paramètre examiné [7] peu de différences significatives apparaissent entre les baies solarisées et les baies témoins. Seul l'effet

Tableau II.

Mesures in situ des paramètres chromatiques de baies de muscat de Hambourg à maturité (le 19 août), en fonction de la présence ou non d'un revêtement de solarisation placé sur le sol et de l'orientation, ouest ou est, des grappes.

a) Moyennes et écarts types

Traitement / exposition	Nombre de mesures	L		a		b		C		H	
		Moy	Et	Moy	Et	Moy	Et	Moy	Et	Moy	Et
Solarisé / ouest	40	31,35	2,55	1,85	2,11	-4,93	2,09	5,82	1,57	-68,81	25,97
Solarisé / est	40	31,41	3,02	0,98	1,36	-4,83	1,71	5,19	1,46	-76,01	20,28
Témoin / ouest	54	31,42	3,54	2,24	2,09	-3,75	1,97	4,97	1,59	-58,25	29,62
Témoin / est	41	31,80	3,11	1,84	2,33	-4,11	2,42	5,36	1,63	-62,96	33,29

Moy = moyenne ; Et = écart type.

L (luminance) représente la clarté depuis l'opaque (0) jusqu'à la transparence complète (+100) ; a* et b* caractérisent respectivement la couleur entre le vert (-60) et le rouge (+60), et entre le bleu (-60) et le jaune (60) ; C (Chroma) ($= \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$) traduit la saturation de la couleur qui varie du lumineux (100) au terne (0) ; H [= arctan (b*/a*)], exprimé en degrés, caractérise la teinte.

b) Signification des résultats

Traitement / exposition	Paramètres	Traitement / exposition	
		Témoin / ouest	Solarisé / est
Solarisé / ouest	L	NS	NS
	C	**	*
	H	*	NS
Témoin / est	L	NS	NS
	C	NS	NS
	H	NS	**

NS : non significatif au seuil de $p = 0,1$.

* : significatif au seuil $p \leq 0,1$

** : significatif à des seuils $p < 0,05$.

Tableau III.

Mesures in situ des paramètres chromatiques de baies du raisin Italia le 19 août, en fonction de la présence ou non d'un revêtement de solarisation placé sur le sol et de l'orientation, ouest ou est, des grappes (mesure de 50 baies par couple traitement / exposition).

a) Moyennes et écarts types

Traitement / exposition	L		a		b		C		H	
	Moy	Et	Moy	Et	Moy	Et	Moy	Et	Moy	Et
Solarisé / ouest	44,89	2,90	-4,69	0,95	9,54	2,26	10,66	2,32	116,59	4,29
Solarisé / est	44,16	2,83	-4,22	1,09	10,89	3,67	11,73	3,66	112,00	6,07
Témoin / ouest	45,19	2,47	-4,83	1,29	11,04	3,33	12,09	3,42	114,31	5,42
Témoin / est	46,07	3,14	-5,27	1,45	11,55	4,11	12,76	4,17	115,41	5,84

Moy = moyenne ; Et = écart type.

L (luminance) représente la clarté depuis l'opaque (0) jusqu'à la transparence complète (+100) ; a* et b* caractérisent respectivement la couleur entre le vert (-60) et le rouge (+60), et entre le bleu (-60) et le jaune (60) ; C (Chroma) ($= \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$) traduit la saturation de la couleur qui varie du lumineux (100) au terne (0) ; H [$= \arctan (b^*/a^*)$], exprimé en degrés, caractérise la teinte.

b) Signification des résultats

Traitement / exposition	Paramètres	Traitement / exposition	
		Témoin / ouest	Solarisé / est
Solarisé / ouest	L	NS	NS
	C	**	*
	H	**	**
Témoin / est	L	NS	**
	C	NS	NS
	H	NS	**

NS : non significatif au seuil de $p = 0,1$.

* : significatif au seuil $p \leq 0,1$

** : significatif à des seuils $p < 0,05$.

de l'orientation sur la fermeté initiale des baies a pu être observé (*tableau V*) : la fermeté des baies témoins exposées du côté ouest est significativement plus faible que celle des baies témoins orientées à l'est. Pour les baies solarisées, une différence dans le même sens est observée mais elle n'est significative qu'au seuil de 14 %. Les baies des grappes récoltées du côté ouest seraient donc moins fermes que celles des grappes récoltées du côté est. Un tel résultat a été retrouvé sur raisin Carignan conduit en gobelet, avec, en revanche, des différences très significatives pour l'effet solarisation [18].

