Connaissance Vigne Vin, 1987, **21, n° 2, 113-125.**

EFFETS DE L'INTERACTION SOUCHE DE LEVURE/COMPOSITION DU MOUT SUR LA PRODUCTION, AU COURS DE LA FERMENTATION, DE QUELQUES METABOLITES VOLATILS.

Rosa MARCHETTI et Maria Elisabetta GUERZONI

Università degli Studi,
Dipartimento di Protezione e Valorizzarione Agro-Alimentare
Vian San Giacomo 7, 40126 Bologna (Italie).

INTRODUCTION

Dans un article récent (POLO et *al.,* 1984) il a été montré que les moûts de divers cépages fermentés par la même espèce de levure donnent des vins que l'on peut distinguer sur la base de leur composition en métabolites de la fermentation. Toutefois, parmi les nombreux facteurs qui influencent les caractéristiques et la qualité d'un vin, la souche de levure, agent de la fermentation, constitue en outre un facteur d'importance capitale, compte tenu de la variabilité métabolique à l'intérieur de l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* (STRYDOM, 1985; SOUFLEROS et BERTRAND, 1979; MAUGENET, 1980; HOUTMAN et DU PLESSIS, 1986). L'importance de l'influence exercée sur la composition d'un vin est, toutefois, également conditionnée par le cépage d'origine. Dans le cas de cépages aromatiques, la levure doit être faible productrice de composants secondaires et donner peu de caractères. Inversement, les moûts provenant de cépages neutres peuvent, avantageusement, être enrichis par les arômes de fermentation produits par les levures (MAUGENET, 1980; LAFON-LAFOURCADE, 1984). Toutefois, cette distinction d'ordre général doit tenir compte de cas particulier liés principalement à deux types de concepts, celui du terroir et celui de la typicité du vin. Il n'est pas facile de définir le rôle que la levure exerce sur la préservation de ces caractères si ambigus et si difficilement quantifiables. Dans ce travail préliminaire présenté ici, on a cherché à préciser, d'une part dans quelle mesure les différences métaboliques individuelles à l'intérieur d'une même espèce de levure peuvent avoir une incidence sur la composition des vins, d'autre part, dans quelle mesure les différences attribuables à la souche sont à leur tour conditionnées par la composition du moût. Ceci a été réalisé sur des moûts de raisins de cépages différents, mélangés en proportions diverses mais toujours suivant les traditions et les disciplines de production en usage; on peut considérer la zone d'origine, près du lac de Garde comme une «unité naturelle» (DUBOS, 1983) à la fois d'un point de vue vitivinicole et en ce qui concerne les aspects pédoclimatiques (PARONETTO, 1985). Sur les vins issus de ces moûts on a cherché à savoir si les différences attribuables aux souches peuvent être plus importantes que celles attribuables aux cépages ou plutôt, comme ici, aux mélanges des cépages.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

I. — MOÛTS.

On a utilisé 8 moûts issus de divers mélanges de cépages provenant de la zone du Bianco di Custoza (Lac de Garde) désignés par la composition et les numéros suivants : 1 : GTCo; 2 : Tb; 3 : CRMo; 4 : TCo; 5 : GMTCo; 6 : GMTCo; 7 : CRMo; 8 : CRMo (G = Garganega; T = Trebbiano toscano; Co = Cortese; Tb = Trebbianello; C = Corvina; R = Rondinella; Mo = Molinara; M = Malvasia). Ces moûts ont subi un traitement de pasteurisation à la température de 100° C, 5 minutes pour les moûts 1, 2, 3 et 4 et 10 minutes pour les moûts 5, 6, 7 et 8.

II. — SOUCHES ET MICROFERMENTATIONS.

Les 8 moûts ont été fermentés avec 16 souches de *Saccharomyces cerevisiae.* Les souches marquées Cu ont été isolées des mêmes moûts pendant une épreuve préliminaire de fermentation spontanée. Toutes les souches, isolées après 70 heures de fermentation et purifiées sur YMA (Yeast Extract, Malt Extract, Agar : DIFCO) ont été identifiées selon KREGER VAN RIJ (1984). Les souches 404, 635, Tolb, Ne15 et 808/15 appartiennent à la collection du Département de Protezione e Valorizzazionze Agroalimentare (Université de Bologne).

Au total, au moyen de 16 souches fermentant 8 moûts différents, on a conduit, à la température de 18° C, 128 microvinifications.

