

MISE EN ÉVIDENCE DE COMPOSÉS CLEFS DANS L'ARÔME DES VINS ROSÉS ET CLAIRETS DE BORDEAUX

IMPACT OF SOME COMPONENTS ON BORDEAUX ROSES AND CLAIRETS AROMA

Marie-Laure MURAT, T. TOMINAGA et D. DUBOURDIEU

Faculté d'œnologie de Bordeaux, Université Victor Ségalen,
351 cours de la Libération, 33405 Talence cedex, France.

Résumé : Des vins rosés et clairets A.O.C. Bordeaux issus des cépages Cabernet Sauvignon, Cabernet franc et Merlot ont été classés en fonction de l'intensité de leur caractère fruité par l'analyse sensorielle. Le 3-mercaptohexan-1-ol, l'acétate de 3-mercaptohexyle et l'acétate de phényl-éthyle sont présents en quantités d'autant plus élevées que les vins sont jugés fruités par les dégustateurs. Des corrélations très significatives entre les résultats de l'analyse sensorielle et les teneurs en ces composés sont obtenues. Un vin additionné de ces trois molécules est toujours jugé plus fruité que le vin témoin. Ainsi, ces trois composés peuvent être considérés comme composés clefs de l'arôme fruité des vins rosés de Bordeaux.

Summary: Twenty rose and ten claret A.O.C. Bordeaux wines made from Cabernet Sauvignon, Cabernet franc and Merlot grapes were separately tasted by the same jury of ten professionals. They were asked to classify the wines according to the intensity of the fruity character. The fruitiest sample was given first rank. The wines' b-damascenone, b-ionone, phenyl-2-ethanol, isoamyl acetate, phenyl-ethyl acetate (APE), 3-mercaptohexan-1-ol (3MH) and 3-mercaptohexyl acetate (A3MH) contents were also measured. The higher the latter three compounds' values, the higher the wines' fruity character. Highly significant correlation were found between the sensorial analysis results and these compounds contents. In order to confirm the 3MH, A3MH and APE contribution to the fruity aroma of rose wines, a tasting has been carried out. For this, these three compounds were added to a rose wine up to the concentrations found in the wine judged the fruitiest by the tasters. 100 % of the tasters identified the supplemented glasses, and 90 % preferred the supplemented wine. This second experiment clearly demonstrate that 3MH, A3MH and APE can be considered key components of Bordeaux rose wines' fruity aroma.

The production of APE by yeast has been known for a long time. The 3MH is present in must under cysteinylated precursor form. The transformation of the precursor into aroma is made by the *Saccharomyces cerevisiae* yeasts during alcoholic fermentation. Thus the choice of yeast strains has a decisive impact on the fruity aroma of Bordeaux rose and claret wines.

Mots clefs : vins rosé et clairets, Merlot, Cabernet Sauvignon, Cabernet franc, 3-mercaptohexan-1-ol, acétate de 3-mercaptohexyle, acétate de phényl-éthyle.

Key words : rose and claret wines, Merlot, Cabernet Sauvignon, Cabernet franc, 3-mercaptohexan-1-ol, 3-mercaptohexyl acetate, phenyl-ethyl acetate.

INTRODUCTION

Il existe, dans la région de Bordeaux des vins rosés « classiques » et des vins rosés plus colorés et plus corsés appelés « Clairets », issus des cépages Cabernet Sauvignon, Merlot et Cabernet franc. La palette aromatique de ces vins est étendue. Certains évoquent des nuances « sauvignonées », buis, genêt, bourgeon de cassis, fruit de la passion et pamplemousse ; d'autres des notes de petits fruits rouges, cassis, framboise, fraise ; et d'autres des arômes d'origine fermentaire, banane, rose. À ce jour, la littérature ne rapporte aucun travaux relatifs à l'arôme variétal de ces vins.

