

INFLUENCE DE L'ÉCLAIRCISSEMENT SUR LA CONCENTRATION EN ACIDES AMINÉS DES MOÛTS ET DES VINS DU CÉPAGE BLANC VILANA. INCIDENCE SUR LES SUBSTANCES VOLATILES DU VIN

INFLUENCE OF CLUSTER THINNING ON THE AMINO ACIDS CONCENTRATION OF MUSTS AND WINES OF THE VARIETY VILANA. EFFECT ON WINE VOLATILE COMPOUNDS

Irene BENA-TZOUROU, P. LANARIDIS¹ et Maria METAFA

N.AG.RE.F, Institut du Vin d'Athènes, 1 rue S. Venizelou,
141 23 Lykovryssi, Athènes, Grèce

Résumé : Dans ce travail, il a été étudié, pendant deux ans, l'incidence d'un éclaircissement du vignoble sur la teneur en acides aminés des moûts et des vins issus du cépage blanc Vilana. Le dosage des acides aminés par CLHP a montré que leur profil, tant pour les moûts que pour les vins de ce cépage, est constant bien que la teneur de chaque acide aminé, ainsi que leur pourcentage, varient considérablement d'une année à l'autre. Il a été constaté aussi que les moûts issus des raisins de vignobles éclaircis, au rendement plus bas, contiennent plus d'acides aminés. De même, les vins issus de moûts plus riches en acides aminés présentent des teneurs en substances volatiles plus élevées.

Summary : In this work, the influence of cluster thinning on the amino acids concentration of musts and wines was studied. Three vineyards were selected from Peza district of Crete where the white vine variety Vilana is cultivated. One part of each vineyard, containing 100 vines was divided in two sections. The first was used as reference while in the second section, cluster thinning to 50%, just before veraison, was applied. The experimentation was repeated for two continuous years. In 1996, the reference sections yielded 35.5 – 46.7 t/h while the other sections, where cluster thinning took place, yielded 16.5 – 23.0 t/h. The next year, the yields were 43.2 – 48.4 t/h and 12.6 – 14.0 t/h respectively. In all musts and wines, 18 amino acids were determined with the use of HPLC and proline was determined colorimetrically. The volatile components of the wines were also measured because, as it is known, the amino acids contribute to the formation of some higher alcohols, ethyl esters and acetates. From this work the following conclusions were made:

The musts and the wines from Vilana variety are poor in amino acids and their levels vary from one year to another. This variation is related to the climatic conditions of the period of maturation but the profile of these acids seems invariable.

The musts of Vilana variety deriving from vineyards with cluster thinning, which lead to low yield, contain higher levels of amino acids. This is important, given that a must rich in amino acids, positively influences not only the fermentation process evolution but also the enrichment of the wines in volatile components. Particularly for the Vilana variety, which is poor in amino acids and without any typical aroma, the high yields have a negative effect on their wine quality.

Mots clés : acides aminés, CLHP, moûts, vins, éclaircissement, rendement, substances volatiles

Key words : amino acids, HPLC, musts, wines, cluster thinning, crop level, volatile compounds

INTRODUCTION

Les constituants azotés des moûts sont principalement les acides aminés, les ions ammonium, les peptides et les protéines et ils sont indispensables pour la croissance et le métabolisme des levures au cours de la fermentation alcoolique (HUANG et OUGH, 1991 ; ORTE *et al.*, 1997 ; RAPP et VERSINI, 1995 ; SPAYD et ANDERSEN-BAGGE, 1996). De ces substances azotées, celles qui sont assimilées de préférence par les

levures sont les acides aminés et les ions ammonium (ANCIN *et al.*, 1996 ; RAPP et VERSINI, 1995 ; SPAYD et ANDERSEN-BAGGE, 1996). La cinétique de la fermentation, l'élaboration de l'arôme des vins ainsi que la formation des métabolites indésirables tel que l'uréthane (OUGH, 1991), dépendent, au moins en partie, de la composition qualitative et quantitative des substances azotées des moûts. La carence azotée des moûts peut aboutir aux fermentations languissantes, même arrêtées (KUNKEE, 1991), ou à la formation de

H₂S qui détériore la qualité des vins (HENSCHKE et JIRANEK, 1991 ; JIRANEK *et al.*, 1995).

En ce qui concerne les acides aminés, leur intérêt en œnologie est bien connu, étant donné qu'ils jouent un rôle significatif sur la fermentation et la qualité des vins produits.