III. — MÉTHODES ANALYTIQUES.

L'azote ammoniacal a été déterminé avec une électrode sélective Orion sur un Orion digital Ion analyser (Mod. 801A). L'alcool produit, l'azote total et l'activité totale ont été déterminés selon les méthodes officielles d'analyse.

Les déterminations des substances volatiles des vins ont été effectuées sur les distillats alcooliques (A0AC 1980), par chromatographie en phase gazeuse (appareillage HP 5750) : Colonne Carbowax 20M 6,6 % sur 80/120 Carbopack B AW, 2 m × 2 mm d.i., en verre; la température de la colonne a été programmée comme suit : 80° C pendant 2 mn, de 80 à 130° C à 10° C/mn, 130° C pendant 2 mn; gaz vecteur : azote; débit 20 ml/mn; détecteur FID.; quantité injectable : 1μl; étalon interne : n-butanol.

IV. — TRAITEMENTS DES DONNÉES.

Le cœfficient de variabilité (cv) a été déterminé selon la formule $\frac{sm}{\bar{x}} \times 100$, sm représentant l'écart-type et x la moyenne.

Par regroupement des vins en fonction de la souche (vins "souches") ou de la composition des moûts d'origine (vins "moûts") en termes de concentration des métabolites étudiés, on a employé la formule :

$$D = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} \left| x_a - x_b \right|$$

utilisée à l'origine pour la détermination de la distance génétique (HEDRICK, 1971; STARMER, 1980). D représente la distance entre les couples des vins comparés sur la

base de la souche de levure ou entre les couples des vins comparés sur la base du moût d'origine; n représente le nombre des six métabolites considérés (éthanol, méthanol, acétate d'éthyle, méthyl-2-propanol-1, alcools amyliques et n-propanol). Pour le calcul, selon la formule indiquée, des distances et de la similarité [(1-D).100] entre les couples de vins par rapport à la souche, on a utilisé les moyennes standardisées (x_a = moyenne standardisée relative aux 8 moûts pour la souche a et x_b = moyenne standardisée relative aux 8 moûts pour la souche b).

La moyenne standardisée est obtenue en faisant la moyenne, pour tous les moûts, des rapports entre la teneur (exprimée en mg/l) en chacun des métabolites pour une souche et un moût donné, et la moyenne du même composant produit par toutes les souches dans les vins issus d'un moût donné. Ainsi, on peut comparer les diverses souches indépendamment des différences provenant du moût. De la même façon, pour la détermination de la distance (D) entre les couples de vins issus des divers moûts, indépendamment de la souche, on a utilisé les moyennes standardisées (x_a = moyenne standardisée des valeurs en chacun des 6 composés, relative aux 16 souches pour le moût a et x_b = moyenne standardisée des valeurs en chaque composé, relative aux 16 souches pour le moût b), constituées de la moyenne, pour toutes les souches, des rapports individuels entre la teneur en un métabolite particulier pour une souche et un moût donnés, et la valeur moyenne de ce composant pour cette souche dans tous les moûts.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

a) *Fermentations.*

Toutes les souches considérées dans les essais de microvinification dans les moûts se sont révélées propres à conduire des fermentations régulières et efficaces.

Toutefois si le rendement alcoolique est relativement uniforme et proche du rendement théorique, l'intensité fermentaire (g CO_2/400 ml à partir des premières 48 heures) présente des différences notables pour une même souche par rapport au moût. Cependant on n'a pas trouvé de corrélations significatives entre l'intensité fermentaire et les caractéristiques de composition considérées (AGENBACH, 1977; INGLEDEW et KUNKEE, 1985), notamment avec les teneurs en azote total et ammoniacal ainsi qu'avec les rapports degré Brix/acidité totale et degré Brix/azote ammoniacal.

Au contraire, on a observé une corrélation positive significative ($P < 0.005$) entre l'intensité fermentaire et le rapport degré Brix/azote total ($r = 0.518$), en ce qui confirme l'importance de la disponibilité de l'azote pour un bon déroulement de la fermentation.

Le rendement alcoolique, d'ailleurs toujours près de la valeur théorique, n'a pas présenté aucune corrélation avec les paramètres précédents. Toutefois, une corrélation positive significative a été trouvée entre l'alcool formé et le produit degré Brix.pH (coefficient de corrélation $r = 0.999$; $P < 0.005$).