En revanche, plusieurs composés participant à l'arôme des vins rouges issus des même cépages ont été identifiés ; la 2-méthoxy-3-isobutylmethoxy-pyrazine est responsable du caractère poivron vert de certains vins de Cabernet Sauvignon (ALLEN *et al.*, 1989, 1994 ; BAYONOVE *et al.*, 1975 ; BOISON et TOMLINSON, 1990 ; ROUJOU DE BOUBEE *et al.*, 2000) ; les dérivés C-13 norisoprénoides sont souvent cités comme capables d'intervenir dans la nuance fruitée (BAUMES *et al.*, 1986 ; RAZUNGLES et BAYONOVE, 1996) ; certains monoterpènes sont susceptibles de contribuer aux nuances florales et fruitées (BAUMES *et al.*, 1986 ; BERTRAND *et al.*, 1995 ;

SHIMODA *et al.*, 1993) ; le 3-mercaptohexan-1-ol (3MH) et l'acétate de 3-mercaptohexyle (A3MH), dont l'impact olfactif dans l'arôme caractéristique des vins de Sauvignon blanc est bien connu (TOMINAGA, 1998 ; TOMINAGA *et al.*, 1996, 1998 a, b) peuvent également participer à la nuance fruitée des vins rouges (BOUCHILLOUX *et al.*, 1998 ; BLANCHARD *et al.*, 1999).

En se basant sur les résultats des auteurs précédemment cités, nous avons examiné la contribution de la β -damascénone, la β -ionone, du phényl-2-éthanol, de l'acétate de phényl-éthyle, de l'acétate d'isoamyle, du 3-mercaptohexan-1-ol et de l'acétate de 3-mercaptohexyle à l'arôme fruité des vins rosés et claires de Bordeaux.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

I - VINS

Cette étude porte sur vingt vins A.O.C. (Appellation d'Origine Contrôlée) Bordeaux rosés et dix vins A.O.C. Bordeaux claires du millésime 1998. Les vins claires, dont la couleur est plus foncée que celle des vins rosés, sont des « vins rouges, légers et peu colorés répondant aux autres conditions de production des vins rouges à A.O.C. Bordeaux ».

Les vins analysés dans ce travail sont issus d'assemblages en proportions variables de Merlot, Cabernet Sauvignon et Cabernet franc.

II - COMPOSÉS DE RÉFÉRENCE

Le 3MH (Référence : OM 984640) et l'A3MH (Référence : OM 468972) sont fournis par Interchim (Montluçon, France), et l'acétate de phényl-éthyle est fourni par Lancaster (Référence : 8128, N° Cas : 103-45-7).

III - ANALYSE SENSORIELLE

1) Dégustation : classement des vins rosés claires, selon l'intensité de leur arôme fruité

Les vins rosés et claires sont dégustés par un même jury de 10 professionnels. Il est demandé aux dégustateurs de classer les échantillons de chaque type de vin (Rosé/Clair) par rang selon l'intensité de leur caractère fruité. Le rang 1 est attribué à l'échantillon présentant le caractère fruité le plus marqué. Un classement par rang de chaque type de vin est ainsi réalisé.

2) Traitement statistique des résultats de l'analyse sensorielle

Afin de déterminer s'il existe des différences significatives d'une part entre les vins rosés, et d'autre part

entre les vins claires, un Khi-Deux modifié sur la somme des rangs est calculé (O'MAHONY, 1986).

IV - ANALYSE CHIMIQUE

1) Thiols volatils

La teneur en thiols volatils des vins est déterminée selon la méthode décrite par TOMINAGA *et al.* (1998 b) modifiée par le même auteur (2000).

2) Esters fermentaires et phényl-2-éthanol

Les teneurs en acétate d'isoamyle (AI), acétate de phényl-éthyle (APE) et phényl-2-éthanol (PE) sont déterminées selon la méthode décrite par BERTRAND *et al.* (1978).

3) Dérivés C-13 norisoprénoides

Un volume de 250 mL de vin, ajusté à pH = 8 par addition d'hydroxyde de sodium 10 N, contenant 30 μ L d'octanone-2 (Aldrich, 04709) à 2g/L comme étalon interne est extrait sous agitation magnétique par trois extractions successives au dichlorométhane : pentane (1 : 1, v : v) (SDS, 02922 E / 064273021). Le volume nécessaire de solvant organique et le temps d'extraction sont de 10 mL pendant 10 min pour la première, et 5 mL pendant 5 min pour les deux dernières extractions. Les trois phases organiques sont réunies et séchées sur sulfate de sodium anhydre, puis concentrées sous un flux d'azote jusqu'à 500 μ L. Un volume de 1 mL d'extrait est injecté sur un chromatographe 5890 series II couplé à un spectromètre de masse 5970 programmé dans les conditions décrites par CHATONNET *et al.* (1992) excepté pour la température initiale (45°C).