JIRANEK *et al.* (1995b) ont montré que, indépendamment de l'espèce de levure, 70-80 p. cent de l'azote assimilé pendant la fermentation alcoolique, proviennent d'acides aminés et plus précisément de l'arginine, de la sérine, de l'acide glutamique, de la thréonine et de la lysine tandis que la proline, dans les conditions anaérobies de la vinification, n'est pas assimilée par les levures (RAPP et VERSINI, 1995). Or, la teneur des moûts en acides aminés est une bonne indication pour prévoir le déroulement de la fermentation alcoolique (ANCIN *et al.*, 1996 ; ORTE *et al.*, 1997).

Comme il a été démontré (BULTON *et al.*, 1995 ; HENSCHKE et JIRANEK, 1992 ; BARRE *et al.*, 1998 ; RAPP et VERSINI, 1995), la formation de quelques substances volatiles au cours de la fermentation alcoolique est liée à la concentration en acides aminés dans les moûts correspondants. Plus précisément, une partie des alcools supérieurs se forme pendant la fermentation alcoolique à partir des acides aminés selon le mécanisme d'Ehrlich (NYKANEN, 1986). En ce qui concerne la formation de quelques esters, acétiques et éthyliques, il y a une corrélation positive entre leur concentration dans les vins et la teneur des moûts en acides aminés. Or, la concentration des moûts en acides aminés est liée, indirectement, au caractère aromatique et par conséquent à la qualité des vins correspondants.

Étant donné leur intérêt pour la fermentation alcoolique et la qualité des vins, la teneur en acides aminés de différents cépages dans plusieurs pays viticoles a été évaluée (GALLANDER *et al.*, 1969 ; GOCKOWIAK et HENSCHKE, 1992 ; HUANG et OUGH, 1991 ; KLIEWER, 1970 ; SPONHOLZ, 1991). Ces études ont montré que la composition en acides aminés dépend du cépage, de la région de culture, de la fertilisation du vignoble, du degré de maturité des raisins, des conditions pédoclimatiques et des techniques culturales (RAPP et VERSINI, 1995 ; SPAYD et ANDERSEN-BAGGE, 1996). HUANG et OUGH (1989, 1991) ont montré que, malgré les variations considérables de la teneur en acides aminés, il apparaît que pour un cépage donné cultivé au même endroit, le profil des acides aminés semble être constant d'une année à l'autre.

En ce qui concerne l'incidence du rendement du vignoble sur la teneur en acides aminés du moût d'un cépage, très peu d'études ont été réalisées (BRAVDO *et al.*, 1984 ; KLIEWER, 1970), et aucune pour les

cépages grecs. Étant donné que les viticulteurs, dans tous les pays viticoles, ont tendance à favoriser l'augmentation des rendements des vignobles, il nous a paru intéressant d'étudier l'incidence de cette augmentation sur la composition des moûts en acides aminés, puisque celle-ci influe sur le déroulement de la fermentation alcoolique et sur la qualité des vins.

Dans cette étude, nous avons dosé les acides aminés des moûts et des vins correspondants issus du cépage blanc Vilana. En outre, nous avons comparé la teneur en acides aminés des moûts et des vins provenant de vignobles à rendement élevé à celle des moûts et des vins du même vignoble après éclaircissage. Finalement, les teneurs en substances volatiles des deux séries des vins ont été comparées.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

I - VIGNOBLES

Trois vignobles représentatifs de la zone viticole de Peza de l'île de Crète où l'on cultive le cépage blanc Vilana, à partir duquel on produit le VQPRD blanc sec PEZA, ont été choisis. Les vignes sont âgées de 6 à 12 ans et greffées sur 110R (deux vignobles) et sur 41B (un vignoble). La densité de plantation oscille de 2 800 à 3 200 souches/ha. Les plantes, taillées en cordons à deux bras, ne sont pas irriguées. Tous les vignobles ont reçu, au mois de février, un apport de 500 kg/ha de (NH₄)₂SO₄. Une partie de chaque vigne, qui comptait environ 100 cep, était divisée en deux parcelles. L'une a servi de témoin et dans l'autre on a procédé à la suppression de 50 p. cent des grappes, juste avant la véraison. L'expérimentation a été répétée deux années consécutives. La première année, en 1996, le rendement des trois vignobles témoins, a varié de 35,5 à 46,7 t/ha et après suppression des grappes de 16,5 à 23,0 t/ha. L'année suivante, il a varié de 43,2 à 48,4 t/ha et 12,6 à 14,0 t/ha respectivement. La vinification des raisins, dans tous les cas, a été réalisée à la cave expérimentale de l'Institut du Vin d'Athènes. Juste après la fin de la fermentation alcoolique, tous les vins ont été soutirés.

