Connaissance Vigne Vin, 1984, **18**, N° 1, 1-26

LEVURES SÈCHES ACTIVES DE VINIFICATION

2e partie et fin : UTILISATION ET EVALUATION

J.K. KRAUS *, G. REED * et J.C. VILLETTAZ **
* Universal Foods Corporation, Milwaukee, Wisconsin, 53201 (U.S.A.)
** Société Suisse de Ferments, 4056 Bâle (Suisse)

INTRODUCTION

Cette partie clôt le tour d'horizon que nous nous étions proposés de donner sur les levures sèches actives de vinification. Dans la première partie (même revue, 1983, **17**, N° 2, 93-103) nous avions développé en détail la fabrication et les caractéristiques des levures sèches de vinification. La présente partie traite des différents aspects et formes du levurage, des différences qui existent entre les préparations de levures, de la diffusion des levures sèches ainsi que des problèmes rencontrés dans la pratique au niveau de l'évaluation des souches.

BUTS DU LEVURAGE

I — MODIFICATION DE LA MICROFLORE NATURELLE

1° *Introduction directe*

La façon la plus courante d'utiliser les levures sèches consiste à les ajouter directement dans la cuve de fermentation afin d'assurer leur dominance sur les levures indigènes. Les levures réhydratées sont incorporées dans le moût ou la vendange préalablement sulfité ; les moûts avant levurage peuvent subir divers traitements : clarification, collage, enzymage, pasteurisation, etc.

L'influence de la teneur en anhydride sulfureux libre sur l'activité fermentaire des levures sèches dépend de l'espèce de la souche et de la technique de fabrication. La plupart des souches de *Saccharomyces cerevisiae* semblent être plus résistantes à l'anhydride sulfureux que celles de *Saccharomyces bayanus*. Cependant, les souches de ces deux espèces donnent de meilleurs résultats si elles ont passé par une phase d'acclimatation lors de la fabrication (THOUKIS et *al.*, 1963). Un sulfitage de la vendange à une dose normale 75 à 100 mg par litre ne pose pas de problèmes (REED et CHEN, 1978).

Les effets inhibiteurs dus à une teneur élevée en anhydride sulfureux libre peuvent être surmontés soit en choisissant une levure sèche appropriée et en laissant un laps de temps suffisamment long entre le moment

du sulfitage et celui du levurage, soit en augmentant légèrement la quantité de levures sèches.

La quantité de levures sèches additionnée au moût doit assurer un départ rapide de la fermentation, et un épuisement complet des sucres, ainsi que la dominance sur les levures indigènes. Toutefois, les levures sèches ne devront pas provoquer une augmentation excessive de la température des moûts et ne pas produire de mousse. Parmi ces exigences, l'assurance de la dominance est la plus difficile à quantifier. Le type et le nombre de levures indigènes varient beaucoup selon leur tolérance à l'anhydride sulfureux, à l'alcool et selon la concurrence qu'elles opposent aux levures sèches exogènes.

TABLEAU I

Concentration en levures vivantes

Les chiffres représentent des millions par g ou par ml

	Valeurs	
	rencontrées	types
Levures indigènes (1, 2)	0,0000 - 1	0,1
Levures sélectionnées (3, 4, 5)	1 - 10	2
Suspension de levures (4)	80 - 150	100
Levures sèches actives (5)	6 - 44 000	20 000

(1) PEYNAUD et DOMERQ, 1953 ; (2) SALLER, 1957 ; (3) THOUKIS et **al.**, (1963) ; (4) RANKINE, 1978 ; (5) BIDAN et MAUGENET, 1981.

Le tableau I indique quelques valeurs, trouvées dans la littérature, concernant l'importance des populations de levures indigènes et de levures sélectionnées. Les variations enregistrées au sujet des levures sèches sont certainement dues aux différences de qualité et de conditionnement des échantillons de même qu'aux problèmes mentionnés précédemment.

Comme base de calcul et de comparaison on peut compter, pour les préparations de levures sèches de bonne qualité soit fraîches soit stockées dans de bonnes conditions, une population de $2{,}0 \times 10^{10}$ cellules de levures revivifiables par gramme.

Une teneur de $2{,}0 \times 10^{6}$ cellules vivantes de levures par millilitre est considérée comme une valeur moyenne. Pour obtenir une telle population, il faut utiliser 10 g de levures sèches par hectolitre. Des levurages à doses plus faibles ou plus fortes sont très souvent dus à des considérations exceptionnelles. Par exemple, POHL (1980) recommande un levurage avec 3 à 4 g

de levures sèches par hectolitre pour certaines régions d'Allemagne. D'autre part, RANKINE (1978) recommande un levurage correspondant à 50 g de levures sèches par hectolitre pour l'élaboration des vins rouges en Australie, dans les cas où les levures naturelles résistantes à l'anhydride sulfureux peuvent poser des problèmes. Partout ailleurs un levurage à 10 g par hectolitre semble être un bon point de départ ; on ajustera cette dose dans les cas nécessaires, selon la composition du moût, les caractéristiques des levures sèches ou la technologie utilisée.

2° *Utilisation sous forme de pied de cuve*

Les levures sèches peuvent également être utilisées en partant d'un pied de cuve. Cette approche est en fait une solution intermédiaire entre le levurage avec les levures sèches et l'utilisation de suspensions de levures traditionnelles. On élabore un pied de cuve en levurant simplement un moût, non pasteurisé, qui a été préalablement sulfité et clarifié et qui ne contient qu'une faible population de microorganismes. La dose de levures utilisée est généralement importante ; elle va de 25 à 50 g de levures sèches par hectolitre. Lorsque la moitié des sucres a été fermentée, le pied de cuve peut être utilisé pour inoculer les autres cuves à raison de 5 à 10 p. 100, le pied de cuve peut être également réalisé à l'aide d'un fermenteur. Dans ce cas, on levure le moût à raison de 25 à 50 g de levures sèches par hectolitre puis on transfère celui-ci à raison de 10 à 30 p. 100 dans d'autres cuves dont les moûts serviront de pied de cuve. Il est conseillé de renouveler le pied de cuve toutes les semaines.

L'utilisation d'un pied de cuve permet de réduire de moitié la quantité de levures sèches nécessaire. Cependant, cette technique exige des contrôles et si les cultures sont, pendant une longue période, transférées d'une cuve à l'autre, la probabilité de maintenir la dominance de la souche originale baisse ; de ce fait le risque d'introduire et de propager des microorganismes indésirables d'une cuve à l'autre, augmente (AMERINE et *al.*, 1972 ; RANKINE, 1978).

II — TRAITEMENT DES ARRETS DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

Une autre utilisation des levures sèches consiste en leur mise en œuvre pour le redémarrage d'une fermentation alcoolique arrêtée. Les arrêts de fermentation peuvent être dûs à de multiples facteurs : masse levurienne insuffisante, carence nutritionnelle, inhibiteurs secrétés soit par *B. Cinerea* soit par les levures elles-mêmes, manque de particules insolubles en suspension, résidus de pesticides et surtout température de fermentation trop élevée. En général, les arrêts de fermentation peuvent être évités en utilisant un inoculum initial approprié et en maintenant la température à un niveau convenable. La reprise d'une fermentation peut nécessiter une addition d'éléments nutritifs, un coupage afin de diluer les substances inhibitrices et l'addition d'une population vigoureuse

d'une levure appropriée. Les souches de *S. Bayanus* ont été recommandées pour cette application (BIDAN et MAUGENET, 1981) ; plusieurs de ces souches sont disponibles sous forme de levures sèches. Elles peuvent être ajoutées, après réhydratation, directement dans la cuve dont la fermentation est arrêtée. Cependant, les chances de succès sont accrues si les levures sont préalablement acclimatées à l'alcool en effectuant un pied de cuve dans du moût ou du vin dilué, additionné de sucre (10 p. 100 de sucre, 5 p. 100 d'éthanol).

