

CHOIX DE LA TEMPÉRATURE DE FERMENTATION LA MIEUX ADAPTÉE POUR L'ÉLABORATION DES VINS BLANCS A PARTIR DU CÉPAGE "PEDRO XIMÉNEZ" DANS LE SUD DE L'ESPAGNE

J. MORENO, J.C. MAURICIO, J.M. ORTEGA et B. MEDINA

Departamento de Microbiología y Departamento de Química Agrícola,
Facultad de Ciencias, Universidad de Córdoba, Córdoba (Espagne)

INTRODUCTION

Le bon achèvement de la fermentation alcoolique, et concrètement la consommation totale des sucres des moûts, pose chaque année un problème dans la zone de l'Appellation d'Origine Montilla-Moriles située dans le Sud de l'Espagne. La variété de raisin "Pedro Ximénez", cultivée d'une façon majoritaire dans la zone, produit un fruit très riche en sucres réducteurs, entre 250 et 300 g par litre. Ceci s'ajoutant à la température moyenne élevée dans la région pendant le mois de septembre, fait que les fermentations se développent dans des conditions particulières, différentes de celles d'autres zones vitivinicoles.

De même que beaucoup d'autres processus microbiologiques, la fermentation du moût est intimement liée au cycle de croissance des levures. Pour qu'une fermentation se développe dans des conditions optimales, il est nécessaire que la plus grande partie du sucre soit consommée durant la phase de multiplication logarithmique et stationnaire de la culture (LAFON-LAFOURCADE et RIBÉREAU-GAYON, 1976). Ceci est facile à atteindre quand la concentration en sucre ne dépasse pas 200 g par litre ; cependant, pour des concentrations supérieures, il est nécessaire d'activer le métabolisme de fermentation des levures et de prolonger autant que possible leur phase de croissance logarithmique et stationnaire.

D'après LAFON-LAFOURCADE et RIBÉREAU-GAYON (1979), le retard de la croissance lors des premiers jours et l'arrêt postérieur de la fermentation sont dus à une altération du métabolisme des cellules non proliférantes, avec une chute progressive de leur taux de viabilité. Parmi les facteurs qui contribuent à ce phénomène on pourrait mentionner : la température excessive, l'épuisement de substances indispensables pour la levure, l'accumulation de métabolites toxiques, l'altération de la structure cellulaire et, de même, la concentration initiale du sucre dans le moût. Quand celle-ci est élevée, selon GRAY (1945) et RIBÉREAU-GAYON

(1980), elle affecte les levures tout le long de leur cycle de croissance.

Dans le présent travail, nous avons étudié l'influence de la température de fermentation et celle de l'état de maturation du raisin "Pedro Ximénez" sur la croissance des levures et le développement de la fermentation alcoolique, dans le but d'obtenir des fermentations lentes, mais avec un métabolisme cellulaire suffisamment actif pour consommer la totalité des sucres du moût, avant l'arrêt de l'activité métabolique des levures.

MATERIELS ET METHODES

Echantillonnage. Les fermentations sont réalisées à quatre températures différentes : 15°, 20°, 25° et 30°C, avec quatre types de moûts obtenus à partir d'un raisin "Pedro Ximénez", récolté dans des différentes phases de maturation : (I) vert, (II) semi-mûr, (III) mûr, coïncidant avec la période de la vendange, et (IV) surmûr.

Avant toute manipulation, les moûts sont amenés à pH 3,2 par addition d'acide tartrique et à 120 mg de SO₂ total par litre.

Les caractéristiques chimiques de chaque type de moût sont données dans le tableau I.

TABLEAU I

Caractéristiques analytiques des moûts

Moût	Sucres (g/l)	Acidité totale (1)	Acidité volatile (2)
I	194	5,49	0,05
II	236	5,34	0,06
III	250	5,42	0,08
IV	273	5,68	0,14

(1) Exprimée en g d'acide tartrique par litre.

(2) Exprimée en g d'acide acétique par litre.

Trois échantillons sont prélevés : avant le commencement de la fermentation, pendant la phase tumultueuse, entre 6 et 8 degrés d'alcool et, le dernier, après stabilisation du degré alcoolique de la plus lente des quatre fermentations (correspondant aux quatre degrés de maturation) réalisées simultanément à chaque température.