3.2. caractéristiques physicochimiques

3.2.1. poids moyen des baies

Dans le cas du muscat de Hambourg, la solarisation se traduit par une augmentation importante du poids moyen des baies (*tableau VI*). Dans le cas du raisin Italia une augmentation significative de près de 23 % est observée pour les baies solarisées de la branche ouest de la lyre (*tableau VII*) alors qu'une diminution d'environ 5 %, non significative, est obser-

Tableau IV.

Mesures in situ des paramètres chromatiques de baies du raisin Italia le 4 septembre, à maturité, en fonction de la présence ou non d'un revêtement de solarisation placé sur le sol et de l'orientation, ouest ou est, des grappes (mesure de 75 baies par couple traitement / exposition).

a) Moyennes et écarts types

Traitement / exposition	L		a		b		C		H	
	Moy	Et	Moy	Et	Moy	Et	Moy	Et	Moy	Et
Solarisé / ouest	43,12	2,88	-2,98	1,22	11,12	3,14	11,60	3,05	105,89	8,14
Solarisé / est	43,61	2,92	-3,77	0,68	8,58	2,15	9,44	1,95	112,44	13,96
Témoin / ouest	44,53	3,55	-3,32	1,36	10,61	3,18	11,23	3,04	108,87	10,62
Témoin / est	43,78	2,31	-4,19	0,88	8,00	2,56	9,11	2,41	118,91	8,91

Moy = moyenne ; Et = écart type.

L (luminance) représente la clarté depuis l'opaque (0) jusqu'à la transparence complète (+100) ; a* et b* caractérisent respectivement la couleur entre le vert (-60) et le rouge (+60), et entre le bleu (-60) et le jaune (60) ; C (Chroma) ($= \sqrt{a^2 + b^2}$) traduit la saturation de la couleur qui varie du lumineux (100) au terne (0) ; H [$= \arctan(b^*/a^*)$], exprimé en degrés, caractérise la teinte.

b) Signification des résultats

Traitement / exposition	Paramètres	Traitement / exposition	
		Témoin / ouest	Solarisé / est
Solarisé / ouest	L	**	NS
	C	NS	**
	H	NS	**
Témoin / est	L	NS	NS
	C	**	NS
	H	**	**

NS : non significatif au seuil de $p = 0,1$.

* : significatif au seuil $p \leq 0,1$

** : significatif à des seuils $p < 0,05$.

vée pour les baies de la branche est. L'effet de l'orientation est donc, dans ce cas, très marqué pour les baies solarisées. Les baies sont plus grosses sur le côté ouest que sur le côté est ; un même résultat a déjà été trouvé pour le raisin de cuve [18].

3.2.2. sucres, pH, acidité

Dans le cas du muscat de Hambourg, les baies solarisées sont plus sucrées que les baies témoins : + 9,33 et + 13,35 % respectivement pour les côtés ouest et est (tableau VI). Dans le cas du raisin Italia, seules les baies solarisées et exposées à l'est présentent un gain de sucres de

+ 7,33 % (tableau VIII). À noter que, dans le cas du raisin de cuve Carignan conduit en gobelet, ce sont les baies solarisées du côté ouest qui sont les plus sucrées [18]. Indépendamment de l'effet lié à l'orientation, les résultats obtenus avec les deux raisins de table sont tout à fait en accord avec ceux obtenus à partir des raisins de cuve, montrant que la technique de solarisation augmente d'une façon générale le taux en sucres des baies [1] [2].

Quelle que soit la variété de raisin considérée, le pH des moûts issus de baies solarisées est plus élevé que celui des moûts issus de baies témoins, ce qui

Tableau V.

Mesures au laboratoire de la fermeté initiale des baies de muscat de Hambourg récoltées à maturité, le 19 août, en fonction de la présence ou non d'un revêtement de solarisation placé sur le sol et de l'orientation, ouest ou est, des grappes.

a) Moyennes et écarts types

Traitement / exposition	Nombre de mesures	Fermeté (gf·mm ⁻¹)	Écart type (gf·mm ⁻¹)
Solarisé / ouest	100	138,76	24,37
Solarisé / est	114	143,78	24,25
Témoin / ouest	91	136,31	28,35
Témoin / est	119	147,96	23,39

b) Signification des résultats

Traitement / exposition	Traitement / exposition	
	Témoin / ouest	Solarisé / est
Solarisé / ouest	NS	NS
Témoin / est	**	NS

NS : non significatif au seuil de $p = 0,1$.