Cette dépendance réduite de l'énergie fermentaire et du rendement alcoolique vis-à-vis de la composition des moûts peut signifier que, d'un point de vue nutritionnel, les moûts ne présentaient pas de facteurs limitants susceptibles d'influer sur le développement et le métabolisme primaire des levures. Cette «uniformité nutritionnelle» est

importante; en effet on sait que certaines carences liées au milieu, auxquelles peuvent s'ajouter une auxotrophie de la souche, sont susceptible d'avoir une incidence sur la composition en produits secondaires du vin (GUERZONI et *al., 1985).* En conséquence, de ce point de vue, les vins obtenus à partir des divers moûts peuvent être considérés comme comparables.

b) *Métabolites de fermentation.*

Comme on l'a précisé plus haut, seuls quelques composés majeurs tels que l'éthanol, l'acétate d'éthyle et les alcools secondaires jusqu'aux alcools amyliques, ont été pris en compte, bien que l'alcool méthylique ne soit pas — si ce n'est de manière limitée — un métabolite des levures; il a été cependant dosé étant donné que POLO et *al.,* (1984) ont démontré qu'il pouvait être considéré, de même que le méthyl-2-propanol-1, comme un facteur de discrimination entre vins d'origines variétales diverses.

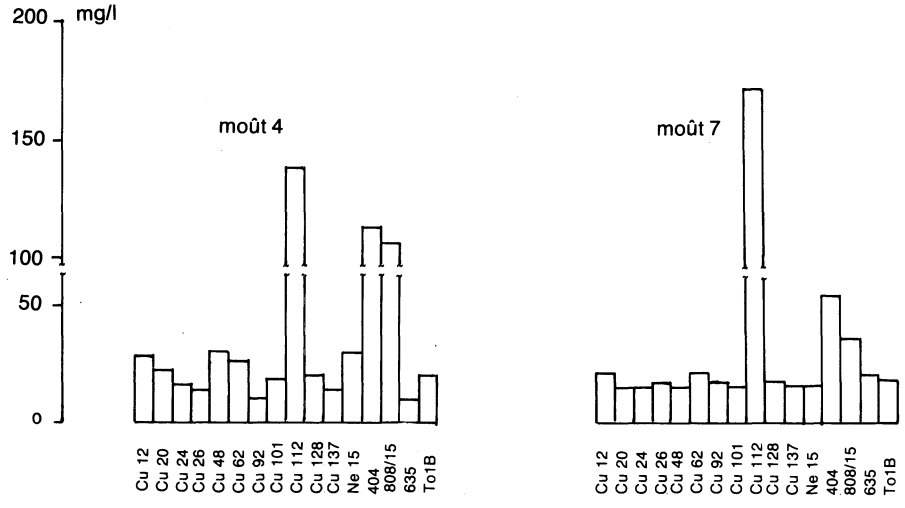
Tous les composés étudiés, même s'ils participent à la constitution de l'arôme, n'en sont pas naturellement les seuls responsables; il s'agit toutefois des métabolites quantitativement les plus importants. En accord avec les travaux de ÄYRÄPÄÄ (1971), SCHULTNESS et ETTLINGER (1978), SUOMALAINEN et LEHTONEN (1979), ils dépendent de la composition du milieu en substances azotées, même si, pour un même moût, on rencontre des différences imputables à l'espèce ou à la souche (HOUTMAN et DU PLESSIS, 1983; SOUFLEROS et BERTRAND, 1979; GUERZONI et *al.,* 1984).

Les figures 1a et 1b, qui montrent la production de n-propanol et d'éthanal dans deux moûts (4 et 7) et pour toutes les souches de levures, ne sont que deux exemples de l'incidence de la souche sur la composition des vins et de l'intéraction de cette variabilité avec l'origine du moût. En particulier, on peut observer que, pour le moût 7, le comportement des souches est relativement uniforme en ce qui concerne la production de certains métabolites comme l'éthanal; au contraire, dans des moûts comme le 4, la réponse des souches est plus variable.