L'inoculum de levures et les besoins nutritionnels sont des facteurs étroitement liés ; ils sont spécialement importants lors des arrêts de fermentation et tout particulièrement dans les cas où une carence nutritionnelle et un épuisement du moût en substances indispensables pour la croissance des levures peuvent engendrer des problèmes (REED et PEPPLER, 1973). Vu que les levures sont, du point de vue nutritionnel, moins exigeantes lors de la phase fermentaire que lors de la phase de croissance, l'addition d'un inoculum important minimise l'effet limitant dû à une carence du moût en éléments nutritifs. L'addition d'un inoculum important est une opération très facile à réaliser avec les levures sèches ; il suffit en effet de levurer à 50 g par hectolitre ou plus si cela est nécessaire.

III — ELABORATION DES VINS EFFERVESCENTS

Les levures sèches sont également intéressantes pour la fermentation alcoolique des vins de base servant à l'élaboration des vins effervescents vu leurs effets favorables sur la teneur en anhydride sulfureux et leur influence sur la fermentation malolactique (FEUILLAT et BUREAU, 1979). Des souches appropriées pour la prise de mousse en cuve close et en bouteilles selon la méthode champenoise sont également disponibles sous forme de levures sèches (BAUMANN, 1981). Les *S. cerevisiae* comme les *S. bayanus* sont utilisées pour cette application ; une attention spéciale doit être portée au pouvoir floculant de la levure. Des inoculums relativement importants allant de 25 à 65 g par hectolitre sont couramment utilisés pour ce genre d'application. Comme lors des arrêts de fermentation, il est également avantageux, d'effectuer un pied de cuve afin d'acclimater les levures. La suppression de cette étape importante pourrait expliquer certaines valeurs quelque peu incohérentes obtenues par BIDAN et MAUGENET (1981).

Les concentrations en cellules durant le cours de la prise de mousse ont été déterminées par BERTOLINI et *al.* (1979).

IV — ELABORATION DES VINS DE TYPE XERES

Pour l'élaboration des vins de type Xérès on peut utiliser une souche de *Saccharomyces fermentati,* disponible sous forme de levures sèches. Elle est capable d'effectuer une fermentation alcoolique normale mais elle

est presque exclusivement utilisée pour la production de vin de type Xérès. La faible activité de cette levure sèche (REED et CHEN, 1978), les exigences de la fermentation (OUGH et AMERINE, 1972) rendent difficile l'élaboration de ce type de vin. La dose de levures sèches est assez élevée, 25 à 50 g par hectolitre. Les levures doivent être acclimatées à l'alcool en effectuant un pied de cuve. Le vin de base doit contenir environ 13,9 p. 100 d'éthanol afin d'empêcher le développement des bactéries acétiques. POSSON (1981), donne une description des procédés technologiques.

V — ELABORATION DE DIVERSES BOISSONS FERMENTEES

Le mode d'utilisation des levures sèches pour la fermentation alcoolique des fruits, des jus concentrés et des mutés désulfités est semblable à celui mis en œuvre pour l'élaboration des vins. Cependant, la dominance sur les levures indigènes vigoureuses ne représente pas un point crucial. En fait, ce sont plutôt d'autres microorganismes qui, par l'action combinée d'un pH élevé, d'une faible teneur en sucres et en éthanol, se trouvent favorisés et peuvent entraîner une diminution qualitative. Dans ces produits, une faible teneur en éléments nutritifs et en matières solides en suspension peuvent rendre la fermentation difficile (DITTRICH, 1978).

Dans la plupart des cas, le levurage est effectué avec 15 à 25 g de levures sèches par hectolitre introduites directement dans la cuve de fermentation.

Les avantages de ce procédé ont été démontrés en laboratoire et dans la pratique pour l'élaboration des boissons fermentées à base de fruits (DITTRICH, 1978) ; GOERTGES et MUELLER, 1977), ainsi que pour la fermentation des concentrés et des mutés désulfités (JACKSON et LOWE, 1981).

POINTS DE DIVERGENCES

I — DIFFERENCES ENTRE LEVURES INDIGENES ET LEVURES SELECTIONNEES

Par rapport aux levures indigènes, les levures sélectionnées provoquent généralement un départ plus rapide de la fermentation, celle-ci se poursuit plus régulièrement et se termine plus complètement (RANKINE, 1972). Les travaux de SCHMITT et *al.* (1979) montrent que les fermentations conduites avec des souches de levures sélectionnées, sous forme de levures sèches sont terminées en deux fois moins de temps que celles conduites avec les levures indigènes.

La teneur en acidité volatile des vins obtenue par addition de levures sélectionnées est généralement plus faible que dans le cas de fermentation spontanée. SUDRAUD et SUDRAUD (1977) ont comparé 13 échan-

tillons. Dans chaque cas les levures sélectionnées ont produit moins d'acidité volatile que les levures de la fermentation spontanée. Dans 4 échantillons provenant de vendanges pourries fermentées par des levures sélectionnées, les teneurs en acidité volatile étaient même plus faibles qu'avant le départ de la fermentation. Des résultats similaires ont été rapportés par BENDA (1982) qui a attribué cette baisse à la dominance exercée par les levures sélectionnées sur les espèces productrices d'acidité volatile telle que *Kloeckera.* Le prompt départ de la fermentation peut également réduire la production d'acidité volatile d'origine bactérienne, spécialement dans les moûts issus de vendanges pourries.

La production d'anhydride sulfureux libre et total diminue fréquemment par utilisation des levures sélectionnées. MINARIK (1978), signale que certaines levures dites spontanées peuvent produire plus de 200 mg d'anhydride sulfureux par litre contre 20 mg et moins dans le cas de levures sélectionnées. FEUILLAT et BUREAU (1979) ont identifié des levures spontanées (production de 70 mg de SO_2 total et plus) comme étant à l'origine de certains problèmes. Ils ont recommandé l'usage des levures sélectionnées comme étant la plus simple et la plus efficace des précautions pour les éviter. L'explication la plus probable de la forte production d'anhydride sulfureux par certaines levures est l'absence de l'enzyme nécessaire pour assimiler l'anion sulfate ; ce caractère semble être lié à la souche.

Les mécanismes spécifiques de cette réaction sont décrits par HEINZEL et *al.*, (1979) et par DOTT et TRUPER (1979).

Les quantités d'éthanal, de pyruvate et de cétoglutarate accumulées pendant la fermentation et qui combinent partiellement l'anhydride sulfureux dépendent de la souche de levure, du déroulement de la fermentation et de la composition du moût. ZURN et PERSCHEID (1977) ont trouvé des teneurs en éthanal plus faibles dans les vins provenant de moûts levurés que dans les vins provenant de fermentations spontanées. BACH et *al.*, (1977) ont montré par l'analyse statistique des variables, la corrélation significative existante entre l'addition de levures sélectionnées et la diminution de la teneur en éthanal ; mais par contre, ils n'ont trouvé aucune différence significative entre les différentes levures sélectionnées.