II - DOSAGE DES ACIDES AMINÉS

- Appareillage

Nous avons utilisé un appareil de CLHP Hewlett-Packard, modèle HP 1050, muni d'un détecteur en spectrofluorimétrie Hewlett-Packard, modèle HP 1046 A, d'une colonne Amino-Quant de Hewlett-Packard (C18), d'une longueur de 20 cm et de diamètre des particules de 5 µm. Une précolonne de même type, d'une longueur de 20 mm, a été placée au début de la colonne.

- Réactif de dérivation : Nous avons utilisé une solution de l'ortho-phthalaldéhyde (OPA) de Hewlett-Packard et la dérivation a été effectuée selon le procédé Amino-Quant (HEWLETT-PACKARD).

- Phase mobile :

• Eluant A : Il est fait d'un mélange de 20 mM CH_3COONa et de 0,018 v/v triéthylamine (TEA) ajusté à pH = 7,2 et additionné de 0,3 p. cent v/v tétrahydrofurane (THF).

• Eluant B : Il est fait d'un mélange de 20 p. cent CH_3COONa 100 mM ajusté à pH = 7,2 et additionné de 40 p. cent CH_3CN et de 40 p. cent CH_3OH .

- Solution de référence : Elle est constituée d'acides aminés de SIGMA.

- Préparation des échantillons : Les moûts ont été immédiatement portés à -20°C jusqu'à leur analyse. Avant d'être analysés, ils ont été centrifugés et filtrés sur membrane de 0,2 μm . Tous les échantillons ont été dilués à 1:10 avec 0,1 N HCl et dérivés ensuite. Nous avons suivi le même procédé pour les vins, sans centrifugation ni dilution préalables.

- Volume d'injection : 5 μl

- Mode et conditions opératoires :

Temps (min)	Eluant A (%)	Eluant B (%)
0	100	0
17	40	60
29	0	100
30	100	0

- Longueur d'onde d'excitation : 340 nm

- Longueur d'onde d'émission : 450 nm

- Durée d'analyse : 30 min

Cette méthode a permis le dosage de 18 acides aminés à fonction primaire. La proline, acide aminé hétérocyclique à fonction aminée secondaire, a été dosée

par spectrométrie dans le visible, $\lambda = 517 \text{ nm}$ (AMERINE et OUGH, 1980).

III - DOSAGE DES SUBSTANCES VOLATILES DES VINS

Les conditions chromatographiques sont les suivantes :

- Appareillage : Nous avons utilisé un chromatographe en phase gazeuse HP 5890 muni d'une colonne capillaire type Innowax (crosslinked polyethylene glycol) de 25 m., 0,2 mm d. i., 0,2 μm épaisseur de film, couplé à un spectromètre de masse HP 5970. Le gaz porteur était He (débit en tête de colonne : 1 ml/min).

- Température de l'injecteur : 250°C

- Température de transfert de ligne : 280°C

- Volume d'injection : 1 μl

- Splitless : pour 0,7 min et ensuite split 1:40

- Température de la colonne : 50°C pour 5 min, ensuite augmentation jusqu'à 200°C à une vitesse de $3^\circ\text{C}/\text{min}$ et finalement maintien à 200°C pour 10 min.

- Préparation des échantillons : 100 ml de vin sont extraits dans une fiole de 200 ml, successivement par 6/6/6 ml d'un mélange éther – hexane 2:1 ; après 5 minutes d'agitation magnétique, les 2 phases sont séparées pendant 15 minutes dans une ampoule à décanter. Les phases organiques sont rassemblées et concentrées à 0,8 ml après fixation de l'eau par Na_2SO_4 .