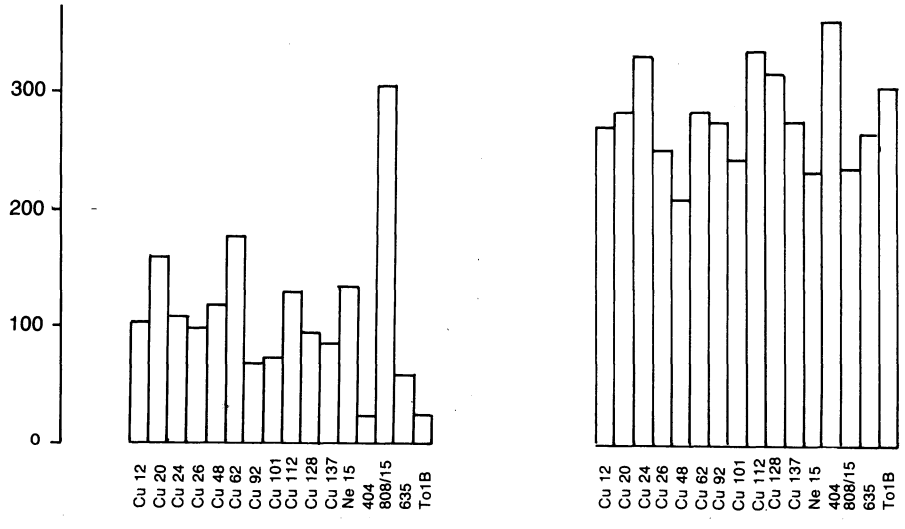
TABLEAU I

Teneur moyenne (x, mg/l), de quelques composés volatils et coefficient de variabilités relatifs (cv) des vins issus des huits moûts étudiés.

Moûts	Ethanal		Méthanol		Acétate d'éthyle		Méthyl-2 propanol-1		Alcools amyliques		n-propanol	
	$\bar{x}$	cv	$\bar{x}$	cv	$\bar{x}$	cv	$\bar{x}$	cv	$\bar{x}$	cv	$\bar{x}$	cv
1	60	33.2	24	33	11	39.4	35	44.5	207	27	10	92.8
2	35	53.7	23	44	17	23.1	39	37	165	26	49	90.4
3	67	62.2	27	26.7	24	58.2	30	40.9	189	21.2	25	104.8
4	103	64.6	28	39.3	18	41.1	27	38	113	29.2	36	112.11
5	256	16.9	36	13.6	2	66.7	45	40.9	279	13.3	18	90.1
6	123	38.9	35	13.9	3	46.7	64	28.4	222	10.8	23	83.5
7	287	17	41	11.2	6	30.7	31	32.4	205	15.6	30	129.3
8	192	27.9	54	14.2	5	44.8	41	25.6	188	19.7	33	123.3



a) n-propanol



b) éthanal

Fig. 1. — Production de n-propanol (1a) et d'éthanal (1b) par 16 souches cultivées sur les moûts 4 et 7.

TABLEAU II

Teneur moyenne ($\bar{x}$, mg/l) de quelques composés volatils, pour huit moûts, et coefficient de variabilités relatifs (cv) des vins obtenus par fermentation avec les 16 souches de levures utilisées.

Souches	Ethanal		Méthanol		Acétate d'éthyle		Méthyl-2 propanol-1		Alcools amyliques		n-Propanol	
	$\bar{x}$	cv	$\bar{x}$	cv	$\bar{x}$	cv	$\bar{x}$	cv	$\bar{x}$	cv	$\bar{x}$	cv
Cu 12	155	53.2	36	25.8	10	75.5	32	43.7	183	30.6	20	39.9
Cu 20	135	84.3	35	27.5	12	65.3	46	98.6	232	18.9	18	70.5
Cu 24	132	104.4	29	44	9	64.2	40	31.6	202	26.8	16	33.4
Cu 26	127	79.8	28	48.1	10	49.3	36	31.1	185	24.2	14	55
Cu 48	118	70.3	41	41.5	10	76.5	39	47.1	200	35.1	20	55
Cu 62	137	75.4	34	46.9	7	91.8	40	53.7	173	30.8	17	51.5
Cu 92	143	74.4	32	35.6	10	86.1	41	50.3	190	35	28	101.3
Cu 101	115	73.8	31	33.6	9	74.6	28	27.8	161	24.9	16	120.7
Cu 112	138	85.8	34	40.1	11	64.7	20	34.5	157	28	104	65
Cu 128	162	68	35	46.2	10	82.7	28	39.1	190	27.7	14	36.8
Cu 137	148	74.7	36	30.5	8	90.6	63	46.5	207	36.1	15	22
Ne 15	112	89	38	23.7	13	58	49	33.5	235	21.6	18	50.8
404	166	70.3	33	32.9	16	80.7	39	29.7	196	23.2	58	57.7
808/15	194	47.4	31	33.4	14	77	46	33	219	22.1	57	82.7
635	113	83.4	28	40.5	10	64.3	50	36.5	166	23.9	27	133.5
To1B	128	89.6	33	27.9	11	87.2	32	25.4	202	25.6	17	40.9

TABLEAU III

Distances (x 100) entre les couples des souches sur la base de la production des métabolites volatils étudiés.