Microorganismes totaux et vivants. Les microorganismes totaux ont été déterminés par dénombrement au microscope à l'aide de hémocytomètre de THOMA et les microorganismes vivants par dénombrement sur boîtes de Petri, en employant deux milieux de culture différents : Agar Davis (Davis, 1958) et Agar Levure et Malt (Agar YM ; Wickerham, 1951).

Paramètres chimiques. L'éthanol est dosé par la méthode de Crowell et Ough (1979) ; l'acidité volatile, d'après la méthode O.I.V. (1969) et la concentration en sucre par mesure de la densité à 20°C.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le nombre de cellules totales et vivantes par millilitre au début de la fermentation, à 25° et 30°C, montre des valeurs comparables à celles d'autres auteurs (POULARD et *al.*, 1982 et 1983) et suffisantes pour un bon développement de la fermentation (tableaux II et III).

TABLEAU II
Evolution du nombre des levures totales et vivantes dans les fermentations alcooliques conduites à 30°C

Moût	Jour de fermentation					
	0		2		9	
	Totales*	Vivantes*	Totales*	Vivantes*	Totales*	Vivantes**
I	14,6	5,11	130	94	2,4	56,75
II	18,8	8,17	144	93	6,76	80,75
III	9,2	4,92	179	96	15,7	6,05
IV	20,7	8,78	191	104	10,6	0,45

* Microorganismes/ml $\times 10^6$.

** Microorganismes/ml $\times 10^3$.

TABLEAU III
Evolution du nombre des levures totales et vivantes dans les fermentations conduites à 25°C

Moût	Jour de fermentation					
	0		3		10	
	Totales*	Vivantes*	Totales*	Vivantes*	Vivantes*	Totales*
I	10,6	1,015	93	104	17,1	2,26
II	11,1	4,7	135	126,33	98	29,96
III	10	11,06	170	134	107	1,53
IV	11,2	12,2	182	143,75	66	0,37

* Microorganismes/ml $\times 10^6$.

Dans les fermentations réalisées à 15° et 20°C, le premier échantillon a été prélevé après 12 heures d'incubation dans la culture en phase exponentielle, ce qui explique l'erreur de numération au microscope, surtout à 15°C, car toutes les cellules étaient en germination (tableaux IV et V).

TABLEAU IV

**Evolution du nombre des levures totales et vivantes
dans les fermentations conduites à 20°C**

Moût	Jour de fermentation					
	0,5		4		15	
	Totales*	Vivantes*	Totales*	Vivantes*	Totales*	Vivantes*
I	27,9	26,26	120	68,5	0,66	0,55
II	18,3	19,38	67	39	2,03	1,18
III	14,7	14,45	70	63,75	29,1	12,89
IV	25,1	24,35	59	69,5	26,8	5,25

* Microorganismes/ml $\times 10^6$.

TABLEAU V

**Evolution du nombre des levures totales et vivantes
dans les fermentations conduites à 15°C**

Moût	Jour de fermentation					
	0,5		6		17	
	Totales*	Vivantes*	Totales*	Vivantes*	Totales*	Vivantes*
I	21,8	29,9	102	81,5	11,8	13,95
II	19,7	25,18	109	60,5	18,3	18,03
III	21	24,15	111	40	18,7	15,21
IV	19,9	23,37	75	53,25	41,6	26,03

* Microorganismes/ml $\times 10^6$.

Le développement de la fermentation est profondément influencé par la température. Le tableau VI montre la durée des fermentations aux quatre températures. La vitesse de fermentation est en relation directe avec celles-ci ; la cinétique devient plus linéaire avec l'abaissement de la température (figure 1).

L'état de maturité des raisins influe, mais de façon moins importante sur la vitesse de fermentation. En général celle-ci est plus grande au fur et à mesure que la concentration en sucre dans le moût augmente, à l'exception de la fermentation réalisée à 20°C. A cette température, la fermentation du moût II s'est développée à une vitesse plus lente que celle du moût I.