** : significatif à des seuils $< 0,05$.

est surtout vérifié pour l'orientation ouest. Ce résultat correspond de toute évidence à la moins forte acidité des moûts. Cette moins forte acidité observée du côté ouest peut être, en partie du moins, expliquée par l'effet de la température plus élevée sur les grappes situées sur cette branche de la lyre. Elle correspondrait, comme cela a déjà été observé pour le

raisin de cuve, à une concentration plus faible en acide malique dans les baies ainsi exposées [18].

3.2.3. polyphénols

La solarisation augmente fortement le pool des polyphénols lorsqu'elle a lieu sur la branche est de la lyre du muscat de Hambourg (+ 22 %). En revanche, il y a

Tableau VI.

Caractéristiques physicochimiques des moûts du raisin muscat de Hambourg récolté à maturité le 19 août, en fonction de la présence ou non d'un revêtement de solarisation placé sur le sol et de l'orientation, ouest ou est, des grappes.

Traitement / exposition	Poids moyen (g)	Sucres (g·L ⁻¹)	pH	Acidité (g H ₂ SO ₄ ·L ⁻¹)	Indice de maturité (sucres / acidité)
Solarisé / ouest	4,62	185,10	3,64	6,57	28,17
Δ (%)	15,50	9,33	2,53	- 2,20	-
Solarisé / est	4,48	191,90	3,60	6,79	28,26
Δ (%)	12,00	13,35	1,41	- 0,44	-
Témoin	4,00	169,30	3,55	6,82	24,82

Δ : écart en % par rapport au témoin (mélange est + ouest).

Tableau VII.

Poids moyen des baies du raisin Italia récolté à maturité, le 4 septembre, en fonction de la présence ou non d'un revêtement de solarisation placé sur le sol et de l'orientation, ouest ou est, des grappes.

a) Moyennes et écarts types

Traitement / exposition	Nombre de mesures	Poids moyen (g)	Écart type (g)
Solarisé / ouest	67	8,148 ($\Delta = 22,84$)	2,749
Solarisé / est	84	6,373 ($\Delta = - 4,79$)	2,551
Témoin / ouest	73	6,633	2,697
Témoin / est	97	6,694	2,354

Δ : écart en % des traitements « Solarisé / ouest » et « Solarisé / est », par rapport aux témoins ouest et est correspondants.

b) Signification des résultats

Traitement / exposition	Traitement / exposition	
	Témoin / ouest	Solarisé / est
Solarisé / ouest	**	**
Témoin / est	NS	NS

NS : non significatif au seuil de $p = 0,1$.

** : significatif à des seuils $< 0,05$.

Tableau VIII.

Caractéristiques physicochimiques des moûts du raisin Italia récolté à maturité le 4 septembre, en fonction de la présence ou non d'un revêtement de solarisation placé sur le sol et de l'orientation, ouest ou est, des grappes.

Traitement / exposition	Sucres ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH	Acidité ($\text{g H}_2\text{SO}_4\cdot\text{L}^{-1}$)	Indice de maturité (sucres / acidité)
Solarisé / ouest	149,20	3,85	3,67	40,65
Δ (%)	0	5,77	-19,52	-
Solarisé / est	162,60	3,77	4,02	40,45
Δ (%)	7,33	2,72	- 6,29	-
Témoin / ouest	149,20	3,64	4,56	32,72
Témoin / est	151,50	3,67	4,29	35,31

Δ : écart en % des traitements « Solarisé / ouest » et « Solarisé / est », par rapport aux témoins ouest et est correspondants.

peu de modification de ce pool pour les baies de la branche exposée à l'ouest dans lesquelles l'indice des polyphénols totaux accuserait même une légère diminution (tableau IX). Les contributions à la coloration en pourcentages des composantes rouge et mauve, calculées respectivement à partir des densités optiques à 520 et 620 nm pour les deux côtés des souches solarisées, sont en accord avec les différences observées sur les paramètres *a* et *b* mesurés in situ au chromamètre : moins de rouge, plus de bleu pour l'orientation ouest ; moins de rouge et moins de bleu pour l'orientation est. Quelle que soit l'exposition, la diminution de la composante rouge est tout à fait en accord avec les variations de l'absorbance à 520 nm et surtout avec la diminution de la concentration en anthocyanes et copigments : la solarisation des baies de muscat de Hambourg favorise donc l'apparition de copolymères de couleur mauve au détriment de formes peu polymérisées de couleur rouge, comme le sont les procyanidols. Cet effet se manifeste surtout pour l'orientation ouest où les effets radiatifs et thermiques sont plus importants. L'interprétation de ces effets pourrait aussi être recherchée au niveau de l'acidité vacuolaire : il est connu que l'augmentation du pH favorise l'apparition de formes quinoniques de couleur bleue [12].