La détermination des teneurs en β -damascénone (β -D) et β -ionone (β -I) est réalisée à l'aide d'une gamme d'étalonnage préparée avec des produits purs (β -D, synthétisée par Firminich ; β -I, Aldrich, I-1 260-3). La corrélation entre les quantités croissantes rajoutées et les quantités retrouvées lors du dosage est linéaire pour les deux composés ($R^2 = 0,9952$ pour la β -D, et 0,9984 pour la β -I). Dans nos conditions d'analyse le coefficient de variation est inférieur à 10 p. cent (au seuil $\alpha = 0.01$) pour les deux composés dosés.

V - MISE EN ÉVIDENCE DE LA CONTRIBUTION DU 3MH, DE L'A3MH ET DE L'APE À L'ARÔME FRUITÉ DES VINS ROSÉS DE BORDEAUX

Afin de connaître la contribution de deux thiols volatils et d'un ester à l'arôme fruité des vins rosés de Bordeaux, un vin rosé (millésime 2000, A.O.C. Bordeaux) renfermant des traces de ces composés (les teneurs en thiols volatils et APE ont préalablement été déterminées par les méthodes décrites ci-dessus) est additionné de 3MH, d'A3MH et d'APE afin d'obtenir

TABLEAU I
Descripteurs olfactifs et seuils de perception en solution modèle hydroalcoolique des composés analysés dans les vins rosés et clairets de Bordeaux.

Olfactory descriptions and perception thresholds in aqueous alcohol solution for the odors of compounds analysed in Bordeaux rose and claret wines.

Composés	Descripteurs olfactifs	Seuils de perception
3-mercaptohexan-1ol (3MH)	Pamplemousse	60 ¹ ng/L
Acétate de 3-mercaptohexyle (A3MH)	Fruit de la passion	
	Buis	
Acétate d'isoamyle (AI)	Fruit de la passion	4,2 ² ng/L
Acétate de phényl éthyle (APE)	Banane	0,2 ³ ng/L
Phényl-2-éthanol (PE)	Rose	0,3 ³ ng/L
β-damascénone (β-D)	Rose	0,5 ³ ng/L
β-ionone (β-I)	Compote de pomme, floral, miel...	45 ⁴ ng/L
	Violette	6 00 ⁴ ng/L

1) TOMINAGA *et al.* (1998 a) ; 2) TOMINAGA *et al.* (1996) ; 3) BOIDRON (non publié) ; 4) CHATONNET (non publié)

TABLEAU II
Teneurs en 3MH, A3MH, PE, APE, AI, β-I et β-D et somme des rangs obtenus à la dégustation des vins rosés (R 1 à R 20)¹ de Bordeaux (millésime 1998). Signification statistique des écarts des sommes de rang.

3MH, A3MH, PE, APE, AI, β-I and β-D contents and sum of the tasting rank of Bordeaux rose wines (R 1 à R 20)¹ (1998 vintage) ; statistical signification of the difference.