La population de levures totales la plus élevée est atteinte pour les quatre degrés de maturité, dans la phase tumultueuse de la fermentation à

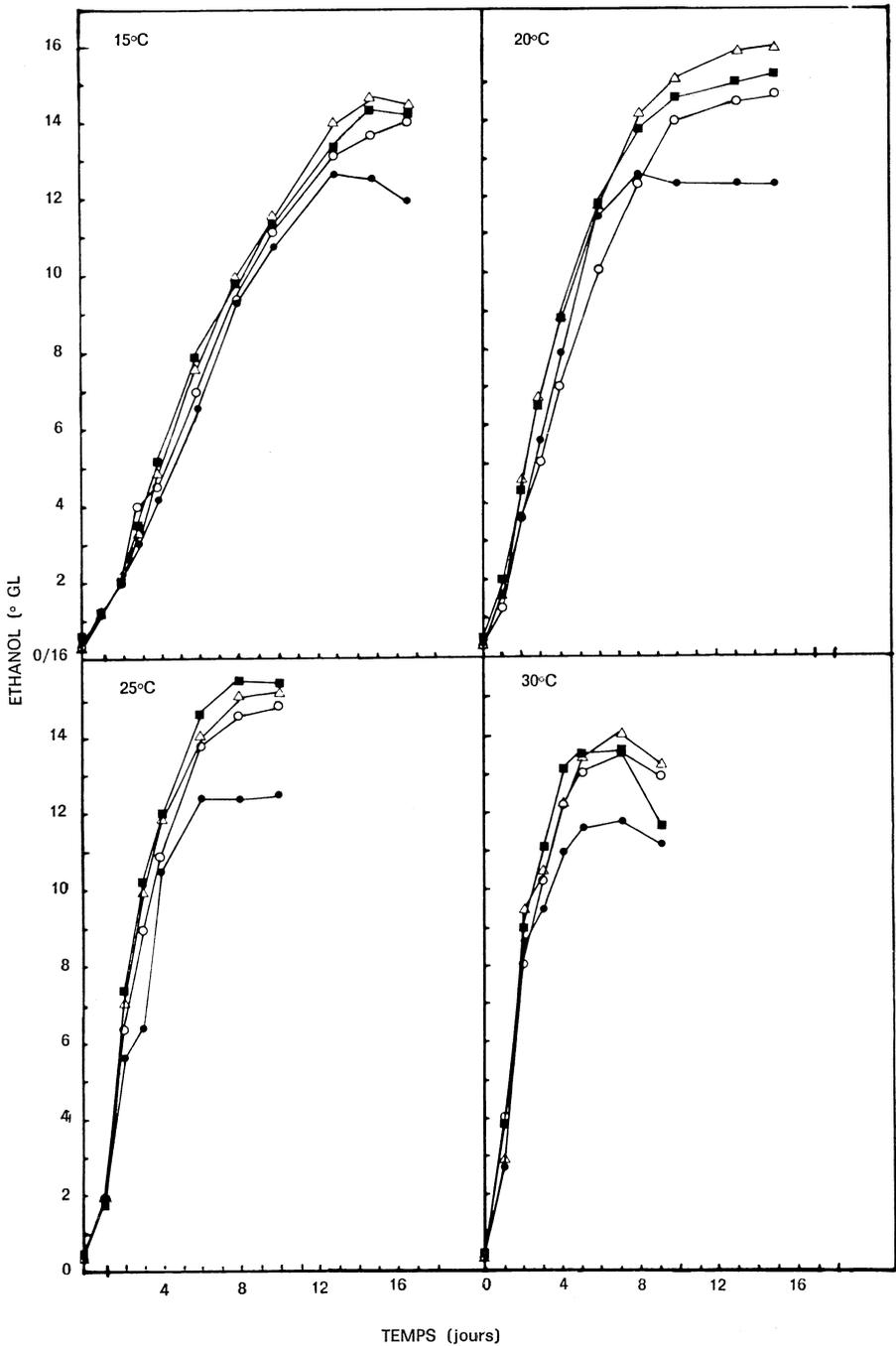


Fig. 1. — Cinétique des fermentations : influence de la température et de la concentration des sucres
 Moût provenant de raisins : ● Verts, ○ Semi-mûrs, △ Mûrs, ■ Surmûrs.

30°C ; tandis que la population de levures vivantes est maximale à 25°C, montrant ainsi qu'à des températures supérieures, les levures se multiplient très rapidement lors des premières heures, mais leur viabilité est courte ; elles commencent à périr rapidement au cours des deux premiers jours de fermentation, laquelle se termine avec un nombre très réduit de cellules vivantes, d'autant plus faible que la concentration en sucre dans le moût est initialement élevée (tableau II).