L'usage des levures sélectionnées peut également avoir une influence sur la formation d'autres composés du vin. Le glycérol, les alcools supérieurs et les esters tels que l'acétate d'éthyle peuvent être formés en plus ou moins grandes quantités (DITTRICH, 1977). Le brunissement des vins blancs peut également être diminué en utilisant des levures sélectionnées ; ceci est probablement dû au fait qu'une durée plus courte de la fermentation limite les dangers d'oxydation (CUINIER et LACOSTE, 1980).

Sur le plan gustatif seules les différences portant sur la teneur en acidité volatile, en acétate d'éthyle et en éthanal sont significatives (RANKINE, 1972).

En général, les fermentations conduites avec des levures sélectionnées confèrent aux vins une note aromatique franche harmonieuse (WUCHERPFENNIG et BRETTHAUER, 1970), tandis que les fermentations spontanées donnent une note aromatique plus ronde et plus complexe (BENDA, 1982).

BIDAN et MAUGENET (1981) ont comparé les vins blancs, rouges et mousseux élaborés par fermentations spontanées et par fermentations par des levures sélectionnées. Ces auteurs, ont trouvé entre les vins des différences significatives variables, mais cependant, aucun échantillon n'a fait l'objet d'une préférence. Lors d'un autre essai, décrit dans la même publication, une préférence significative a été enregistrée pour les vins provenant de moûts ensemencés avec des levures sélectionnées envers un seul échantillon fermenté spontanément, qui servait de témoin.

BACH et *al.*, (1977) ont trouvé une corrélation significative entre l'utilisation des levures sélectionnées en général et les points obtenus aux examens organoleptiques mais il n'ont trouvé aucune préférence significative entre les échantillons ensemencés.

CUINIER et LACOSTE (1980), WEGER (1976), BAUER et KLEINHENZ (1978), ROSSINI et *al.*, (1981) et LAUBENHEIMER (1980) ont tous signalé que l'ordre des préférences obtenu, en classant les vins provenant soit de fermentations spontanées soit de fermentations effectuées par des levures sélectionnées, n'est pas significatif.

ZURN et PERSCHEID (1977), SCHMITT et *al.*, (1979) et AMATI et *al.*, (1978) ont signalé des préférences significatives pour le groupe des levures sélectionnées envers les fermentations spontanées qui servaient également de contrôle.

De l'ensemble des données organoleptiques récentes, il ressort que les différences entre les vins provenant de moûts ensemencés et ceux provenant de moûts non ensemencés sont faibles. Dans les cas significatifs, on enregistre une légère préférence pour les vins élaborés à l'aide de levures sélectionnées.

II — DIFFERENCE ENTRE LES SUSPENSIONS DE LEVURES ET LES LEVURES SECHES

Il entre quelques différences entre les suspensions de levures et les levures sèches. Elles sont mineures sur le plan théorique mais importantes sur le plan pratique.

Dans des conditions parfaitement déterminées, les suspensions de levures et les levures sèches de la même souche ont des performances

similaires. BIDAN et MAUGENET (1981) ont comparé des paires d'échantillons inoculés, à concentrations égales en cellules, avec une suspension de levures et avec une préparation de levures sèches. Ils ont obtenu, au niveau des courbes de fermentation et de la composition du vin, des résultats pratiquement identiques. L'examen organoleptique donne des résultats très serrés. MAYER (1980) a obtenu des résultats similaires dans une comparaison entre un levurage effectué avec une suspension de levures préparée à partir d'une culture lyophilisée de la souche Wädenswil 27 et un levurage effectué avce la même souche sous forme de levures sèches.

Il existe également des travaux indiquant que les levures sèches ont une phase de latence plus longue que les suspensions de levures (GANDINI et MARENGO, 1978) ; mais ces auteurs ont effectué leurs travaux avec un seul genre *Schizosaccharomyces* et les résultats ne sont peut-être pas extrapolables. Pour d'autres, les levures sèches fermentent plus rapidement (SUDRAUD et SUDRAUD, 1977). Les différences observées au sujet du temps de latence peuvent souvent être liées à la technique de réhydratation. En effet, cette technique peut avoir un effet plus marqué sur l'activité des levures que sur la concentration en cellules. Les observations très courantes indiquant des améliorations des vitesses de fermentations ainsi que des fermentations plus complètes peuvent être expliquées par la teneur intracellulaire en stérols et en autres composés similaires qui agissent comme facteurs de survie.

L'ergostérol et autres stérols, sont généralement présents en quantités plus élevées dans les levures sèches que dans les suspensions de levures cultivées en anaérobiose. BIDAN et MAUGENET (1982) ont trouvé 0,60 p. 100 d'ergostérol dans les suspensions de levures et 1,45 p. 100 dans les levures sèches. LARUE et *al.*, (1980) ont utilisé pour leurs travaux une préparation commerciale de levures sèches contenant 1,5 p. 100 d'ergostérol.

La teneur en stérols des cellules dépend des réserves contenues dans l'inoculum et des conditions de préculture.

Les levures sèches cultivées en aérobiose doivent donc, dans des conditions difficiles, faire fermenter le sucre plus activement et plus complètement que les suspensions de levures. Cette hypothèse a été confirmée par LARUE et *al.*, (1979) et LAFON-LAFOURCADE (1980).

Le levurage d'un moût chaptalisé, mettant en œuvre une faible dose de levures sèches permet d'obtenir de meilleurs résultats qu'avec l'addition d'un inoculum important de suspensions de levures. Si les suspensions de levures comme les levures sèches donnent entière satisfaction, l'emploi de ces dernières est peut-être plus sûr ; il est également plus pratique et plus économique. La fabrication des suspensions de levures

de bonne qualité nécessite du moût stérile et un fermenteur. En outre, elle nécessite un contrôle technique pour suivre le développement de la culture initiale, pour le comptage des cellules et pour le contrôle de la pureté. RANKINE (1980) a résumé les méthodes de culture des levures ; il conclue également que la mise en œuvre d'un fermenteur est une opération laborieuse et coûteuse.

Les levures sèches ont en outre l'avantage d'offrir une sécurité car les lots produits sont relativement importants, stables et homogènes. Les levures sèches peuvent être préalablement testées par le producteur et par l'utilisateur, dans le but de s'assurer de leur pouvoir fermentaire ; on peut également vérifier l'absence de germes contaminants ainsi que la conformité au type de la souche déclarée ; après avoir sélectionné le produit le plus approprié, l'inoculum désiré peut être obtenu sans frais techniques. Comparées aux levures sèches, les suspensions de levures présentent des conditions d'emploi plus contraignantes : elles doivent être utilisées rapidement après leur production et on ne dispose pas du temps nécessaire pour les tester. Commodité et facilité d'emploi sont les avantages les plus fréquemment cités par RADLER (OIV, 1979).

Comparées aux suspensions de levures, les levures sèches ne nécessitent aucune préparation préalable, elles sont faciles à doser et la réhydratation est une opération aisée à réaliser (HOTCHKISS, 1978). Si les suspensions de levures offrent un choix plus large de souches, les levures sèches offrent une plus grande flexibilité. En effet, avec les levures sèches on a la possibilité d'adapter la souche et la dose de levurage d'une cuve à l'autre, sans pour autant devoir mélanger des vins de différents types ou de différents lots.