Cependant, les variations de pH observées entre raisins solarisé et raisins témoins semblent bien faibles (environ 0,1 unité pH) pour rendre compte des variations notables de concentrations anthocyaniques. Il est plus vraisemblable que ce soit au niveau des effets de la lumière sur l'activation de la phénylalanine-ammonia-lyase [19], enzyme clé du métabolisme des polyphénols, qu'il faille en rechercher les explications.

3.2.4. acides aminés

La solarisation et l'exposition des grappes peut avoir des effets sensibles sur les concentrations en acides aminés libres et en diverses autres molécules aminées dosées en même temps des jus issus du raisin Italia (tableau X). Comme déjà

Tableau IX. Composition polyphénolique des moûts du raisin muscat de Hambourg récolté à maturité le 19 août, en fonction de la présence ou non d'un revêtement de solarisation placé sur le sol et de l'orientation, ouest ou est, des grappes.

Traitement / exposition	Densité optique (DO)		Indice polyphénols totaux (IPT)	Teneur en polyphénols totaux (PT)	Intensité colorante (IC)	Teinte	%		Anthocyanes (g L ⁻¹)
	420 nm	520 nm					620 nm	Rouge	
Solarisé / ouest	0,110	0,171	0,031	2,60	0,312	0,643	35,25	54,80	0,168
Δ (%)	—	—	—	—	—	—	4,48	-4,43	-17,24
Solarisé / est	0,155	0,237	0,039	3,23	0,431	0,654	35,96	54,98	0,195
Δ (%)	—	—	—	—	—	—	6,58	-4,12	-3,94
Témoin	0,140	0,238	0,037	2,64	0,415	0,588	33,74	57,34	0,203

Δ : écart en % par rapport au témoin (mélange est + ouest).
IPT = DO_{280 nm} × 100 ; PT = IPT × 0,08 (exprimé en g d'acide gallique L⁻¹) ; IC = DO_{420 nm} + DO_{520 nm} + DO_{620 nm}.

Tableau X.

Composition en acides aminés libres ($\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) des moûts du raisin Italia récolté à maturité, le 4 septembre, en fonction de la présence ou non d'un revêtement de solarisation placé sur le sol et de l'orientation, ouest ou est, des grappes.

Acide aminé	Traitement / exposition			
	Solarisation /ouest	Solarisation /est	Témoin /ouest	Témoin /est
α -alanine	304	271	256	231
Acide aspartique	226	175	199	210
Acide α -aminobutyrique	458	436	462	386
Acide glutamique	242	210	188	262
Arginine	2 717	2 529	2 653	2 593
Asparagine	15	18	2	15
Cystine	1	1	1	1
Ethanolamine	178	188	196	205
Glutamine	1 143	1 095	851	946
Glycocolle	23	15	17	12
Histidine	196	183	148	151
Hydroxyproline	13	14	11	11
Isoleucine	64	61	48	51
Leucine	119	114	97	98
Lysine	36	34	30	29
Méthionine	22	22	18	18
Ornithine	79	61	56	66
Phénylalanine	64	62	52	47
Proline	908	571	478	493
Sérine	214	204	169	179
Thréonine	232	195	170	188
Tryptophane	67	64	68	74
Tyrosine	78	73	63	68
Valine	79	82	61	55
Total	7 478	6 678	6 294	6 389

mentionné à propos des raisins de cuve [1, 2], la solarisation se traduit par une augmentation de la concentration en acides aminés libres totaux (+ 19 % pour l'orientation ouest et + 4,5 % pour l'orientation est), augmentation due notamment à la contribution de la proline : + 90 % pour les baies situées à l'ouest et + 16 % pour celles situées à l'est ; de la glutamine : + 34 % pour les baies à l'ouest et + 16 % pour celles à l'est ; de l' α -alanine : + 19 % pour les baies à l'ouest, + 17 % pour celles à l'est. Les résultats observés dans le cas du muscat de Hambourg, moins significatifs, ne sont pas présentés.