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I - DONNÉES DES VENDANGES

Dans le tableau I, figurent quelques données analytiques des moûts du Vilana pour les trois parcelles d'expérimentation (parcelles témoins et parcelles éclaircies). Ces résultats confirment que l'éclaircissage des

TABLEAU I
Données analytiques des moûts du cépage Vilana

Table I - Analytical data of musts from Vilana cultivar

Parcelles	1996						1997					
	A0	A1	B0	B1	C0	C1	A0	A1	B0	B1	C0	C1
Rendement (t/ha)	46,60	23,00	46,70	16,50	35,50	17,50	45,50	12,60	43,25	12,80	48,45	14,00
Date de vendange	19/09	19/09	13/09	13/09	17/09	17/09	17/09	17/09	17/09	17/09	17/09	17/09
T.A.P* (% vol)	10,60	12,30	10,50	12,00	10,40	11,70	10,65	12,10	10,90	12,40	10,35	12,00
pH	3,35	3,49	3,38	3,63	3,20	3,36	3,27	3,53	3,37	3,50	3,17	3,19
Acidité totale (g/l)	7,6	6,8	7,4	6,2	8,7	7,4	9,9	6,7	10,4	8,1	11,3	9,8

*T.A.P : Titre alcoométrique en puissance ; A0, B0, C0 : Parcelles témoins ; A1, B1, C1 : Parcelles éclaircies.

grappes facilite l'accumulation des sucres et par conséquent accélère la maturation des raisins.

II - LES ACIDES AMINÉS DES MOÛTS

Sur la figure 1 est schématisé un chromatogramme typique des acides aminés d'un moût du cépage Vilana, tandis que sur la figure 2 et dans le tableau II, est présentée la moyenne de la teneur en acides aminés des moûts et des vins correspondants de trois parcelles (témoins et éclaircies) pour les deux années d'expérimentation.

En comparant les teneurs des moûts en acides aminés, on constate que pour les moûts des parcelles éclaircies, cette teneur était presque deux fois supérieure à celle des moûts des parcelles témoins, et cela pour les deux années d'expérimentation. En effet, en 1996, la teneur moyenne en acides aminés des moûts de parcelles éclaircies était de 1 053,0 mg/l contre 695,6 mg/l pour les parcelles témoins et en 1997 la différence était plus accentuée (770,6 mg/l et 330,8 mg/l respectivement).

En examinant chaque acide aminé séparément (figure 2), on constate que seuls l'acide aspartique et l'asparagine diminuent dans les moûts des raisins des parcelles éclaircies, tandis que pour les autres acides aminés il y a une augmentation importante, surtout pour la proline.

Une autre constatation importante est la grande variation de la teneur en acides aminés des moûts d'une année à l'autre (tableau II). En effet, on voit que la teneur en acides aminés, en 1996, est presque le double de celle de l'année 1997, et cela pour les deux groupes de parcelles. Comme l'ont déjà constaté d'autres chercheurs (HUANG et OUGH, 1989 ; HUANG et OUGH, 1991 ; RAPP et VERSINI, 1995), la teneur en acides aminés des moûts est fortement influencée par les conditions climatiques de l'année et, plus précisément, elle augmente les années froides. Mais, malgré ces variations, le profil, pour un cépage donné, semble rester constant. De même, dans tous les moûts issus du cépage Vilana, indépendamment de l'année et du traitement, les acides aminés arginine et proline sont les plus abondants et représentent presque 50 p. cent des acides aminés totaux. L'acide glutamique, la glutamine, l'alanine et la thréonine se trouvent en quantités importantes tandis que les teneurs en méthionine, glycine et lysine restent toujours les plus faibles.

III - LES ACIDES AMINÉS DES VINS

En ce qui concerne les vins, leur teneur en acides aminés est beaucoup plus faible que celle des moûts. Elle a diminué de 72 p. cent dans les cas des parcelles