La fabrication des suspensions de levures à la production nécessite un investissement en équipement et occasionne des frais d'exploitation et de laboratoire. Les types traditionnels de fermenteurs non continus peuvent certes être utilisés comme cuves de stockage pour le vin, mais ils sont généralement onéreux du point de vue main d'œuvre et coûts opérationnels. Des fermenteurs plus sophistiqués, ou ceux travaillant en continu (COOTES et JOHNSON, 1981), peuvent être automatisés afin de réduire les coûts opérationnels ; ces installations occasionnent cependant des investissements importants et elles ne sont pas utilisables à d'autres fins.

L'unique charge financière de l'utilisateur des levures sèches correspond au prix du produit.

L'économie réalisée par l'utilisation des levures sèches se traduit par la régression du nombre des fermenteurs installés dans les caves de Californie, d'Australie et d'Afrique du Sud (COOKE et BERG, 1979 ; RANKINE, 1978). Ces frais indiquent que même si l'investissement en

fermenteurs a déjà été effectué, l'économie des coûts opérationnels en utilisant des levures sèches, s'est avérée suffisamment élevée pour justifier la suppression de ces installations.

III — DIFFERENCE ENTRE LES DIFFERENTES SOUCHES DE LEVURES SELECTIONNEES

Si les levures sélectionnées possèdent certains avantages sur les levures indigènes, on peut se demander quel genre, quelle espèce et quelle souche de levure doit-on utiliser. S'il est généralement admis que les levures appartenant au genre *Saccharomyces* sont appropriées pour l'élaboration des vins, par contre il existe quelques divergences en ce qui concerne les différences entre les espèces et les souches. Comme dans le cas de la comparaison levures indigènes/levures sélectionnées, les données fermentaires et analytiques permettent de dégager une conclusion claire, par contre, les données organoleptiques sont plus discutables.

Parmi les espèces de *Saccharomyces* utilisées *S. cerevisiae* et *S. bayanus* sont de loin les plus communes.

Les comparaisons sur le plan organoleptique et pratique des deux espèces sont plus variées. Les souches de *S. cerevisiae* sont, selon AMERINE et *al.* (1972) productrices de caractères vineux et celles de *S. bayanus* produisent des caractères rappelant la pierre à fusil (PEYNAUD et DOMERCQ, 1959). Les souches de *S. bayanus* sont largement utilisées en Italie, en France et aux U.S.A. (Californie). En Allemagne, par contre, on utilise plus souvent des *S. cerevisiae* ; *S. bayanus* formant, généralement, des quantités plus importantes d'anhydride sulfureux et de substances le combinant. En Australie, RANKINE (1978) a mis en garde contre l'utilisation de routine de *S. bayanus,* cette espèce présentant des dangers pour l'élaboration des vins doux de dessert en fermentant complètement les sucres.

En général, les différences entre les souches de chaque espèce communément utilisées sont peu importantes ; elles ne sont peut-être pas plus importantes que celles qui existent entre les souches d'une même espèce.

Les tableaux II, III et IV résument les résultats obtenus dans différents essais en utilisant les mêmes souches. Ils montrent que les différences entre les espèces et les souches sont faibles mais dans certains cas significatives. Les résultats obtenus démontrent également combien il est difficile d'évaluer et de classer des données organoleptiques, même si elles sont statistiquement bien vérifiées.

Nombre de ces souches ont été utilisées dans les essais effectués par BAUER et KLEINHENZ (1978), LEMPERLE et KERNER (1980 ; 1981), de FRENNE et *al.*, (1979), HAMATSCHEK et POTOTSCHNIGG (1979), POTOTSCHNIGG et HIRTH (1981).

TABLEAU II

Essais comparatifs de différentes levures sèches actives

	S. cerevisiae		*S. bayanus*		
	Montrachet n° 522 Davis (U.S.A.)	ÇU 2	Champagne Institut Pasteur (France)	Champagne n° 505 Davis (U.S.A.)	n° 2 Epernay (France)
Fermentation (jours)	7	14	6	11	6
Titre alcoométrique (% vol)	11,4	11,2	11,3	11,5	11,5
Acidité volatile (g H_2SO_4 par l)	0,26	0,24	0,22	0,26	0,26
SO_2 libre (mg/l)	15	23	18	13	20
Couleur (D.O. 420 nm)	0,17	0,17	0,15	0,17	0,15
Arôme (1)	5,2 ab	3,9 d	5,0 b	4,5 c	5.5 a
Goût (1)	5,1 a	4,1 b	5,1 a	4,2 b	4,9 a

(1) Jugement sur 7 points, selon l'échelle hédonique, par 19 dégustateurs représentant un total de 57 appréciations.

Les valeurs de chaque colonne qui sont accompagnées de la même lettre signifient qu'elle ne sont pas significativement différentes (taux 5 %).

Source : GALANDER, 1982.

TABLEAU III

Différences gustatives entre différentes souches de levures

Taux significatifs des résultats obtenus sur la base de 32 tests triangulaires
ns = non significatif

Levures	CU 2	Champagne A	Champagne B	Epernay 2	Flor sherry
Montrachet	0,1	0,1	5	ns	ns
CU 2		1	0,1	1	0,1
Champagne A			ns	ns	ns
Champagne B				ns	ns
Epernay 2					5

Champagne A = Institut Pasteur, Paris (France)

Champagne B = n° 505, Université de Californie, Davis (U.S.A.)
Source : OUGH, 1981.

TABLEAU IV

Différences sensorielles entre différentes souches de levures

Les levures préférées sont indiquées ; la valeur entre parenthèse indique le taux significatif.
ns = non significatif

	Champagne A	Champagne B	Epernay 2	Flor sherry
Montrachet	ns	ns		
CU 2	Champagne A (5)		Epernay 2 (0,1)	ns
Champagne A		Champagne A (5)		

Les résultats pour la levure CU 2 ont été obtenus en testant 24 paires d'échantillons : les autres résultats représentant 24 paires d'échantillons ont été dégustés 5 fois ce qui correspond à un total de 120 évaluations.

Source : OUGH. 1981.

La plupart des souches sont choisies dans le but d'obtenir soit une fermentation plus rapide ou plus complète, soit une amélioration des caractères gustatifs (RANKINE, 1972). Il est également possible de sélectionner des levures uniquement pour leurs caractéristiques fermentaires, analytiques et organoleptiques.

L'utilisation des souches possédant le facteur « killer » permettant ainsi d'assurer leur dominance a été mentionnée. D'autres critères fermentaires font l'objet d'une sélection ; ils englobent la formation réduite de mousse (ESCHENBRUCH et RASSEL, 1975), la tolérance aux basses températures (KUSEWICZ et JOHNSTON, 1980 ; MEYER, 1979) ainsi que le pouvoir flocculant (ZAMBONELLI et *al.*, 1981).

Des données supplémentaires sur les levures du type « killer » ont été indiquées par RADLER (1980). HARA et *al.* (1980) ont étudié l'obtention des levures « killer » tandis que TIOURINA et *al.*, (1980) ont décrit leurs applications.

Les souches de levures appropriées pour certains cas spécifiques ont fait l'objet d'une description par plusieurs auteurs : modification de l'extrait (HANNEMANN et RADLER, 1980), réduction de l'acidité volatile (CASTELLI, 1967), réduction du taux d'alcools supérieurs (ROUS et *al.*, 1980). L'utilisation de *Schizosaccharomyces pombe* dans le but de métaboliser l'acide malique en éthanol est un cas spécial ; cette application a été décrite particulièrement en détail par plusieurs auteurs dont BENDA (1982).