TABLEAU VI

Durée (en jours) des fermentations alcooliques

Température de fermentation	Type de moût			
	I	II	III	IV
15°C	13	15	15	15
20°C	8	13	13	13
25°C	6	8	8	8
30°C	5	7	7	7

Dans les fermentations réalisées à 25°C (tableau III), la viabilité cellulaire est maximale, atteignant à la fin des fermentations des populations de cellules vivantes elles-mêmes sensiblement maximales. En conséquence, les vins présentent un titre alcoométrique supérieur à ceux obtenus à des températures extrêmes, exception faite du moût I qui a fini la fermentation avec une teneur en alcool voisine de celle des vins fermentés à 15° et 20°C. Au fur et à mesure que le taux de sucre des moûts augmente, son effet sur la viabilité cellulaire est négatif.

Les moûts fermentés à 15° et 20°C (tableaux IV et V) ont atteint des populations de cellules totales et vivantes inférieures à celles obtenues à 25°C ; ces résultats sont en accord avec ceux de POULAD *et al.* (1983), cependant la survie cellulaire est d'autant plus importante que la température de fermentation a été basse, quel que soit le type de moût fermenté. Il faut encore mentionner que dans le degré de maturation I, le nombre final de cellules vivantes a été relativement bas ; les phénomènes de sédimentation se manifestent de façon très accusée.

En résumé, on peut affirmer que la survie des levures dans les vins s'avère plus stable et moins dépendante du type de moût, aux températures les plus basses, même dans des vins présentant un titre alcoométrique élevé.

La concentration en éthanol atteinte dans les vins, en fonction des concentrations initiales de sucre, est de même influencée par la température. On atteint des valeurs maximales aux températures moyennes 20° et 25°C, et des valeurs plus basses dans les extrêmes, mais pour des raisons

différentes. Dans les fermentations réalisées à 30°C, il se produit un arrêt total de la fermentation comme conséquence de la forte mortalité cellulaire. Dans la fermentation réalisée à 15°C, le rendement a été plus bas dû à la lenteur de celle-ci dans sa première étape.

En ce qui concerne l'acidité volatile des vins (figure 2), elle augmente pour toutes les températures, avec la concentration du sucre, démontrant en accord avec DITTRICH (1977) une claire influence de celle-ci dans le métabolisme acétogénique des levures. Une seule exception, le moût II, fermenté à 20°C, a atteint une acidité volatile inférieure à celle du moût I, le phénomène pourrait être porté au compte d'une population riche en *Saccharomyces rosei*, levure faiblement productrice d'acide acétique.

En ce qui concerne la cinétique d'accumulation des acides volatils, la température de fermentation exerce deux actions : aux températures basses, 15° et 20°C, l'acidité volatile des vins augmente en fonction du temps, suivant une courbe exponentielle, probablement due au lent métabolisme des levures sélectionnées qui ne permet pas une rapide oxydation de l'acide acétique ; aux températures plus élevées 25° et 30°C, l'acidité volatile a augmenté au début de la fermentation jusqu'à atteindre des valeurs constantes et beaucoup plus basses que celles antérieures, entre 48 et 72 heures. Ces résultats diffèrent des résultats obtenus par LAFON (1955) et RANKINE (1953) qui obtiennent l'acidité maximale entre 20° et 25°C. Des différences dues à l'adaptation de la flore autochtone aux températures de la région pourraient en être la cause.

CONCLUSIONS

La croissance des levures lors des premiers jours de la fermentation est d'autant plus rapide que la température est élevée, tandis que leur survie est à l'inverse.

La concentration en sucres dans le moût affecte aussi la croissance des levures. Aux températures élevées, 25° et 30°C, la croissance est maximale pour les grandes concentrations en sucres, tandis que la survie est minimale. Aux températures plus basses, 15° et 20°C, le degré de maturité du raisin exerce peu d'influence sur la croissance.

La survie des levures en fin de fermentation alcoolique est à l'inverse des températures de fermentation. Les fermentations à températures élevées s'arrêtent à des concentrations en éthanol très inférieures à celles atteintes à températures plus basses.

Il existe un rapport direct entre l'activité acétogénique des levures et la concentration des sucres dans les moûts.