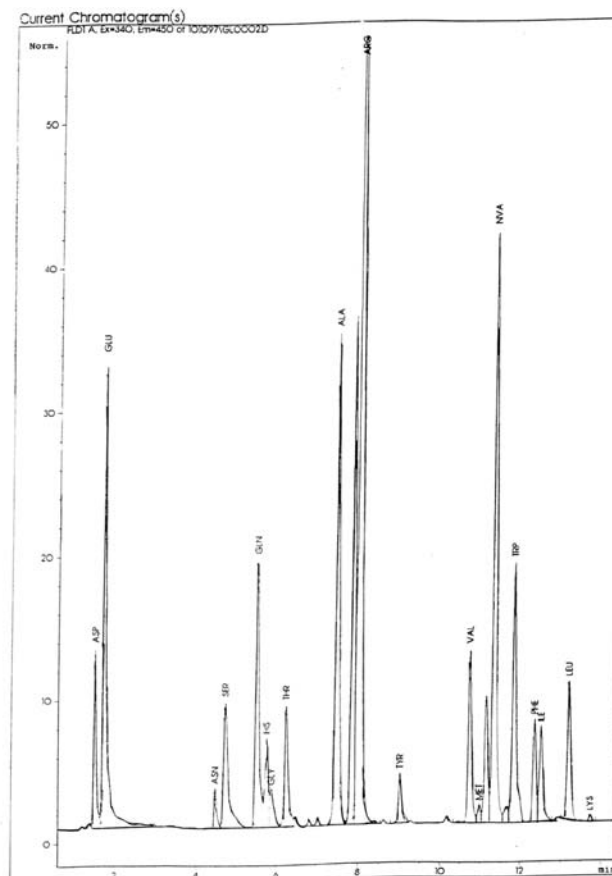


Fig. 1 - Chromatogramme des acides aminés d'un moût du cépage Vilana

Fig. 1 - Chromatogram of amino acids of a must of Vilana variety

témoins et de 60 p. cent dans le cas des parcelles éclaircies.

En examinant chaque acide aminé séparément, on constate que la glycine, la méthionine, la tyrosine et l'asparagine subissent une diminution inférieure à 50 p. cent. Au contraire, pour les autres acides aminés, la diminution est supérieure à 50 p. cent et surtout cette diminution a dépassé 80 p. cent pour la glutamine, l'arginine, la tryptophane et la thréonine, ce qui prouve qu'ils ont été les premiers à être utilisés par les levures pendant la fermentation alcoolique. Seulement deux acides aminés, la proline et la lysine se trouvent dans les vins en quantités supérieures à celles des moûts dont ils sont issus. En ce qui concerne la proline, il est connu que c'est le seul acide aminé qui n'est pas assimilé par les levures, sous les conditions anaérobies de la fermentation alcoolique. Or, il se retrouve dans les vins à une teneur identique, ou même supérieure, à celle des moûts dont il sont issus (RAPP et VERSINI, 1995).

Sans tenir compte de la quantité totale en acides aminés, les vins issus du cépage Vilana semblent avoir un profil invariable. La proline, l'acide glutamique,

l'arginine, l'alanine et la lysine sont les acides aminés majoritaires. La proline représente, au moins, 50 p. cent de la totalité des acides aminés et peut atteindre 90 p. cent. Au contraire, le tryptophane, la méthionine et la thréonine se trouvent en faibles quantités.

Tous les moûts du cépage Vilana provenant des raisins des trois paires de parcelles, témoin et éclaircie, ainsi que les vins obtenus, ont une teneur en acides aminés plus faible que celle des moûts et des vins des cépages blancs qui sont cultivés dans des vignobles de l'Europe Centrale et de l'Amérique du Nord (CASOLI et COLAGRANDE, 1982 ; HUANG et OUGH, 1989 ; HUANG et OUGH, 1991 ; MONTEIRO et BISSON, 1991 ; RAPP et VERSINI, 1995 ; SPAYD et ANDERSEN-BAGGE, 1996). Ces résultats sont en accord avec les conclusions de CANTAGREL *et al.* (1982), à savoir que les cépages méditerranéens sont plus pauvres en acides aminés.

VI - CONSÉQUENCES SUR LES SUBSTANCES VOLATILES DES VINS

Dans le tableau III, figurent les substances volatiles des vins expérimentaux. On constate que, pour les deux années d'expérimentation, les vins issus des parcelles éclaircies ont une teneur en substances volatiles plus élevée, surtout pour les alcools supérieurs, les acétates des alcools supérieurs et les esters éthyliques des acides gras, substances qui, on le sait, peuvent provenir en partie d'acides aminés pendant la fermentation alcoolique. Effectivement, ce sont les moûts issus des parcelles éclaircies les plus riches en acides aminés, qui ont donné des vins aux teneurs plus élevées en substances volatiles.

CONCLUSIONS

L'étude des acides aminés des moûts et des vins du cépage Vilana, provenant des trois paires de parcelles