La sélection de levures, en vue d'obtenir des vins aux caractéristiques organoleptiques particulières n'est pas aussi aisée que celle visant d'autres critères plus faciles à évaluer. A l'origine de l'utilisation des levures sélectionnées certains ont prétendu qu'il suffisait, pour élaborer un vin possédant un caractère régional bien typé, de faire fermenter du moût provenant d'une quelconque origine avec une levure spécifique isolée de la région en question. Actuellement il est généralement admis que l'origine de la vendange et la technique d'élaboration sont les facteurs les plus importants déterminant le caractère et la qualité d'un vin.

SIKOVEC (1978) a signalé un cas en Yougoslavie où l'utilisation des cultures pures de levures locales a permis d'élaborer un vin de meilleure qualité que ceux issus de fermentation spontanée ou de fermentation avec des levures sèches standard. Il est possible que dans certains cas, la combinaison de plusieurs facteurs tels que les raisins, les levures indigènes et la technologie utliisée contribuent au développement d'un caractère individuel. D'autre part, les différences enregistrées au niveau des méthodes d'analyses sensorielles et des critères d'évaluation peuvent donner la préférence aux caractères régionaux. En tous cas, il n'existe aucune évidence qui laisse croire que les œnologues d'une région peuvent imiter avec succès les vins élaborés dans d'autres régions en empruntant simplement leurs levures.

Si virtuellement, chaque levure qui a fait l'objet d'une sélection, peut être utilisée pour levurer des moûts sous forme de suspensions de levures, le nombre de levures disponibles sous forme de levures sèches est par contre bien plus limité. Ces restrictions ne sont pas d'ordre technique mais sourtout commerciales.

Comme l'ont justement signalé THOUKIS et BOUTHILET (1963) de même que BIDAN et MAUGENET (1981) un autre facteur limitant provient de la dimension des unités de production qui ne sont pas conçues pour la production de petites quantités de levures.

IV — DIFFERENCES ENTRE DIVERSES PREPARATIONS DE LEVURES SECHES

Les différences entre différentes préparations de levures sèches peuvent porter sur le pouvoir fermentaire exprimé en termes de viabilité ou d'activité, la pureté et la conformité du type.

RANKINE (1978) a trouvé un nombre très différent de levures revivifiables selon les préparations, de 5,6 x 10^6 à 1,0 x 10^{11} par gramme. POTOTSCHNIGG et HIRTH (1981) ont fait les mêmes observations et ont montré que les différences proviennent de la technique de fabrication et de la souche utilisée. Pour BAUER et KLEINHENZ (1977), l'activité d'un produit dépend de sa composition initiale, du type d'emballage des conditions et de la durée de stockage.

La notion de pureté traduit l'absence de levures n'appartenant pas à la souche déclarée et l'absence de tout microorganismes indésirables. RANKINE (1978) a signalé que certains produits étaient contaminés. Si un nombre faible de microorganismes étrangers est sans importance significative, il n'empêche qu'il faut rechercher pour toutes les préparations la pureté la plus élevée possible.

La conformité du type indique la capacité d'une levure sélectionnée donnée à reproduire, dans les conditions de la pratique, les caractéristiques pour lesquelles elle a été sélectionnée. La production industrielle des levures sèches ne semblent pas provoquer des changements au niveau de la souche.

L'Office International de la Vigne et du Vin tente actuellement d'établir des normes pour les levures sèches. Il a été suggéré de fixer une teneur minimale de 1×10^9 levures revivifiables par gramme de préparation au moment du conditionnement, une teneur en eau maximale de 8 p. 100 et une teneur en bactéries ne devant pas dépasser 0,01 p. 100 du nombre des levures revivifiables (O.I.V. 1980). En plus de ces normes, la législation française pourrait réglementer la notion de conformité du type. Pour cela, elle prévoit le dépôt obligatoire de toutes les souches commercialisées dans un conservatoire créé à cet effet ; le fabricant devra en outre donner pour chaque souche 5 critères œnologiques mesurables (O.I.V., 1982). Des méthodes standard pour mesurer ces critères ont été proposées par DELFINI et CIOLFI (1980).

DIFFUSION DES LEVURES SECHES

Les levures sèches sont actuellement diffusées dans presque toutes les régions viticoles du monde. Partant d'une unique grande cave en 1962, l'utilisation des levures sèches s'est répandue très rapidement dans toute la *Californie* et l'*Amérique du Nord* (THOUKIS et *al.*, 1963 ; COOKE et BERG, 1969). En 1964, en *Australie,* l'introduction en œnologie des levures compressées, de production locale, se fit selon un modèle similaire. Elles furent suivies ensuite par les levures sèches. En *Afrique du Sud*, les levures sèches locales et importées ont été adoptées un peu plus tard ; elles sont largement utilisées depuis 1976 (RANKINE, 1978). Dans ces industries « modernes », où l'emploi de levures sélectionnées était une pratique fort courante, les levures sèches ont rapidement remplacé les suspensions de levures pour des raisons de qualité, de facilité d'emploi et d'économie.

En *Europe,* les premiers essais effectués à grande échelle avec les levures sèches ont eu lieu aux environs de 1973. L'introduction commerciale a débuté en 1975 (GOERTGES, 1976). La diffusion se fit ensuite rapidement. Selon une enquête menée en 1977 et 1978, dans 20 pays viticoles, l'utilisation des levures sèches était courante dans 16 d'entre

eux (RADLER, 1979). Les levures sèches sont soit utilisées pour épauler les levures indigènes soit pour les remplacer.

En *Allemagne,* on utilise actuellement autant de levures sèches qu'en Californie. Elles sont utilisées dans toutes les régions vinicoles importantes et dans certaines régions par plus de 85 p. 100 des exploitations (POHL, 1980). Dans ce pays l'usage des levures sélectionnées a été proposé par MARX en 1888 et l'Institut de Geisenheim maintient depuis 1894 une collection de différentes souches de levures. Mais c'est grâce aux levures sèches que le levurage est devenu une opération courante. L'usage intensif des fongicides, la mécanisation de la vendange, la clarification des moûts, la thermovinification et la fermentation à basse température ont probablement rendu plus impératif l'usage des levures sélectionnées (EICHORN .et LORENZ, 1978 ; POTOTSCHNIGG et HIRTH, 1981). En même temps, les levures sèches se sont avérées spécialement indiquées pour les nombreuses petites exploitations pour lesquelles l'usage des suspensions de levures est problématique (DITTRICH, 1979).

En *Autriche* et en *Suisse,* comme en Allemagne, les petites exploitations ont un niveau technologique relativement élevé et on a enregistré une diffusion rapide des levures sèches. Un des premiers essais effectués en Europe avec les levures sèches a eu lieu au Tyrol en 1974 pour des fermentations à très basses températures. Elles se sont montrées supérieures aux levures indigènes (WEGER, 1976). L'évaluation des caractéristiques des levures sèches en relation avec les conditions propres à la Suisse, a été effectuée par MAYER et *al.*, (1980) et par CUENAT et *al.* (1982). D'autre part, la Suisse a organisé récemment un colloque international sur l'utilisation et l'évaluation des levures sèches (SCHLOTTER, 1980).