Souches	Cu12	Cu20	Cu24	Cu26	Cu48	Cu62	Cu92	Cu101	Cu112	Cu128	Cu137	Ne15	404	808/15	635	To1B
Cu 12	0															
Cu 20	22.5	0														
Cu 24	16.8	18.0	0													
Cu 26	17.2	15.7	10.0	0												
Cu 48	21.2	22.3	14.0	19.0	0.											
Cu 62	17.0	11.2	11.5	8.5	19.2	0.										
Cu 92	15.5	23.0	14.8	16.0	15.3	14.8	0									
Cu 101	20.0	27.3	7.7	16.0	20.7	15.8	18.0	0								
Cu 112	71.8	70.8	62.5	68.8	68.7	63.0	56.5	62.8	0							
Cu 128	12.7	20.2	13.7	10.5	22.8	11.0	14.2	9.2	63.7	0						
Cu 137	24.0	16.5	14.7	15.5	24.5	17.7	24.5	25.8	79.7	20.7	0					
Ne 15	30.0	14.8	22.2	25.2	24.2	20.3	31.8	29.5	79.7	29.0	21.3	0				
404	36.2	38.7	38.8	40.0	37.3	35.8	30.0	47.0	45.2	43.0	48.8	37.5	0			
808/15	38.7	37.5	38.5	41.5	39.5	40.0	32.5	48.8	55.3	46.3	50.3	47.7	21.2	0		
635	26.2	24.3	13.7	21.9	19.7	19.2	13.0	23.0	67.2	24.2	17.2	27.2	36.0	33.8	0	
To1B	14.3	17.2	10.2	10.5	15.2	12.7	16.5	10.5	68.7	7.7	17.0	21.7	42.8	45.3	23.8	0