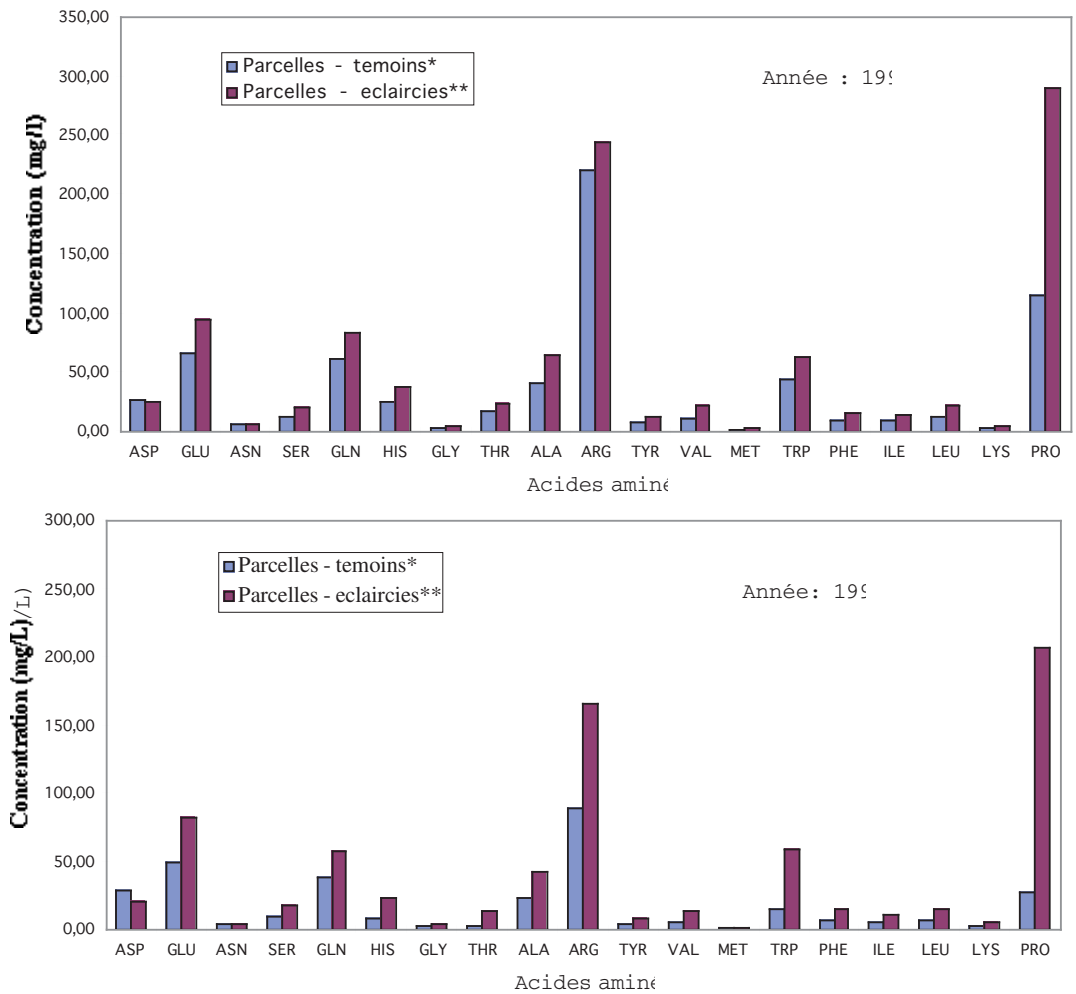


Fig. 2 - Acides aminés des moûts du cépage blanc Vilana

*Moyenne des valeurs des trois parcelles témoins ; **Moyenne des valeurs de trois parcelles - éclaircies

Fig. 2 - Amino acids of Vilana musts.

*Moyenne des valeurs des trois parcelles témoins ; **Moyenne des valeurs de trois parcelles - éclaircies

témoin et éclaircie et pour deux années consécutives, conduit aux conclusions suivantes :

- Les moûts et les vins du cépage Vilana sont pauvres en acides aminés et leur teneur varie d'une année à l'autre, selon les conditions climatiques de la période de maturation, mais le profil de ces acides semble rester invariable.

- Les moûts du cépage Vilana provenant des vignes éclaircies, dont le rendement est inférieur, ont des teneurs plus élevées en acides aminés. Cela est assez important, étant donné qu'un moût bien pourvu en acides aminés influe de façon positive, non seulement sur le déroulement de la fermentation alcoolique mais aussi sur la richesse des vins produits en substances volatiles. En particulier pour le cépage Vilana, qui est

TABLEAU II
Les acides aminés des moûts et des vins correspondants du cépage Vilana