L'*Italie* est le pays viticole qui utilise, en valeur absolue, le plus de levures sèches.

AMATI et *al.*, (1978) ont publié les premiers résultats obtenus avec les levures sèches dans de nombreuses régions et avec plusieurs types de moûts.

Les levures sèches ont été utilisées pour remplacer les levures indigènes. Elles ont permis l'obtention de fermentations plus régulières et de vins ayant des taux plus faibles en acidité volatile.

La quantité importante des levures sèches utilisée vient du fait qu'elles remplacent progressivement les suspensions de levures pour l'élaboration de nombreux vins spéciaux : vins doux à faible teneur en alcool, vins riches en alcool et édulcorés avec du moût, vins mousseux « frizzanti » et « spumanti ». Les critères généraux relatifs à l'usage des levures sélectionnées pour l'élaboration des vins mousseux en Italie ont été décrits par SPAGNOLLI (1980) et l'utilisation des levures sèches par BERTOLINI et *al.*, (1979) et par ZANATTA (1980).

La *France* se situe à un stade transitoire. Pour certaines applications spécifiques, les levures sèches ont été rapidement adoptées et leur utilisation tend à se généraliser. Il en résulte que la quantité de levures sèches utilisée atteint un chiffre considérable ; toutefois, le type et la quantité de levures utilisés varient considérablement d'une région à l'autre. Comme ce fut le cas en Italie, les levures sèches ont d'abord été utilisées les années de vendanges pourries ainsi que lors des arrêts de fermentation. Actuellement leur usage se répand principalement dans les années froides et également pour la vinification en blanc des moûts riches en sucres. De nouvelles applications englobent l'inoculation des appareils de fermentation en continu, l'amélioration du processus de la macération carbonique ainsi que la fermentation des lies (BIDAN et MAUGENET, 1982). Une souche de type « Killer », sous forme de levures sèches a été utilisée pour la première fois en France, à grande échelle, en 1981. Ces essais ont été entrepris suite aux recherches qui ont démontré que, des levures indigènes du type « Killer » peuvent inhiber des souches de levures sèches sensibles à ce caractère (BARRE, 1981).

La littérature disponible en France sur les levures sèches rassemble des données qui proviennent de presque toutes les régions vinicoles du pays, ce qui montre bien la grande différence de ces produits.

A Bordeaux, LAFON-LAFOURCADE et RIBEREAU-GAYON (1976) ont testé les possibilités des levures sèches pour l'élaboration des vins blancs secs et doux, ils ont décrit les avantages obtenus sur le plan fermentaire et organoleptique. En Bourgogne, IRRMANN (1979) a évalué les levures sèches selon leur pouvoir fermentaire à basse température et FEUILLAT et *al.*, (1980) ont étudié les activités protéolytiques contenus dans certaines souches de levures sèches. En Alsace, MEYER (1979), a évalué des levures sèches selon leur aptitude à fermenter un moût à très basse température. En Touraine, CUINIER et LACOSTE (1980), ont comparé les résultats des fermentations spontanées et après levurage avec des levures sèches ; ils ont trouvé des différences analytiques mais aucune différence organoleptique. Sur la base d'expériences conduites dans le Midi et ailleurs, BIDAN et MAUGENET (1981) ont résumé les possibilités des levures sèches.

Les grandes régions viticoles d'Espagne, d'Argentine, du Portugal, d'Algérie, de la Grèce, du Chili et du Maroc abandonnent toujours leurs moûts à une fermentation spontanée ; les levures sèches y sont relativement peu utilisées. Des considérations d'ordre économique alliées à la tradition sont probablement les raisons principales de cette façon de procéder ; cependant, ces pratiques semblent changer petit à petit. En Espagne, des essais effectués dans la Rioja, ont démontré les avantages des levures sèches (RUIZ HERNANDEZ, 1981).

En Argentine et au Chili, le goût des consommateurs ayant évolué,

les vins blancs fermentent actuellement à basse température après addition de levures sèches. Au Portugal, les levures sélectionnées ont été utilisées et recommandées (GOMEZ, 1969). Toutefois, l'usage général des préparations de levures sèches qui sont récemment apparues sur le marché ne s'est pas implanté (OIV, 1980 ; OIV, 1981). En *Europe de l'Est* et en *URSS,* les levures sèches sont fabriquées et employées. Mais, on ne connaît pas très bien l'étendue de leur utilisation. A Latvia, BEKERS et *al.*, (1980) ont décrit les méthodes de production des levures sèches en insistant particulièrement sur le processus de séchage. En URSS, VALOUIKO et *al.*, (OIV, 1981) ont présenté un exposé sur la production des levures sèches à partir des souches de *S. vini (S. cerevisiae)* et de *Schizosaccharomyces.*

Les résultats obtenus avec ces deux espèces semblent être excellents et les auteurs ont conclu que l'usage des levures sèches est positif. En Tchécoslovaquie, MINARIK (1978) a passé en revue les avantages généraux que présente l'usage des levures sélectionnées.

En Yougoslavie, SIKOVEC (1978) a décrit l'utilisation des levures sèches pour des applications spéciales.

Dans certains de ces pays l'obtention des levures sèches peut être un facteur plus limitant que celui de leur diffusion dans la pratique. Bien que les résultats obtenus avec les levures sèches locales semblent bons, ces préparations ne sont pas exportées et de ce fait leur qualité n'a pas pu être confirmée dans d'autres pays.

PROBLEMES ACTUELS

Les problèmes fondamentaux rencontrés par la recherche dans le domaine de la microbiologie du vin ont certainement contribué à créer une bonne part des confusions et des controverses que l'on rencontre actuellement au sujet des levures sèches et des levures sélectionnées.

La méthode utilisée lors des essais de fermentation, la différenciation des souches et la variation génétique représentent des paramètres importants mais difficiles à contrôler. La mise en place des essais de fermentation est faite de façon à obtenir un compromis entre un meilleur contrôle de la situation et une simulation la plus exacte des conditions trouvées dans la pratique. Par exemple, les essais de fermentations en petits volumes, avec du moût stérilisé, permettent d'obtenir un meilleur contrôle mais ils ne sont pas représentatifs des pratiques de cave. D'autre part, il est difficile de déterminer l'homogénéité du moût, sa composition microbiologique et de contrôler précisément les températures au cours de la fermentation dans la pratique. La teneur en substances solides insolubles d'un moût peut avoir des effets significatifs sur la fermentation et sur les qualités organoleptiques (OUGH et GROAT, 1978) ; cependant, elle est difficilement contrôlable et on en tient rarement

compte. La fermentation des vins blancs englobent moins de variables que celle des vins rouges ; c'est probablement pour cette raison qu'elle est plus souvent utilisée dans les essais de levures. Il en résulte de ce fait un manque presque total de données objectives concernant la vinification en rouge ou l'élaboration d'autres types de vin.

Au lieu de limiter drastiquement le nombre de variables, il semblerait préférable de se placer dans des conditions plus réalistes et d'opérer avec un nombre accru de variables. On pourrait dans ce cas, mettre en œuvre les techniques de la statistique afin de déterminer les dépendances et les corrélations. Ce type d'approche a été utilisé par BACH et *al.*, (1977).