	Somme des rangs	3MH (ng/L)	A3MH (ng/L)	PE (mg/L)	APE (mg/L)	AI (mg/L)	β-I (ng/L)	β-D (ng/L)
R 7	56 a ²	2256	12	16,7	0,45	3,76	62	3589
R 18	58 a	1456	13,7	64	0,43	1,34	30	3412
R 6	59 a	1406	19,8	63,4	0,96	2,5	511	6211
R 3	60 a	996	5,5	21	0,24	1,78	95	4279
R 10	60 a	812	5,5	23	0,6	3,5	81	1861
R 8	61 a	730	40	17,23	0,57	5,1	79	3226
R 13	62 a	460	12,3	27,5	0,3	2,24	95	4715
R 17	72 a b	388	1,93	23,55	0,33	1,5	48	1737
R 1	115 b c	220	0,63	31,5	0,33	2,14	98	3908
R 20	118 b c	199	1	31,5	0,33	2,14	75	2304
R 12	121 b c	214	0,8	6,3	0,16	1,5	96	5279
R 4	126 b c	212	1,43	18	0,29	2,73	40	2792
R 15	129 c	196	0	21,8	0,26	3,34	38	3660
R 19	130 c	150	1,4	17	0,25	1,2	113	3846
R 5	134 c	120	1,6	26,7	0,4	1,2	34	1675
R 16	136 c	118	1,5	17	0,25	1,2	67	2543
R 9	143 c	116	1,6	57	0,19	1,02	61	1861
R 14	149 c	110	0,6	5,44	0,16	1,85	85	3824
R 11	149 c	98	2,11	27,7	0,29	2,26	83	2392
R 2	163 c	80	0	24,9	0,33	7,9	56	4715
Moyenne	105	517	6.62	27	0.36	2.51	92	3391
Ecart type	38,6	594	9,31	16,4	0,2	1,6	101,4	1261
CV (1 %)	20,9	66,1	80,9	34,8	33,7	36,6	62,8	21,4

1) Analyses réalisées en février 1999 - Analysis made in february 1999.

2) Les lettres a, b, c indiquent la signification statistique des écarts (p < 0,01). Values followed by different letters (a, b, c) are statistically different (p < 0,01).

les teneurs respectives suivantes : 2300 ng/L, 12 ng/L, et 0,45 mg/L. Une analyse sensorielle de type deux sur cinq est ensuite réalisée. Pour cela deux verres sont additionnés de ces composés, puis il demandé à un jury de 10 dégustateurs entraînés de retrouver, par l'analyse olfactive, parmi les cinq verres la paire différente, et de préciser le groupe de verre présentant le caractère le plus fruité.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I - ANALYSE SENSORIELLE : CLASSEMENT DES VINS ROSÉS ET CLAIRETS DE BORDEAUX SELON L'INTENSITÉ DE LEUR ARÔME FRUITÉ

La dégustation des vins rosés et clairets met en évidence des différences statistiquement significatives (au seuil $\alpha = 0,01$), entre les échantillons de ces deux types de vins. Le Khi-deux calculé est respectivement égal à 82,76 pour les vins rosés (valeur critique de $F = 42,31$), et 71,77 pour les vins clairets (valeur critique de $F = 27,88$). De ce fait, plusieurs groupes de vins peuvent être distingués : trois pour les vins rosés, et cinq pour les vins clairets (tableaux II et III) ; les vins appar-

tenant au groupe « a » sont jugés les plus fruités à la dégustation.

II – ANALYSE CHIMIQUE : DOSAGES DU 3MH, DE L'A3MH, DU PE, DE L'APE, DE L'AI, DE LA β -I ET DE LA β -D DANS LES VINS ROSÉS ET CLAIRETS DE BORDEAUX

Les seuils de perception en milieu modèle hydro-alcoolique (BOIDRON *et al.*, 1988), ainsi que les descripteurs des composés analysés sont présentés dans le tableau I. L'ensemble des résultats figure dans les tableaux II et III.

Les teneurs moyennes en 3MH, A3MH, AI, PE et β -D des deux types de vins dépassent largement les seuils de perception respectifs de ces composés.

L'APE est présent à des concentrations souvent proches de son seuil de perception ; et la β -I n'atteint jamais son seuil de perception dans l'ensemble des vins analysés.

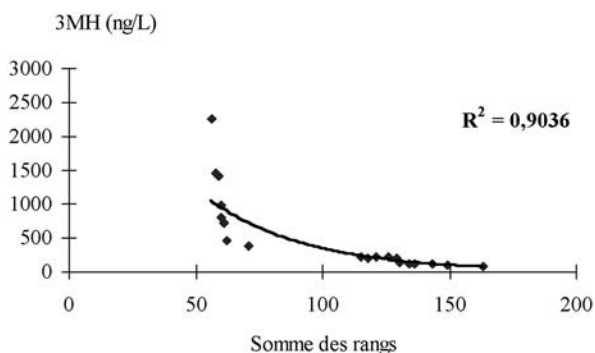


Fig. 1a - Corrélation de la teneur en 3MH des vins rosés à la somme des rangs obtenus à la dégustation.