Table II - Amino acids of musts and corresponding wines of Vilana Cultivar

Acides aminés (mg/l)	Année 1996				Année 1997			
	Moûts		Vins		Moûts		Vins	
	Parcelles		Parcelles		Parcelles		Parcelles	
	témoins*	éclaircies*	témoins*	éclaircies*	témoins*	éclaircies*	témoins*	éclaircies*
ASP	27,34	25,27	2,84	5,71	29,09	20,69	2,31	4,53
GLU	65,67	94,68	5,52	12,68	49,33	82,40	4,86	11,57
ASN	6,54	6,12	2,30	3,95	4,00	4,03	2,18	3,67
SER	13,24	20,47	1,77	3,65	9,59	18,44	1,47	2,44
GLN	61,06	84,22	2,30	3,20	38,43	56,92	2,30	4,91
HIS	24,45	38,37	4,40	6,53	8,00	23,09	2,43	2,18
GLY	3,24	4,54	2,51	4,42	2,67	4,24	1,57	2,93
THR	16,98	24,16	1,07	2,38	3,07	14,00	0,37	0,55
ALA	40,91	64,46	4,80	9,27	23,90	41,97	4,10	8,88
ARG	220,59	244,44	6,65	10,00	89,12	166,10	4,03	6,59
TYR	8,12	12,72	3,86	5,23	3,53	8,85	2,97	3,94
VAL	11,36	21,92	1,72	2,59	5,80	14,31	1,21	2,15
MET	1,53	2,77	0,63	1,23	0,82	1,73	0,76	1,50
TRP	43,54	62,57	0,29	0,99	14,58	59,24	0,68	0,96
PHE	9,16	16,08	3,03	4,24	6,36	15,62	2,10	3,73
ILE	9,34	13,76	1,30	2,38	6,09	11,55	1,33	2,00
LEU	13,35	21,64	4,22	7,09	6,90	15,21	3,11	6,31
LYS	3,74	4,52	8,00	13,19	2,33	5,51	3,45	4,31
PRO	115,42	290,33	177,23	386,20	27,20	206,65	34,84	197,28
TOTAL	695,58	1053,04	234,44	484,93	330,81	770,55	76,07	270,43
TOTAL (sans PRO)	580,16	762,71	57,21	98,73	303,61	563,90	41,23	73,15

Les chiffres représentent les valeurs moyennes des trois parcelles.

TABLEAU III
Substances volatiles des vins de Cépage Vilana (Les chiffres sont exprimés en mg/l.)

Table III - Volatile compounds in Vilana wines

	1996		1997	
	Vins issus de parcelles témoins*	éclaircies*	Vins issus de parcelles témoins*	éclaircies*
Alcools supérieurs	322,3	385,4	337,1	347,0
Esters ethyliques d'acides gras	2,1	2,9	2,3	2,7
Acétates d'alcools supérieurs	1,6	1,8	2,3	3,2
Acides gras volatils	4,2	3,3	3,4	4,5
Acides gras	11,0	9,2	11,3	10,0