L'évaluation sensorielle reste le principal point faible dans la plupart des études concernant les levures. Les échantillons sont souvent dégustés immédiatement après la fin de la fermentation alcoolique. Cette façon de procéder peut révéler d'une façon exagérée des différences qui ne seraient plus perceptibles à l'époque normale où le vin est consommé, c'est-à-dire, après l'élevage et l'embouteillage. Fait plus important encore, on enregistre un manque de connaissances au niveau des données organoleptiques statistiquement vérifiées ; ce point a été fréquemment signalé par RANKINE (1972), LLAGUNO (OIV, 1981) et par d'autres auteurs. La standardisation de ces techniques d'évaluation n'est toujours pas utilisée d'une façon générale. La différenciation des souches appartenant à la même espèce taxonomique est spécialement critique et difficile à réaliser. Comme l'ont signalé CUINIER et LACOSTE (1980), il n'est pas possible de déterminer la dominance d'une levure sélectionnée après un levurage, ou d'établir leur effet spécifique, sans pouvoir effectuer une différenciation interespèce. L'électrophorèse sur gel semble être une technique prometteuse, elle permet d'identifier les protéines spécifiques propres à une espèce (BOUIX et *al.*, 1981 ; CUINIER et *al.*, 1981). Une autre possibilité consiste à incorporer dans une souche spécifique une substance cytoplasmique marquée afin de pouvoir suivre les cellules lors de leur multiplication et lors de la fermentation, sans pour autant changer ses caractéristiques.

La variation génétique fait l'objet d'une attention particulière lors de la production et de l'utilisation des levures. Elle peut entraîner la perte des caractéristiques désirables d'une souche sélectionnées ou même le développement de caractéristiques indésirables. Un exemple est donné dans les comparaisons effectuées par RANKINE (1978), et par KUNKEE et MUELLER (1975) ; ces auteurs ont rapporté des variations considérables concernant la production de H_2S par certaines levures provenant de la même souche mère. ZIMMERMANN (1981) a résumé quelques techniques appropriées à mettre en œuvre afin d'éviter des problèmes similaires.

Ces techniques englobent la conservation de la souche mère sous forme lyophilisée, la caractérisation de la souche et les réisolements périodiques.

L'utilisation des techniques permettant de déceler des variations génétiques ainsi que celles permettant d'effectuer des changements constructifs est une discipline à part. Ces techniques ont été particulièrement bien décrites par CUMMINGS et FOGEL (1978), par SNOW (1979) et par VEZINHET (1981).

CONCLUSION

En œnologie, le levurage est une pratique couramment utilisée à nos jours. Les avantages offerts par la mise en œuvre des souches de levures sélectionnées tout spécialement au niveau du déroulement de la fermentation alcoolique et des qualités organoleptiques du vin ont permis la généralisation rapide de cette pratique.

Le séchage des cultures sélectionnées a rendu encore plus pratique et plus aisé les techniques du levurage. Sans leur forme séchée, les levures peuvent être conservées pendant de longues périodes tout en maintenant leur activité et sans risques d'altérations microbiologiques. Les levures sèches actives peuvent être utilisées par l'inoculation directe du moût sans passer par une phase de prépropagation comme c'est le cas pour les suspensions de levures ; en outre les parois cellulaires des levures sèches sont plus riches en facteurs de survie.

Il existe des différences notables entre les préparations de levures sèches qui se trouvent actuellement dans le commerce.

La première différence importante se situe au niveau de l'espèce et de la souche de levure, en outre pour une même espèce il peut exister des différences au niveau activité fermentaire et métabolisme. Si l'on examine les produits provenant d'une même souche on peut rencontrer des différences en activité fermentaire ou viabilité, de même que sur le plan pureté chimique, pureté miocrobiologique ou conformité du type.

Plusieurs méthodes ont été proposées pour déterminer la qualité d'une préparation de levure. La complexité des phénomènes fermentaires alliée aux difficultés de l'évaluation sensorielle des vins rendent problématique l'évaluation objective des levures.

Manuscrit reçu le 24 novembre 1983 ; accepté pour publication le 5 janvier 1984.

RÉSUMÉ

Le présent article passe en revue différentes applications du levurage, il souligne les avantages offerts par les levures sèches sur les suspensions de levures. Les différences observées entre les souches de levures sélectionnées de même que celles trouvées entre des préparations de levures sèches produites à partir d'une même souche sont discutées en détail. La diffusion des levures

sèches ainsi que la place qu'elles occupent actuellement en œnologie, sont brièvement discutés.

Enfin il a été cité quelques paramètres qui peuvent être mis en œuvre afin de déterminer d'une façon plus objective les qualités des souches de levures.

ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Artikel beschreibt verschiedene Anwendungsmöglichkeiten von Hefekulturen und schildert die Vorteile der Anwendung von Trockenreinzuchthefen. Die beobachteten Unterschiede zwischen einerseits einzelnen Reinzuchthefestämmen sowie andererseits zwischen Trockenhefepräparaten aus dem gleichen Stamm sind im Detail besprochen worden. Die Verbreitung der Trockenhefen sowie deren heutiger Marktanteil ist kurz erläuter worden. Schliesslich werden einige Möglichkeiten vorgeschlagen, um eine objektive Qualitätserfassung von Hefestämmen vorzunehmen.

SUMMARY

The present paper describes the various possibilities of yeast addition and the advantages of active dry yeasts over yeast suspensions. The registered differences between selected yeast strains as well as between active dry yeast preparations, made from the same yeast strain are discussed in detail. The acceptance of active dry yeasts as well as their importance on the actual market are briefly discussed. Finally the use of some parameters for a more objective evaluation of the quality of yeast strains is briefly mentionned.

RESUMEN

El presente artículo analiza distintas aplicaciones para llegar a la fermentación por medio de la levadura, y hace hincapié en las ventajas que presentan las levaduras secas sobre las suspensiones de levaduras. Las diferencias observadas entre las cepas de levaduras seleccionadas, igualmente que las diferencias encontradas entre unas preparaciones de levaduras secas producidas a partir de una misma cepa estàn detalladamente discutidas. La difusión de las levaduras secas así como el lugar que estas ocupan actualmente en enologia están brevemente discutidas.

Finalmente se han citado algunos parámetros que pueden aplicarse para determinar de forma más objetiva las cualidades de las cepas de levaduras.

RIASSUNTO

Quest' articolo descrive differenti applicazioni della lievitatura, mette in evidenza gli vantaggi offerti dai lieviti secchi rispetto ai sospensioni di lieviti. Differenze osservate tra le specie di lieviti selezionati come quelle incontrate in preparazioni di lieviti secchi prodotte con una stessa specie sono discusse minutamente. La diffusione dei lieviti secchi e il posto che occupano ora in enologia sono più brevemente discussi.

Infine, certi parametri sono stati citati e possono esser messi in opera per determinare con un modo più obiettivo le qualità delle specie di lieviti.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMATI G., GALASSI S. et GUERZONI M. E., 1978. Sull'impiego dei lieviti secchi in enologia, Primi resultati della vendammia 1978. *Vini Italia,* 225-228.

AMERINE M.A., BERG H.W. et CRUESS W.V., 1972. *The Technology of Winemaking.* AVI Publ. Co., Westport, CT.

BACH H.P., SCHLODER F.R. et SCHENK W., 1977. Der Einfluss von Trocken- und Flüssigreinzuchthefe bei unterschiedlicher Mostbehandlung auf den Geschmack und die Zusammensetzung des Weines. *Weinwirtschaft,* N° 41, 1154-1162.