L'acidité volatile est plus faible dans les moûts fermentés à 25°C, ce qui, joint à d'autres caractéristiques étudiées, nous permet d'affirmer que ce

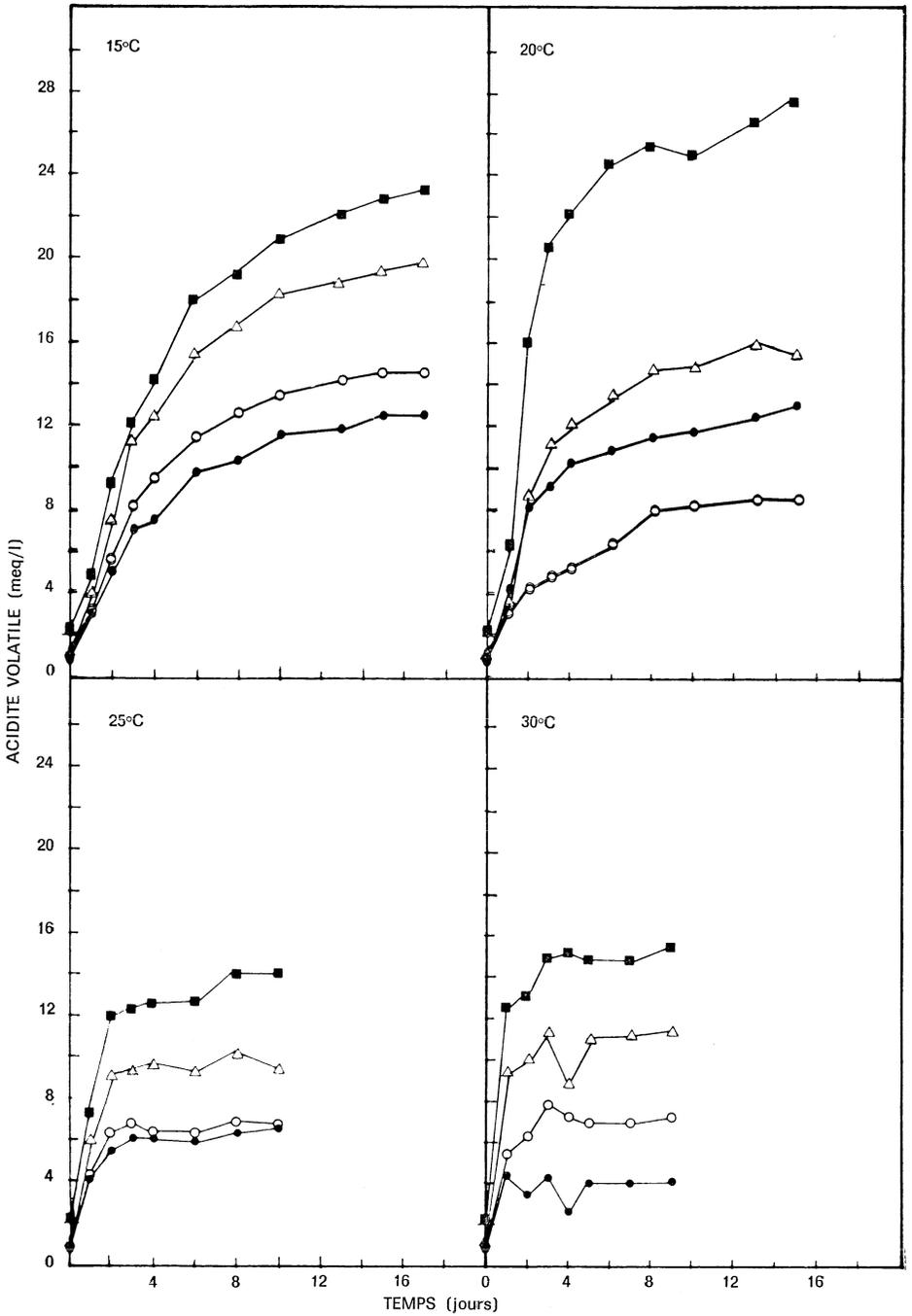


Fig. 2. — Accumulation d'acides volatiles au cours de la fermentation :
Influence de la température et la concentration des sucres.

Moût provenant de raisins : ● Verts. ○ Semi-mûrs. △ Mûrs. ■ Surmûrs.

sont les températures entre 20° et 25°C qui sont les plus adéquates pour mener à bon terme la fermentation des moûts de la variété "Pedro Ximénez" dans les conditions étudiées.