3.2.5. arômes

Dans le *tableau XI*, on a reporté les résultats de l'analyse partielle de la composition en molécules aromatiques libres du raisin Italia solarisé en comparaison avec celle du raisin témoin (il n'a pas été possible pour une question de lourdeur expérimentale de faire ici une distinction en fonction de l'orientation).

Pour certaines molécules aromatiques libres du raisin Italia, la solarisation induit une forte augmentation de concentration : c'est le cas de deux molécules terpéniques, le linanol et le citronellol, et d'une molécule issue de la voie de l'acide shikimique précurseur des polyphénols, l'eugénol (*tableau XI*). À noter que le linanol et le citronellol sont reconnus comme participant à l'arôme typique des raisins muscats ; l'eugénol, quant à lui, est impliqué dans les notes aromatiques de types oeillet et clou de girofle.

3.3. dégustation

Les résultats de la dégustation du raisin Italia (*tableau XII*) montrent très clairement que les notes accordées pour les différents critères considérés sont toutes en faveur du raisin solarisé. Les niveaux de signification des différences observées sont tous excellents, sauf pour le critère acidité qui n'est significatif qu'au seuil de 15 %. Ces résultats corroborent pleinement les résultats des analyses physico-chimiques obtenus pour cette variété. Dans le cas de l'acidité, la note va aussi dans le sens des résultats de ces analyses mais elle n'est significative qu'au seuil de 14 %.

4. discussion

Les effets généraux de la solarisation qui viennent d'être mis en évidence à partir de l'étude de deux variétés de raisin de table sont globalement en accord avec ceux obtenus à partir de divers raisins de cuve, avec, cependant, des différences liées à la variété considérée, au millésime, au mode de conduite ou encore aux

conditions du terroir [1, 2]. La discrimination d'effets en relation avec l'orientation des rangs et l'exposition des grappes et feuilles apparaît originale et significative à bien des égards. Cette différenciation en fonction de l'orientation est aussi observée sur les baies des souches témoins, au moins pour certains paramètres comme la couleur (tableau IV) ou la fermeté (tableau V).

Les diverses modifications physicochimiques observées seraient expliquées par les effets radiatifs et thermiques, impliqués par la technique de solarisation. L'efficacité de la technique est de toute évidence liée au supplément de rayonnement solaire imposé, par réflexion, aux parties inférieures de la canopée, feuilles et grappes. Cependant, cette efficacité dépend de l'interception du rayonnement

Tableau XI.

Composition en quelques composés aromatiques libres (en $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) des baies du raisin Italia récolté à maturité, le 4 septembre, en fonction de la présence ou non d'un revêtement de solarisation placé sur le sol (mélange des baies exposées à l'est et à l'ouest).

Composé aromatique	Plants solarisés	Plants non solarisés (témoin)	Écart entre solarisés et témoins (en %)
2-phényl éthanol	56,5	66,0	-14
3,7-diméthyle-1,7- octadiène-3,6 diol	25,8	19,9	30
Acide benzoïque	33,5	23,9	40
Alcool benzylique	43,0	40,7	6
Citronellol	134,5	68,1	98
Eugénol	114,8	52,8	117
Géranol	108,5	110,8	-2
Iso-eugénol	369,4	328,1	13
Linanol	1 042,4	596,8	75
Nérol	41,4	39,6	5

Tableau XII.

Résultats d'une dégustation effectuée le 6 septembre, à partir des baies du raisin Italia récolté à maturité le 4 septembre. Les différents paramètres évalués ont été notés à partir de l'utilisation d'une échelle variant de 0 à 5.

a) Moyennes et écarts types

Caractéristique étudiée	Plants solarisés		Plants non solarisés (témoin)	
	Moyenne	Écart type	Moyenne	Écart type
Acidité	1,74	1,16	2,13	1,21
Aspect	3,29	0,77	2,47	0,86
Homogénéité taille	2,55	1,08	1,71	0,87
Homogénéité couleur	3,10	0,83	2,24	0,60
Intensité muscat	2,92	1,00	1,94	1,09
Sucrosité	3,18	1,01	2,55	1,01
Note d'ensemble	3,29	0,84	2,42	0,95

b) Analyse statistique (nombre de degrés de liberté = 74)