Fig. 1a - Correlation between 3MH content of rose wines and sum of the tasting rank.

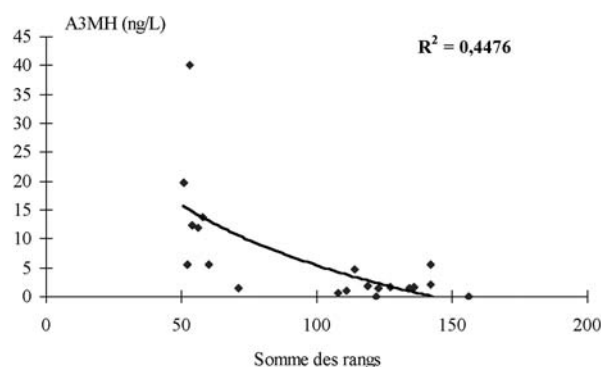


Fig. 2a - Corrélation de la teneur en A3MH des vins rosés à la somme des rangs obtenue à la dégustation.

Fig. 2a - Correlation between A3MH content of rose wines and sum of the tasting rank.

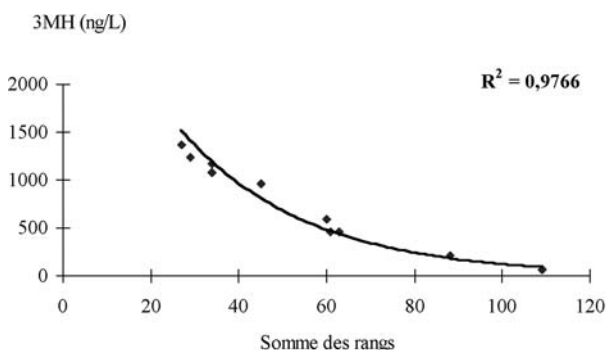


Fig. 1b - Corrélation de la teneur en 3MH des vins clairets à la somme des rangs obtenus à la dégustation.

Fig. 1b - Correlation between 3MH content of claret wines and sum of the tasting rank.

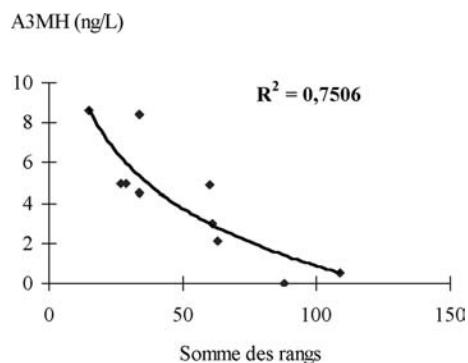


Fig. 2b - Corrélation de la teneur en A3MH des vins clairets à la somme des rangs obtenue à la dégustation.

Fig. 2b - Correlation between A3MH content of claret wines and sum of the tasting rank.

TABLEAU III
Teneurs en 3MH, A3MH, PE, APE, AI, β -I et β -D et somme des rangs obtenus
à la dégustation des vins clairets (C1 à C10)¹ de Bordeaux (millésime 1998).
Signification statistique des écarts des sommes de rang.

3MH, A3MH, PE, APE, AI, β -I and β -D contents and sum of the tasting rank
of Bordeaux claret wines (C 1 à C 10)¹ (1998 vintage) ; statistical signification of the difference.

	Somme des rangs	3MH (ng/L)	A3MH (ng/L)	PE (mg/L)	APE (mg/L)	AI (mg/L)	b-I (ng/L)	b-D (ng/L)
C 3	27 a ²	1362	5	18,42	0,69	4,3	73	2109
C 7	29 a	1240	5	16	0,19	1,3	89	3536
C 1	34 a b	1174	8,4	8,98	0,37	3,25	45	2543
C 4	34 a b	1080	4,5	29,7	0,36	2,45	51	993
C 8	45 a b c	962	8,6	22,4	0,31	2	60	3170
C 6	60 b c	596	4,9	23	0,2	2,2	89	2978
C 9	61 b c d	464	3	44	0,26	1,47	55	2015
C 10	63 c d	456	2,1	11,6	0,11	2,18	60	2792
C 2	88 d	204	0	47	0,8	1,36	63	2792
C 5	109 e	68	0,56	36,5	0,34	2,95	88	4032
Moyenne	55	761	4,21	25,8	0,36	2,35	67,3	2696
Ecart type	27	460	2,9	13,2	0,2	0,9	16,5	853
CV (1 %)	40	49,2	80,7	41,9	44,4	31	19,9	23,4

1) Analyses réalisées en février 1999 - Analysis made in february 1999.