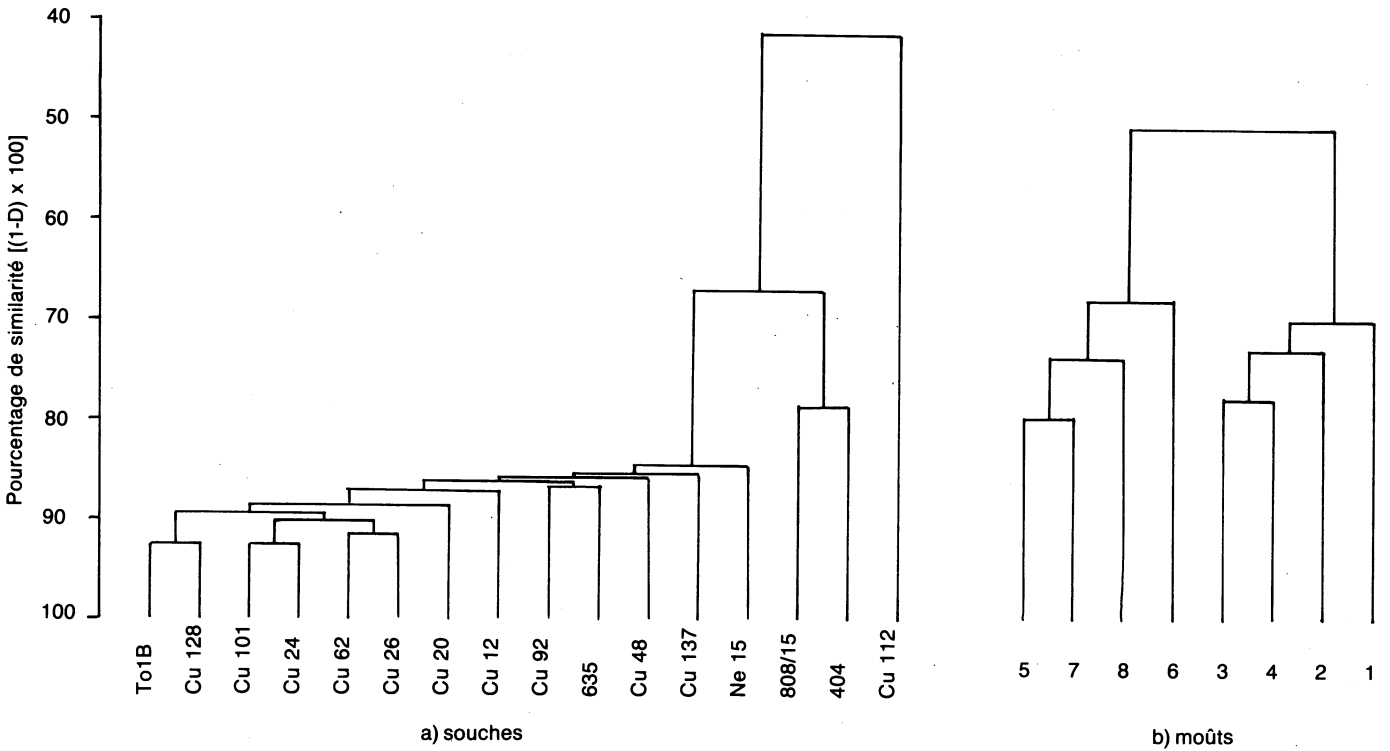


Fig. 2. — Classification hiérarchique sur la base du pourcentage de similarité respectivement parmi les souches (2a) et les moûts (2b).

Le tableau I donne la teneur moyenne des constituants des vins issus de chacun des huits moûts, ensemencés par les 16 souches ainsi que les cœfficients de variabilité obtenus.

Alors que le méthanol et les alcools amyliques présentent de faibles coefficients de variabilité, le n-propanol s'est révélé comme étant le composant le plus sujet à de fortes variations. Le tableau II donne les valeurs moyennes et les cœfficients de variabilité de six composants en fonction de la souche. On peut observer que, pour l'éthanal, l'acétate d'éthyle et le n-propanol, les cœfficients de variabilité (qui indiquent la réponse métabolique de la souche aux variations de composition des moûts) sont plus élevés que les cœfficients présentés dans le tableau I. Inversement, même en première observation, les différences entre les valeurs moyennes pour chaque composant, relatives aux souches diverses, sont, pour le même composant, inférieures aux différences entre les valeurs relatives aux moûts divers.

Pour mieux évaluer si les différences, dans la compositions en ces métabolites, attribuables au moût dépassent celles attribuables à la souche, on a regroupé les souches apparentées en termes de concentration en métabolites considérés, selon la formule présentée dans «Matériels et méthodes».

Les tableaux III et IV montrent respectivement les distances (x 100) entre les 120 couples de souches et entre les 28 couples de moûts.

TABLEAU IV

Distances (x 100) entre les couples de moûts sur la base de la production des métabolites volatils étudiés.

Moûts	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	36	30	41	58	49	56	55
2		0	27	28	83	68	73	64
3			0	22	77	62	60	59
4				0	73	59	56	55
5					0	32	20	37
6						0	47	39
7							0	26
8								0

La figure 2 (a et b) montre la classification hiérarchique construite à l'aide de cette analyse des groupes, respectivement entre les souches et entre les moûts.

On peut arbitrairement considérer comme élevée une similarité, (1-D) . 100, jusqu'à 85 p. 100, bonne entre 85 et 70 p. 100 et faible au-dessous de 70 p. 100

La similarité moyenne entre les souches, déterminées en faisant la moyenne des valeurs de similarité entre les 120 couples de souches, est de 76 p. 100; elle est supérieure à la similarité moyenne entre les moûts, déterminées en faisant la moyenne de similarité entre les 28 couples de moûts qui est de 49,3 p. 100.

En ce qui concerne les souches, 13 d'entre elles ont un niveau de similarité supérieur à 85 p. 100; 2 d'entre elles sont apparentées à ce premier groupe au niveau de 67 p. 100; la souche Cu112 présente, par rapport à toutes les autres, un niveau de similarité inférieur à 50 p. 100

En général, la similarité des vins «moûts» (fig. 2b) est inférieure à celle des vins «souches de levures» (fig. 2a), ce qui montre que l'effet de la composition du moût est supérieur à celui de la souche de levure. Cependant, dans certains cas, comme celui de la souche Cu112, la levure peut être à l'origine de fortes différences de composition et donc prendre le pas sur l'effet «composition du moût». En effet, cette souche qui présente des caractéristiques technologiques moyennes, détermine pour chaque moût et pour tous les composés étudiés, une remarquable distance aux valeurs moyennes.