	Valeur du <i>t</i> de Student	Probabilité de moyennes non différentes	Signification du test de Student	Seuil de signification
Acidité	-1,453	15×10^{-2}	Non significatif	-
Aspect	4,428	3×10^{-5}	****	10^{-4}
Homogénéité taille	3,741	4×10^{-4}	****	10^{-3}
Homogénéité couleur	4,678	13×10^{-6}	*****	10^{-5}
Intensité muscat	4,011	14×10^{-5}	****	10^{-3}
Sucrosité	2,835	6×10^{-3}	***	10^{-2}
Note d'ensemble	4,236	6×10^{-5}	*****	10^{-4}

réfléchi, interception qui est bien sûr fonction des conditions culturales (orientation des rangs, densité de plantation, mode de conduite, niveau et degré d'enfouissement des grappes dans la végétation, quantité de feuilles interceptant le flux réfléchi, etc.). Il n'est donc pas étonnant d'obtenir des réponses modulées en fonction du contexte cultural et environnemental d'une variété donnée, qu'elle soit de table ou de cuve, et d'observer des effets liés à l'orientation des rangs et donc à l'exposition des feuilles et des grappes.

Si les écarts thermiques journaliers maximaux, mesurés sur les baies des deux variétés de raisin de table étudiées, sont faibles (*tableau I*) par rapport à ceux mesurés sur des baies de raisins de cuve (1,5 à 2 °C), leur accumulation sur toute la période de maturation peut conduire à des effets thermiques importants, susceptibles de différencier la composition des baies solarisées par rapport aux baies témoins. Il est bien connu que la température agit sur divers métabolismes et sur la concentration des solutés au moment de la vendange : dégradation de l'acide malique [20], accumulation des sucres dans les baies [21], concentration en anthocyanes [22]. Ces effets thermiques ne sont pas, cependant, aussi importants et déterminants que ceux, directs, de la lumière dont de nombreux travaux soulignent, en effet, le rôle fondamental sur le développement de la baie de raisin [19, 23–26].

5. conclusion

Les résultats obtenus ont montré que la technique de solarisation améliorerait globalement la qualité et la productivité des deux variétés de raisin de table testées. Par rapport aux raisins témoins, le poids moyen des baies a pu être augmenté, de même que la teneur en sucres, en acides aminés libres et en pigments polyphénoliques, et l'acidité a été diminuée. L'analyse chromamétrique *in situ* a révélé par ailleurs que la solarisation diminuait l'hétérogénéité de coloration et la composante rouge de celle-ci, du fait d'une plus

faible proportion de composés anthocyaniques. Les caractéristiques mécaniques des raisins, jugées à partir de celles mesurées sur le muscat de Hambourg, ne semblent pas, en revanche, être fortement modifiées par la technique.

La dégustation réalisée sur le raisin Italia démontre de façon évidente l'impact positif de la technique de solarisation sur la qualité des baies. Ce résultat est également tout à fait en accord avec les mesures physicochimiques. La reconnaissance significative d'une augmentation de la typicité muscatée pour les baies solarisées est particulièrement intéressante. Elle confirme les résultats d'analyse des composés aromatiques libres. La conjonction de ces deux observations tendrait à montrer que la technique de solarisation ne diminue pas la typicité variétale, bien au contraire.

La technique de solarisation différencie, parfois très significativement, les caractéristiques des raisins, en fonction de l'exposition est ou ouest des deux bras de la lyre. Des différences apparaissent selon les paramètres mesurés : ainsi, le poids moyen des baies est plus élevé du côté ouest que du côté est, alors que la teneur en sucres est, à l'inverse, plus élevée du côté est que du côté ouest. De même, la concentration en polyphénols totaux dans le cas du muscat de Hambourg apparaît, comme la teneur en anthocyanes et copigments, plus élevée côté est que côté ouest. Dans les deux cas d'orientation, et pour les deux variétés, les indices de maturité sont inchangés et toujours supérieurs à ceux des raisins témoins (*tableaux VI et VIII*). Sur la base de ces indices et dans les conditions utilisées, il y aurait une avance de maturité des raisins solarisés qui peut être évaluée à une dizaine de jours environ. Cependant, il y aurait plus qu'une simple avance de maturité : dans le cas du raisin Italia, les fortes augmentations de la concentration des composés aromatiques de type muscat ne pourraient jamais être obtenues par les raisins témoins, même récoltés dix jours après les raisins solarisés.