2) Les lettres a, b, c indiquent la signification statistique des écarts ($p < 0,01$). 2) -Values followed by different letters (a, b, c) are statistically different ($p < 0,01$).

III - RELATION ENTRE LES RÉSULTATS DES ANALYSES SENSORIELLE ET CHIMIQUE

Pour chacun des composés odorants étudié, nous avons établi une droite de régression entre la somme des rangs obtenus à la dégustation et les résultats des dosages afin de déterminer leur degré de dépendance.

Seules les teneurs en 3MH (figures 1a et 1b) et A3MH (figures 2a et 2b) des vins rosés et clairets, et les teneurs en APE (figure 3) des vins rosés sont significativement corrélées à l'intensité de la nuance fruitée perçue par les dégustateurs (tableau IV).

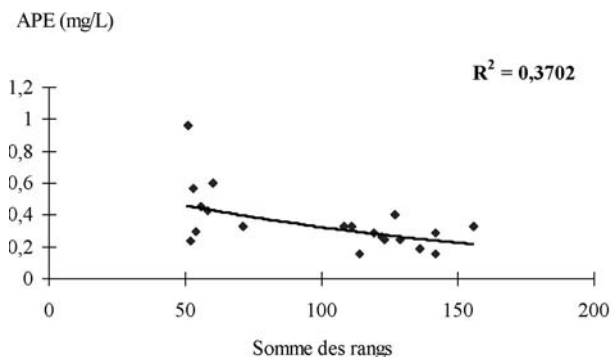


Fig. 3 - Corrélation de la teneur en APE des vins rosés à la somme des rangs obtenus à la dégustation.

Fig. 3 - Correlation between APE content of rose wines and sum of the tasting rank.

Ainsi, les vins rosés et clairets apparaissent d'autant plus fruités qu'ils sont pourvus en ces trois composés. Rappelons que les teneurs en ces molécules des vins du groupe « a » atteignent ou dépassent largement leurs seuils de perception.

Pour le PE, l'AI et la β -D, dont les teneurs dépassent le seuil de perception, les corrélations entre les analyses sensorielle et chimique ne sont pas statistiquement significatives (tableau IV).

IV - MISE EN ÉVIDENCE DE LA CONTRIBUTION DU 3MH, DE L'A3MH ET DE L'APE À L'ARÔME FRUITÉ DES VINS ROSÉS DE BORDEAUX

Afin de confirmer la contribution du 3MH, de l'A3MH et de l'APE à l'arôme des vins rosés de Bordeaux, nous avons réalisé un test sensoriel type deux sur cinq comme décrit précédemment. Dans un test de ce type, l'incertitude due au hasard est inférieure à 5 p. cent.

Les teneurs initiales en 3MH, A3MH et APE du vin témoin sont les suivantes : 100 ng/L, 0 ng/L et 0,2 mg/L. Ces trois composés sont ajoutés afin que leurs teneurs atteignent celles de l'échantillon le plus apprécié à la dégustation (R 7, voir tableau II).

100 p. cent des dégustateurs identifient les verres supplémentés, et 90 p. cent préfèrent le vin supplé-

TABLEAU IV
Valeurs des coefficients de corrélation (R²) entre la somme des rangs obtenus à la dégustation et les teneurs en 3MH, A3MH, PE, APE, AI, β-I et β-D, des vins rosés (n = 20) et clarets (n = 10). Signification des corrélations.

Correlation coefficient values (R²) between sum of the tasting rank and 3MH, A3MH, PE, APE, AI, β-I et β-D rose (n = 20) and claret (n = 10) wines content. Statistical signification of the correlation.