D'autre part, la distribution présentée figure 2b montre qu'un facteur considéré à priori comme négligeable, tel que la durée du traitement de pasteurisation, est susceptible d'induire des modifications dont les effets sur la fermentation permettent de distinguer deux groupes. Ceux-ci, apparentés au niveau de similarité de 51 p. 100, sont constitués d'une part par les vins issus des moûts 1, 2, 3, 4, d'autres part par ceux issus des moûts 5, 6, 7, 8. Indépendamment des différences de composition entre chacun des moûts, ces deux groupes ne se différencient que sur la base de la durée du traitement de pasteurisation, conduit à la même température. Ceci peut avoir comme origine une dégradation plus importante des vitamines les plus thermolabiles, comme l'acide panthoténique, ce qui influrait sur le métabolisme des levures.

CONCLUSION

L'étude conduite, dans ce travail, sur l'influence de l'intéraction souche de levure/composition du moût sur la production de quelques métabolites volatils, montre que, même si les différences dues à la composition du moût prédominent sur celles de la souche (au moins en ce qui concerne *Saccharomyces cerevisiae;* certaines souches telles que Cu112, sont capables d'avoir un effet, sur la composition du vin, supérieur à celui dérivant de la nature du moût.

Ce comportement ne se reflète pas nécessairement de manière positive ou négative sur les caractéristiques organoleptiques des vins mais, avec une bonne probabilité, conduit à des différences de compositions, perceptibles analytiquement et sensoriellement, susceptibles de masquer l'origine du moût. En conséquence, le choix ou la suprématie spontanée pendant la fermentation, de certaines souches de levure peut altérer cet équilibre particulier des composants qui caractérise et distingue des vins appartenant à une même zone pédo-climatique ou issus de mélange de même cépages.

Cette recherche, encore incomplète, demande un approfondissement d'une part en ce qui concerne la production de composants organoleptiquement importants comme les esters, d'autres part en ce qui concerne l'évaluation de l'importance relative, sur les arômes de fermentation, des trois variables que sont le cépages, le sol et la souche de levure.

Remerciements.

Les moûts utilisés pour cette expérimentation ont été aimablement fournis par le Consorzio Tutela del Vino Bianco di Custoza (Verona).

RÉSUMÉ

Les auteurs ont regroupé 128 vins, issus de 8 moûts fermentés par 16 souches de *Saccharomyces cerevisiae,* en fonction de la souche et du moût, selon six métabolites de la fermentation. Ils ont mis en évidence que si les différences dues au moût prédominent sur celles dues à la souche, certaines souches sont toutefois capables d'avoir un effet sur la composition du vin supérieur à celui dérivant de la nature du moût.

SUMMARY

128 wines obtained from 8 musts, fermented with 16 strains of *Saccharomyces cerevisiae,* were clustered according to the concentration of six fermentation metabolites. It was found that generally the differences due to the must are greater than those due to the yeast strain. However, some yeast strains have a greater effect on the wine composition than that determined by the nature of the must.

ZUSAMMENFASSUNG

Einhundertachtundzwanzig aus verschiedenen Moste gewonen Weisorten, mit 16 *Saccharomyces cerevisiae* Stämme gegärt, wurde je nach Konzentration von sechs Gärungsmetaboliten gruppiert. Es ist erwiesen worden, dass die Moste grössere Unterschiede als die Helestämme bedingten, aber einige Hefstämme haben eine stärkere Auswirkung auf der Weinzusammensetzung.

RESUMEN

Los autores han reagrupado 128 vinos proveniendo de ocho mostos fermentados por 16 cepas de levaduras *(Saccharomyces cerevisiae)* en fonctión de la cepa de levadura y del tipo de mosto, según seis productos del metabolismo de la fermentation. Han puesto en evidencia que si las diferencias proceniendo del mosto son más importantes que las diferencias debidas a la cepas, algunas cepas son sin embargo capazes de haber un effecto sobre la composición del vino, superior al que proviene del tipo de mosto.