La technique de solarisation, par renforcement de l'environnement lumineux

des parties inférieures de la canopée de la vigne, pourrait donc être utilisée pour augmenter à la fois la productivité et la qualité du raisin de table. Des essais complémentaires semblent cependant nécessaires pour optimiser l'application de la technique, notamment en fonction des diverses variétés, qu'elles soient de table ou de cuve, et en fonction des diverses modalités culturales. Par ailleurs, des études de fond sur les mécanismes mis en jeu sont indispensables pour une meilleure compréhension des multiples effets associés à l'énergisation de la vigne par la technique de solarisation.

remerciements

Les auteurs remercient M. Chovelon du domaine expérimental de la Sica La Tapy (84200 Serres-Carpentras, France) pour avoir mis à leur disposition les rangs de souches des deux variétés de raisin de table qui ont été nécessaires à leurs expérimentations.

références

- [1] Robin J.P., Sauvage F.X., Boulet J.C., Suard B., Flanzly C., Importance des propriétés optiques de la surface du sol sur le microclimat de la vigne. Répercussions de l'usage d'un revêtement de sol réfléchissant sur la composition des moûts et la qualité du vin, in : Les terroirs viticoles, I. Colloque international sur les terroirs viticoles, Inra, Angers, France, 1996, pp. 487–492.
- [2] Sauvage F.X., Igounet O., Boulet J.C., Razungles A., Baldy C., Robin J.P., Modification du microclimat radiatif chez la vigne : stress thermique des grappes, répercussions sur la composition du moût et sur la qualité du vin, in : Lonvaud-Funel A.V (coordonnateur), Symposium international d'œnologie, Bordeaux, 15–17 juin 1995, Éditions Technique et documentation, Londres, Paris, New York, 1996, pp. 55–61.
- [3] Flanzly C., Flanzly M., Andre P., Chambroy Y., Fixation à l'obscurité du ^{14}C CO_2 gazeux dans les baies de raisin en anaérobiose. II. Devenir du ^{14}C au cours de la fermentation intracellulaire, *Annal. Technol. Agric.* 18 (1969) 304–325.
- [4] Igounet O., Baldy C., Suard B., Sauvage F.X., Lopez F., Boulet J.C., Robin J.P., Régime thermique du raisin (*Vitis vinifera* L., cépage Syrah) en cours de maturation. Influence de la couleur des baies, du degré de compacité des grappes et du régime éolien local, *J. Int. Sci. Vigne Vin* 29 (4) (1995) 193–204.
- [5] Robin J.P., Lopez F., Roujou de Boubée D., Igounet O., Sauvage F.X., Pradal M., Verries C., La coloration des baies du raisin Syrah au cours de leur maturation. Relation entre les descripteurs de la couleur, dynamique in situ et influence des facteurs de l'environnement, *J. Int. Sci. Vigne Vin* 30 (4) (1996) 1–13.
- [6] Brouillard R., Jay M., Biolley J.P., Chirol N., Polyphenol and pigmentation in plant, in: Inra (ed.), Polyphenolic phenomena, Paris, France, 1993, pp. 41–48.
- [7] Robin J.P., Abbal P., Salmon J.M., Fermeté et maturation du raisin. Définition et évolutions de différents paramètres rhéologiques au cours de la maturation, *J. Int. Sci. Vigne Vin* 31 (3) (1997) 127–138.
- [8] Blouin J., Technique d'analyse des moûts et des vins, Dujardin et Salleron (éds.), Paris, France, 1992.
- [9] Ribereau-Gayon P., Le dosage des composés phénoliques totaux dans les vins rouges, *Chimie Anal.* 52 (6) (1970) 627–631.
- [10] Glories Y., La couleur des vins rouges. I. Les équilibres des anthocyanes et des tanins, *Conn. Vigne Vin* 18 (3) (1984) 195–217.
- [11] Sudraud P., Interprétation des courbes d'absorption des vins rouges, *Annal. Technol. Agric.* 7 (1958) 203–208.
- [12] Brouillard R., Chemistry of anthocyanin pigments kinetic and thermodynamic study of proton transfer hydration and tautomeric reactions of malvidine 3-glucoside, *J. Am. Chem. Soc.* 99 (1977) 8461–8468.
- [13] Ribereau-Gayon P., Stonestreet E., Le dosage des anthocyanes dans le vin rouge, *Bull. Soc. Chim. France* 9 (1965) 2649–2652.
- [14] Benson J.V., Gordon M.J., Patterson J.A., Accelerated chromatographic analysis of aminoacids in physiological fluids containing glutamine and asparagine, *Anal. Biochem.* 18 (1967) 228–240.
- [15] Benson J.V., Multipurpose resins for analysis of aminoacids and ninhydrin-positive compounds in hydrolysates and physiological fluids, *Annal. Biochem.* 50 (1972) 477–493.