	3MH	A3MH	PE	APE	AI	β-I	β-D
Vins Rosés							
R ²	0,8364	0,4476	0,0677	0,3702	0,0173	0,0712	0,0334
Signification de la corrélation	S***	S**	NS	S*	NS	NS	NS
Vins Clarets							
R ²	0,9766	0,7506	0,2748	0,0027	0,0189	0,094	0,1152
Signification de la corrélation	S***	S***	NS	NS	NS	NS	NS

NS : non significatif - NS : non significatif.

S : significatif ; *, **, *** indiquent respectivement la signification de la corrélation aux seuils $\alpha = 0,1$, $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$.

S : *, **, *** mean statistical significance at $\alpha = 0,1$, $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$.

menté. Ce test confirme la contribution du 3MH, de l'A3MH et de l'APE à la nuance fruitée des vins rosés de Bordeaux.

CONCLUSION

Du fait de leurs teneurs supérieures à leurs seuils de perception, l'AI, le PE et la β-D participent vraisemblablement à l'arôme global des vins rosés et clarets de Bordeaux. Cependant, l'absence de corrélation entre les résultats des analyses sensorielle et chimique pour ces trois composés indique que leur contribution à l'arôme de ces vins est mineure comparativement à celle du 3MH, de l'A3MH et de l'APE. En outre, du fait de son faible facteur de Stevens (< 0,05) la β-D ne confère pas au vin un arôme beaucoup plus intense lorsque sa teneur augmente.

Seuls le 3MH, l'A3MH et l'APE dont les teneurs atteignent ou dépassent largement leurs seuils de perception, et pour lesquels les résultats des analyses sensorielle et chimique sont significativement corrélées, contribuent à l'arôme fruité des vins rosés et clarets de Bordeaux issus des cépages Merlot, Cabernet Sauvignon et Cabernet franc.

La production par la levure de l'APE, produit secondaire de la fermentation alcoolique, est connue depuis longtemps.

Le 3MH est présent dans les moûts de Sauvignon blanc sous forme de précurseur cystéinylé, S-3-(hexan-1-ol)-L-cystéine (TOMINAGA *et al.*, 1998 c). A l'évidence, ce précurseur existe dans les moûts de Merlot, Cabernet Sauvignon et Cabernet franc destinés à l'élaboration de vins rosés et clarets. La transformation de ce précurseur en arôme se fait sous l'action de la levure *Saccharomyces cerevisiae* au cours de la fermentation. L'A3MH est également formé par la levure au cours

de la fermentation alcoolique, par acétylation du 3MH. La teneur des vins rosés et clarets de Bordeaux en ces deux composés est donc vraisemblablement liée d'une part à la richesse des raisins en S-3-(hexan-1-ol)-L-cystéine, et d'autre part au métabolisme des levures de vinification.

Remerciements : Cette étude a été réalisée avec le soutien financier du Syndicat Viticole des Bordeaux et Bordeaux supérieurs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN M.S., LACEY M.J., BROWN W.V. et HARRIS R.L.N., 1989. Occurrence of methoxypyrazines in grapes of *Vitis vinifera* cv. Cabernet Sauvignon and Sauvignon blanc. *Proceed. 4^e Int. Symp. Enol.*, Bordeaux, Dunod, Paris, 25-30.
- ALLEN M.S., LACEY M.J. et BOYD S., 1994. Determination of methoxypyrazines in red wines by stable isotope dilution gas chromatography-mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 1734-1738.
- BAUMES R., CORDONNIER R., NITZ S. et DRAWERT F., 1986. Identification and determination of volatile constituents in wine from different cultivars. *J. Sci. Food Agric.*, **281**, 75-78.
- BAYONOVE C., CORDONNIER R. et DUBOIS P., 1975. Étude d'une fraction caractéristique de l'arôme des raisins de Cabernet Sauvignon (Study of a characteristic aroma fraction of Cabernet Sauvignon grapes). *C.R. Acad. Sci. Ser. D.*, **281**, 75-79.
- BERTRAND A., ANOCIBAR-BELOQUI A., GUEDES DE PINHO P. et KOTSERIDI Y., 1995. Arômes variétaux et de fermentation. In *Proceed 21st Congresso Mundial de la Viña y el Vino*, Punta del Este-Uruguay, Nov 1995, Office International de la Vigne et du Vin, Paris, 63-94.