RIASSUNTO

Si sono raggruppati 128 vini, ottenuti da 8 mosto e fermentati con 16 ceppo di *Saccharomyces cerevisiae,* in funzionz del ceppo en in funzione del mosto sulla base della concentrazione di sei metaboliti di fermentazione. Tale elaborazione ha evidenziato che, se le differenze derivanti dal mosto predominano su quelle dovute al ceppo, certi ceppo sono capaci di avere un effetto, sulla composizione del vino, superiore a quello derivante dalla natura del mosto.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AGENBACH W.A., 1980. A study of must nitrogen content in relation to incomplete fermentations, yeast production and fermentation activity. Proc. Intern. Symp. «The quality of the vintage», Le Cap (Afrique du Sud).

A.O.A.C., 1980. *Official methods of analysis,* W. Horwi Ed., XIII ed.

ÄYRÄPÄÄ T., 1971. Biosynthetic formation of higher alcohols by yeast. Dependance on the nitrogenous nutrient level of the medium. *J. Inst. Brew.,* **77,** 266-276.

DUBOS J., 1983. Importance du terroir comme facteur de différenciation qualitative des vins. XVIII[e] *Congrès International de la Vigne et du Vin de L'O.I.V.* Le Cap, Afrique du Sud, 24-28 octobre.

DU PLESSIS C.S. et VAN ROOYEN P.C., 1982. Grape maturity and wine quality. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **3,** N° 2, 41-45.

ELLIS L.P., VAN ROOYEN P.C. et DU PLESSIS C.S., 1985. Interactions between grape maturity indices and the quality and composition of Chenin blanc and Colombar wines from different localities. *S. Afr. J. Enol. Vitic.,* **6,** N° 2, 45-50.

GUERZONI M.E., MARCHETTI R., GIUDICI P., 1985. Modifications des composants aromatiques des vins obtenus par fermentation avec des mutants de *Saccharomyces cerevisiae. Bull. O.I.V., 648-649,* 228-234.

HEDRICK P.W., 1971. A new approach to measuring genetic similarity. *Evolution,* **25,** 276-280.

HOUTMAN A.C. et DU PLESSIS C.S., 1986. The effect of Grape Cultivar and yeast strain on fermentation rate and concentration of volatile components in wine. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **7,** 14-20.

INGLEDEW W.M. et KUNKEE R.F., 1985. Factors influencing sluggish fermentations of grape juice. *Am. J. Enol. Vitic.,* **36,** 65-77.

KREGER VAN RIJ N.J.W., 1984. *The yeast. A taxonomic study.* Elsevier Science Publishers, B.V. Amsterdam.

LAFON-LAFOURCADE S., 1984. Souches de levures. *Bull. O.I.V.,* N° 637, 185-203.

MAUGENET J., 1980. Les levures à caractère aromatique. Rev. Fse Œnologie, N° 80, 81-85.

PARONETTO L., 1985. Il Bianco di Custoza e la sua storica terra. Consorzio Tutela Vino Bianco di Custoza. Verona (Italie).

POLO M.C., MARTIN-CORDERO P. et CABEZUDO M.D., 1984. Influence des caractéristiques variétales de moûts de cépages différents sur la fermentation alcoolique par une seule souche de levure sélectionnée. *Bull. O.I.V.,* N° 638, 312-321.

SCHULTNESS D. et ETTLINGER L., 1978. Influence of the concentration of branched chain aminoacids in the formation of fusel alcohols. *J. Inst. Brew.,* **84,** 240-243.

SOUFLEROS E. et BERTRAND A., 1979. Rôle de la souche de levure dans la production des substances volatiles au cours de la fermentation de jus de raisin. *Connaissance Vigne Vin,* **13,** 181-189.

STARMER W.T., 1980. The evolutionary ecology of yeast found in the decaying stems of cacti. Stewart G.G. et Russel I.ed. *Current developments in yeast research.* Pergamon Press, Oxford, Toronto, N.Y., Paris.

STRYDOM M., 1985. Caractérisation de quatorze souches de levures par leurs capacités de fermentation et par la composition et qualité du vin produit. *Bull. O.I.V. 64-649,* 218-222.

SUOMALAINEN H., LEHTONEN M., 1979. The production of aroma compounds by yeast. *J. Inst. Brew.,* **85,** 149-156.

YRAVEDRALLOPSIS G., 1983. Liaison qualité-terroir. *Bull. O.I.V.,* N° 634, 854-862.