- [16] Gunata Z., Bayonove C., Baumes R., Cordonnier R., The aroma of grapes. I. Extraction and determination of free and bound fractions of some grape aroma components, *J. Chromatogr. A* 331 (1985) 83–90.
- [17] Voirin S.G., Baumes R.L., Sapis J.C., Bayonove C., Analytical methods for monoterpene glycosides in grape and wine. II. Qualitative and quantitative determination of monoterpene glycosides in grape, *J. Chromatogr. A* 595 (1992) 269–281.
- [18] Cardenas E., Contribution à l'étude des effets de la solarisation artificielle de la vigne sur la maturation des baies. Influence de la date d'installation de revêtement et de l'orientation des grappes par rapport au soleil, Montpellier, France, USTL-Inra, rapport de stage de maîtrise, 1997, 30 p.
- [19] Roubelakis-Angelakis K.A., Kliewer W.M., Effects of exogenous factors on phenylalanine ammonia-lyase activity and accumulation of anthocyanins and total phenolics in grape berries, *Am. J. Enol. Viticult.* 37 (1986) 275–280.
- [20] Kliewer W.M., Lider L.A., Ferrari N., Effects of controlled temperature and light intensity on growth and carbohydrate levels of Thompson seedless grapevines, *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 97 (1972) 185–188.
- [21] Sepulveda G., Kliewer M.W., Ryugo K., Effects of high temperature on grapevines (*Vitis vinifera* L.). I. Translocation of ¹⁴C-photosynthetats, *Am. J. Enol. Viticult.* 37 (1986) 13–19.
- [22] Kliewer W.M., Influence of temperature, solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes, *Am. J. Enol. Viticult.* 28 (1977) 96–103.
- [23] Coombe B.G., The regulation of set and development of the grape berry, *Acta Hort.* 34 (1973) 261–274.
- [24] Smart R.E., Smith S.M., Winchester R.V., Light quality and quantity effects on fruit ripening for Cabernet sauvignon, *Am. J. Enol. Viticult.* 39 (1988) 250–257.
- [25] Kliewer W.M., Smart R.E., Canopy manipulation for optimizing vine microclimate, crop yield, and composition of grapes, in: Wright Butterworth C.J. (éd.), *Manipulation of fruiting*, Londres, UK, 1989, pp. 275–291.
- [26] Dokoozlian N.K., Kliewer W.M., Influence of light on grape berry growth and composition varies during fruit development, *J. Am. Soc. Hort.* 121 (5) (1996) 869–874.

La solarización de la viña en producción de uva de mesa. Impacto cualitativo y influencia de la orientación de los racimos.

Resumen — Introducción. La técnica de solarización de la viña, mediante uso de revestimientos de suelo reflectores, que permite devolver como mínimo el 20 % de la radiación solar en la planta y sus frutos, fue intentado en pleno campo en dos variedades de uvas de mesa llevadas en lira: la uva moscatel de Hamburgo y la uva Italia. **Material y métodos.** Un tejido reflector especialmente concebido fue instalado en el suelo, en cada lado de los rangos de cepas, las bayas hallándose en la fase 'guisante'. Los parámetros analizados fueron la temperatura de superficie y el color en el sistema $L a^* b^*$ para las bayas in situ; por otro lado, se realizaron las mediciones de la firmeza y de los parámetros enológicos clásicos (pH, azúcares, acidez), así como la estimación de las concentraciones de polifenoles y antocianos, en ácidos aminos y compuestos aromáticos libres en laboratorio. Estas mediciones fueron complementadas por una degustación de las uvas y por análisis estadísticos por test de Student. **Resultados.** Las bayas de las uvas solarizadas fueron por lo general más gordas y más ricas de azúcares y de ácidos aminos libres. También fueron menos ácidas. La solarización modifica la pigmentación de las bayas y el color parece más homogéneo. La composición de aromas libres indica que la tipicidad 'moscatel' se halla reforzada, lo que es significativamente detectado por degustación. Se observaron significativamente las diferencias relacionadas con la exposición natural de los racimos, exposición que depende ella-misma de la orientación de los rangos. No obstante, éstas no modifican la tendencia hacia un mejoramiento de la calidad de las uvas solarizadas. **Conclusión.** La técnica de solarización resulta ser una técnica sencilla para mejorar la productividad y la calidad de la uva de mesa. (© Elsevier, Paris)

uvas de mesa / solarización de suelos / orientación de las líneas / luz / análisis cualitativo / análisis organolépticas