Manuscrit reçu le 6 juin 1986 ; accepté pour publication le 20 juin 1986.

RESUME

Des moûts, obtenus à partir de raisins « Pedro Ximenez » présentant des états de maturité différents, sont fermentés à différentes températures. Les données analytiques et les dénombrements de levures montrent que les températures comprises entre 20°C et 25°C sont les plus adaptées pour l'élaboration, à partir de ce cépage, de vins riches en alcool.

SUMMARY

Musts, obtained from « Pedro Ximenez » grapes, at different maturity levels, are fermented at various temperatures. Analytical data and yeast counting show that temperatures between 20 and 25°C are the best for the elaboration of wines with a high alcoholic content from this variety of grape.

ZUSAMMENFASSUNG

Von der Traubensorte PEDRO XIMENEZ werden zu verschiedenen Reifestadien Moste gewonnen und bei unterschiedlichen Temperaturen durchgegoren. Die Analysen und die Auszählungen der Hefe zeigen, dass zur Bereitung albolreicher Weine aus dieser Traubensorte, die Temperaturen zwischen 20-25°C die Geeignetesten sind.

RESUMEN

Mostos, elaborados con uvas « Pedro Ximenez » que presentar diferentes estados de madurez, son fermentados a diferentes temperaturas. Los datos analíticos y las enumeraciones de levaduras muestran que las temperaturas entre 20° y 25° C son las mejores para obtener vinos ricos en alcohol a partir de este variedad de cepa.

RIASSUNTO

Mosti ottenuti con uva « Pedro Ximenez » che presentano stati di maturità differenti, sono fermentati a diverse temperature. I dati analitici ed i computi dei lieviti mostrano che le temperature comprese tra 20° e 25°C sono le più adatte per l'elaborazione di vini ricchi in alcool, con l'uso di questo vitigno.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CROWELL E.A. et OUGH C.S., 1979. A modified procedure for alcohol determination by dichromate oxidation. *Am. J. Enol. Vitic.*, **30**, n° 1, 61-63.

DAVIS J.G., 1958. A convenient semi-synthetic medium yeast and mould counts. *Lab. Pract.*, **7**, 30.

DITTRICH H.H., 1977. *Microbiology of wines*. Ed. Verlag Ulmer, Stuttgart.

- GRAY W.D., 1945. The sugar tolerance of four strains of distillers' yeast. *J. Bacteriol.*, **49**, 445-452.
- LAFON M., 1955. *Contribution à l'étude de la formation des produits secondaires de la fermentation alcoolique*. Thèse Docteur es Sciences Physiques, Bordeaux.
- LAFON-LAFOURCADE S. et RIBÉREAU-GAYON P., 1976. Premières observations sur l'utilisation de levures sèches en vinification en blanc. *Connaissance Vigne Vin*, **10**, n° 3, 277-296.
- LAFON-LAFOURCADE S. et RIBÉREAU-GAYON P., 1979. Quelques observations sur les problèmes microbiologiques de la vinification en blanc. *Connaissance Vigne Vin*, **13**, N° 1, 51-76.
- O.I.V., 1969. Recueil des Méthodes Internationales d'Analyse des vins. O.I.V. AII, 1-4.
- POULARD A., BRELET M., ROUSSET Y. et BERTRAND A., 1982. Influence du facteur thermique sur les fermentations et la typicité des vins blancs secs du Pays Nantes. *Vignes et Vins*, n° 307, 29-34.
- POULARD A., BRELET M. et ROUSSET Y., 1983. Choix d'une température dans les vinifications en blanc sec. Incidences sur la composition et la qualité des vins. *Vignes et Vins*, n° 32, 31-37.
- RANKINE B.C., 1953. Quantitative differences in products of fermentation by different strains of wine yeasts. *Aust. J. Appl. Sci.*, **4**, n°4, 590-602.
- RIBÉREAU-GAYON P., 1980. El dominio de la fermentacion alcoholica en la vinificacion. XVII Asamblea Internacional de la vid y el vino. Tijuana Baja California (México). 8-14 Sept. 3952-4002.
- WICKERHAM L.J., 1951. Tech. Bull. n° 1029. U.S. Dept. Agric. Washington, D.C.