Moyenne des valeurs des 3 parcelles

pauvre en acides aminés et sans arôme typique, les rendements élevés ont une influence défavorable sur la qualité des ses vins.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMERINE M. et OUGH C., 1980. *Methods for analysis of musts and wines*. A Wiley- Interscience Publication John Wiley and sons. New York p. 341.
- ANCIN C., AYESTARAN B. et GARRIDO J., 1996. Clarification by vacuum filtration of Grenache must. Utilisation of free amino acids during fermentation and bottle-aging of wine. *Am. J. Enol. Vitic.*, **47**, n°3, 313-322.
- BARRE, P. *et al.* 1998. La levure de fermentation alcoolique. In : *Oenologie, fondements scientifiques et technologiques*, C. Flanzly coord., pp. 414-495, Tec & Doc Lavoisier.
- BRAVDO B., HEPNER Y., LOINGER C., COHEN S. et TABACMAN H., 1984. Effect of crop level on growth, yield and wine quality of a high yielding Carignane vineyard. *Am. J. Enol. Vitic.*, **35**, n° 4, 247-252.
- BULTON, R. B., SINGLETON, V.L., BISSON, L.F. et KUNKEE, R.E. 1995. *Principles and practices of winemaking*. Chapman et Hall ed., New York.
- CANTAGREL R., SYMONDS P. et CARLES J., 1982. Composition en acides aminés du moût en fonction du cépage et de la technologie et son influence sur la qualité du vin. *Sci. Alim.*, **2**, 109-142.
- CASOLI A. et COLAGRANDE O., 1982. Use of High Performance liquid chromatography for the determination of amino acids in sparkling wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, **33**, n°3, 135-139.
- GALLANDER J. F., CAHOON G. A. et BEELMAN R.B., 1969. Free amino acids in musts of eight eastern grape varieties. *Am. J. Enol. Vitic.*, **20**, n° 3, 140-145.
- GOCKOWIAK H. et HENSCHKE P. A., 1992. Nitrogen composition of grape juice and implications for fermentations : Results of a survey made in N-E Victoria. *Austral. Grape Grower Winemaker*, **340**, n°131, 133-138.
- HARVALIA A., DANILATOS N. et VASSILIOU M., 1976. Relation entre la teneur des vins en alcools supérieurs et la teneur des moûts en substances azotées en particulier en acides aminés. *Bull. O.I.V.*, **49**, 222-233.
- HENSCHKE P. A. et JIRANEK V., 1991. Hydrogen sulfide formation during fermentation : Effect of nitrogen composition in model grape must. In : *Proceed. Int. symp. on nitrogen in grapes and wines*. J. M. Rantz (ed.), pp 172-184, Am. Soc. Enol. Vitic., Davis, CA.
- HENSCHKE, P.A. and JIRANEK, V. 1992. Yeasts Metabolism of nitrogen compounds. In : *Wine microbiology and biotechnology*. G. H. Fleet, Ed., pp. 77-164, Harwood Academic Publishers.
- HEWLETT-PACKARD. *Amino-Quant*, Series II. Operator's Handbook. HP part n°, 01090-90025, Germany, July 1990.
- HUANG Z. et OUGH C. S., 1989. Effect of vineyard location, varieties and rootstocks on the juice amino acid composition of several cultivars. *Am. J. Enol. Vitic.*, **40**, n°2, 135-139.
- HUANG, Z. et OUGH C. S., 1991. Amino acids profiles of commercial grape juices and wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, **42**, n°3, 261-267.
- JIRANEK V., LANGRIDGE P. et HENSCHKE P.A., 1995a. Regulation of hydrogen sulfide libération in wine-producing *Saccharomyces cerevisiae* strains by assimilable nitrogen. *J. Appl. Environ. Microbiol.*, **61**, 461-467.
- JIRANEK V., LANGRIDGE P. et HENSCHKE P.A., 1995b. Amino acid and ammonium utilization by *saccharomyces cerevisiae* wine yeasts from a chemically defined medium. *Am. J. Enol. Vitic.*, **46**, n°1, 75-83.
- KLIEWER W.M., 1970. Free amino acids and other nitrogenous fractions in wine grapes. *J. Food Sci.*, **35**, 17-21.
- KUNKEE R. E., 1991. Relationship between nitrogen content of must and sluggish fermentation. In : *Proceed. Int. Symp. on Nitrogen in Grapes and Wines*. J. M. Rantz (Ed.), pp 148-155, Am. Soc. Enol. Vitic., Davis, CA.
- MONTEIRO F. et BISSON L., 1991. Amino acid utilization and urea formation during vinification fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.*, **42**, n°3, 199-208.
- NYKANEN, L. 1986. Formation and occurrence of flavor compounds in wine and distilled alcoholic beverage. *Am. J. Enol. Vitic.*, **37**, n°1, 84-96.
- ORTE P.H., GUITART A. et CACHO J., 1997. Amino acid determination in musts and wines by HPLC after derivation with phenylisothiocyanate. *Am. J. Enol. Vitic.*, **48**, n°2, 229-235.
- OUGH C. S., 1991. Influence of nitrogen compounds in grapes on ethyl carbamate formation in wines. In : *Proceed. int. symp. on nitrogen in grapes and wines*. J. M. Rantz (Ed.), pp 165-171, Am. Soc. Enol. Vitic., Davis, CA.
- RAPP A. et VERSINI G., 1995. Influence of nitrogen compounds in grapes on aroma compounds of wines. In : *The composition of musts influence on stuck fermentations*. Lallemand (ed.) pp. 71-82, GEISENHEIM, May 1995.
- SANDERS E. et OUGH C., 1985. Determination of free amino acids in wine by HPLC. *Am. J. Enol. Vitic.*, **36**, n°1, 43-46.
- SPAYD S. et ANDERSEN-BAGGE J., 1996. Free amino acid composition of grape juice from 12 *Vitis vinifera* cultivars in Washington. *Am. J. Enol. Vitic.*, **47**, n°4, 389-401.
- SPONHOLZ W. R., 1991. Nitrogen compounds in grapes and wines. In : *Proceed. Int. Symp. on Nitrogen in grapes and wines*. J. M. Rantz (Ed.), pp 66-77, Am. Soc. Enol. Vitic., Davis, CA.

Reçu le 30 octobre 1998
 accepté pour publication le 21 juin 1999