- BERTRAND A., MARLY-BRUGEROLLE C. et SARRE C., 1978. Influence du débouillage des moûts et du sulfitage sur les teneurs en substances volatiles des vins et eaux-de-vie. *Connaissance Vigne Vin*, **12**, 35-48.
- BLANCHARD L., BOUCHILLOUX P., DARRIET P., TOMINAGA T. et DUBOURDIEU D., 1999. Caractérisation de la fraction volatile de nature soufrée dans les vins de Cabernet et Merlot. Étude de son évolution au cours de l'élevage en barriques. *6^e Symp. Int. œnol. Tec et Doc*, 501-505.
- BOISON J.O.K. et TOMLINSON R.H., 1990. New sensitive method for the examination of the volatile flavor fraction of Cabernet Sauvignon wines. *J. Chromatograph.*, **522**, 315-327.
- BOIDRON J.N., CHATONNET P. et PONS M., 1988. Influence du bois sur certaines substances odorantes des vins. *Connaissance Vigne Vin*, **22**, 275-294.
- BOUCHILLOUX P., DARRIET P., HENRY R., LAVIGNE V. et DUBOURDIEU D., 1998. Identification of volatile and powerful odorous thiols in Bordeaux red wine varieties. *J. Agric. Food. Chem.*, **46**, 3095-3099.
- CHATONNET P., LAVIGNE V., DUBOURDIEU D. et BOIDRON J.N., 1992. Identification et dosage de certains composés soufrés volatils lourds dans les vins par chromatographie en phase gazeuse et photométrie de flamme. *Sci. Aliments*, **12**, 513-532.
- O'MAHONY, 1986. Sensory evaluation of food-statistical methods and procedures. *Food and science technology*. Maral Dekker inc., N-Y.
- RAZUNGLES A. et BAYONOVE C., 1996. Les caroténoïdes du raisin et leur potentialité aromatique. *J. Int. Sci. Vigne Vin, hors série, La Viticulture à l'aube du 3^e millénaire*, 85-88.
- ROUJOU DE BOUBÉE D., VAN LEEUWEN C. et DUBOURDIEU D., 2000. Organoleptic impact of 2-methoxy-3-isobutylpyrazine on red Bordeaux and Loire wines. Effect of environmental conditions on concentrations in grapes during ripening. *J. Agric. Food Chem.*, **48**, 4830-4834.
- SHIMODA M., SHIBAMOTO T. et NOBLE A.C., 1993. Evaluation of Headspace Volatiles of Cabernet Sauvignon wines sampled by an On-Column Method. *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 1664-1668.
- TOMINAGA T., 1998. Recherches sur l'arôme variétal des vins de *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc et sa genèse à partir de précurseurs inodores du raisin. *Thèse Doctorat ès Sciences*. Université Victor Ségalen Bordeaux II.
- TOMINAGA T., BLANCHARD L., DARRIET P. et DUBOURDIEU D., 2000. A powerful aromatic volatile thiol, 2-Furanmethanethiol, exhibiting roast coffee aroma in wines made from several *Vitis vinifera* grape varieties. *J. Agric. Food Chem.*, **48**, 1799-1802.
- TOMINAGA T., DARRIET P. et DUBOURDIEU D., 1996. Identification de l'acétate de 3-mercaptohexanol, composé à forte odeur de buis, intervenant dans l'arôme des vins de Sauvignon. *Vitis*, **35**, 4, 207-210.
- TOMINAGA T., FURRER F., HENRY R. et DUBOURDIEU D., 1998 a. Identification of new volatile thiols in the aroma of *Vitis Vinifera* L. var. Sauvignon. *Flavour Fragrance J.*, **13**, 159-162.
- TOMINAGA T., MURAT M.L. et DUBOURDIEU D., 1998 b. Development of a method for analyzing the volatile thiols involved in the characteristic aroma of wines made from *Vitis Vinifera* L. Cv. Sauvignon blanc. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 1044-1048.
- TOMINAGA T., PEYROT DES GACHONS C. et DUBOURDIEU D., 1998 c. A new type of flavors precursors in *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc : S-cystéine conjuguates. *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 5215-5219.

Reçu le 1^{er} février 2001
accepté pour publication le 10 mai 2001