BARRE P., 1981. Intervention du mécanisme « Killer » dans la concurrence entre souches de levures en œnologie. *Colloque Soc. Fr. Microbiol.,* Reims, 109-124.

BAUER H. et KLEINHENZ J., 1978. Technologische Kenngrössen von Trockenhefen. *Wein-Wissenschaft,* **33**, 189-199.

BAUMANN J.W., 1981. L'utilisation des levures sèches dans l'élaboration des vins de base et la champagnisation. *Simposio Internazionale Vini Spumanti, Atti del Convegno.* Istituto di Enologia, Piacenza (Italie), 34-36.

BEKERS M.E., KRAUZE I.J., VENTINA E.J., KONTAKEVICH J.G., DAMBERGA B.E., 1980. Factors of wine yeast resistance at their dehydration Paper Y-1.5.7 (p) presented at the *Vth Intern. Symposium on Yeasts,* London, Ontario, July 20-25.

BENDA I., 1982. Wine and brandy. *In Prescott and Dunn's Industrial Microbiology, 4th edn.* (G. Reed, editor). AVI Publ. Co., Westport, CT.

BERTOLINI C., PANCOTTO A. et MACULAN F., 1979. Alcune note sell'uso dei lieviti secchi nell'industria spumantistica. *Enotecnico,* **11**, 23-26.

BIDAN P. et MAUGENET J., 1981. Informations récentes sur l'emploi des levures sèches actives (leur influence sur la qualité des vins). *Bull. O.I.V.,* **54**, N° 601, 241-254.

BOUIX M., LEVEAU J.Y. et CUINIER C., 1981. Détermination de l'origine des levures de vinification par une féthode de différenciation fine des souches. *Connaissance Vigne Vin,* N° 1, 41-52.

COOKE G.M. et BERG H.W., 1969. Varietal table wine processing practices in California. I. Varieties, grape and juice handling and fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.,* **20**, N° 1, 1-6.

COOTES R.L. et JOHNSON R., 1981. Continuous propagation of yeast cultures. *Food Tech. Australia,* **33**, 374-377.

CUENAT Ph., CAZELLES O., CRETTENAND J., 1982. Les levures sèches actives et leur influence sur la qualité des vins blancs de Chasselas. *Revue Suisse de viticulture, arboriculture et horticulture.* **4.**

CUINIER C., BOUIX M. et LEVEAU J.Y., 1981. Méthode d'étude de l'origine des levures en œnologie. *Vignes Vins,* N° 302, 3-7.

CUINIER C. et LACOSTE J., 1980. Essai d'utilisation de levures sèches actives en Tourraine. Contrôle de l'efficacité du levurage. *Connaissance Vigne Vin,* **14**, N° 1, 53-64.

CUMMINGS J. et FOGEL S., 1978. Genetic homology of wine yeasts with *Saccharomyces cerevisiae. J. Inst. Brew.,* **84**, 267-270.

DELFINI C.I. et CIOLFI G., 1980. Messa a punto di metodiche standardizzate per la determinazione dei caratteri enologici dei lieviti selezionati. *Vini Italia,* N° 129, 301-308.

DE FRENNE E., HAMATSCHEK J. et PIEPER H.J., 1979. Derzeitiger Kenntnisstand zur weintechnologischen Beurteilung von Reinzuchthefen. *Rebe Wein,* **32**, N° 5, 189-195.

DITTRICH H.H., 1977. Microbiology of Wines. *Verlag Ulmer,* Stuttgart.

DITTRICH H.H., 1978. Die Verwendung von Reinzucht- und Trockenhefen bei der Fruchtweinbereitung. *Flüss. Obst.,* **45**, 295-297.

DITTRICH H. H., 1979. Anwendung von Trockenhefen bei der Weinbereitung. Deut. *Weinbau.* **34**, N° 14, 792-796.

DOTT W. et TRUPER H.G., 1979. Sulphite formation by wine yeasts. VII. Regulation of the enzymatic steps between sulphide and sulphur-containing amino acids. *Arch. Microbiol.,* **121**, 251-3.

EICHORN K.W. et LORENZ D.H., 1978. Mögliche Ursachen von Gärund Geschmacksbeeinflussungen bei Wein. Deut. *Weinbau,* **33**, N° 13, 504, 506-514.

ESCHEBBRUCH R. et RASSEL J., 1975. The development of nonfoaming yeast strains for winemaking. *Vitis,* **14**, 43-47.

FEUILLAT M. et BUREAU G., 1979. Observations et essais réalisés en Champagne sur la production d'anhydride sulfureux par les levures. *C. R. Acad. Agric.,* France. 647-651.

FEUILLAT M., BRILLANT G. et ROCHARD J., 1980. Mise en évidence d'une production de protéases exocellulaires par les levures au cours de la fermentation alcoolique du moût de raisin. *Connaissance Vigne Vin,* **14**, N° 1, 37-52.

GALLANDER J.F., 1982. Influence of different wine yeasts on the quality of Vidal Blanc wines. *Develop. Ind. Microbiol.*, **23**, 123-129.

GANDINI A. et MARENGO D., 1978. Prove semi industrial d'impiego di lieviti attivie di *Schizosaccharomyceti* nella vinificazione di mosti piemontesi. *Enotecnico,* **8**, 3-11.

GOMES J.V., 1969. Emprego de leveduras seleccionadas em vinificacao. *Vin. Porto,* **11**, N° 4, 1-21.

GOERTGES S., 1976. Erfahrungen bei der Anwendung von Trocken-Reinzuchthefen zur Vergärung von Traubenmost. *Deut. Weinbau,* **31**, N° 26, 1051-1056.

GOERTGES S. et MUELLER A., 1977. Die Bereitung von Frucht- und Dessertweinen unter besonderer Berücksichtigung der vergärung mit Trocken-Reinzuchthefe. *Flüss. Obst.,* **44**, N° 10, 399-408.

HAMATSCHEK J. et POTOTSCHNIGG F., 1979. Reinzuchthefen für den 79er Traubenmost getestet. *Rebe Wein,* **32**, N° 10, 379.

HANNEMANN W. et RADLER F., 1980. Uber den Einfluss verschiedener Hefestämme auf den Extraktstoffgehalt im Wein. *Deut. Lebensmittel-Rundschau.,* **11**, 377-383.

HARA S., IIMURA Y. et OTSUKA K., 1980. Breeding of useful killer wine yeasts. *Am. J. Enol. Vitic.,* **31**, N° 1, 28-33.

HEINZEL M.A., DOTT W. et TRUPER H.G., 1979. Ursachen einer biologischen SO_2-bildung bei der Weingärung. *Wein-Wissenschaft,* **34**, 192-211.

HOTCHKISS R., 1978. The application of selected active dry wine yeast. Proc. 5th. *Int. Oenological Symp.* 13-15 Féb. 1978 Auckland.

IRRMANN R., 1979. Fermentations alcooliques à températures régulées. *Rev. Fr. Œnol.,* N° 76, 37-44.

JACKSON B. et LOWE E.J., 1981. Experimental fermentations of varietal wines from desulphited mute. *Presented at 32nd Annual Meeting of Am. Soc. Enologists,* June 24 to 27, 1981, San Diego, CA.

KUNKEE R.E. et MUELLER R., 1975. Influence of yeast strain on hydrogen sulphide formation as measured with the sulphide electrode. Presented at 27th Annual Meeting of Soc. of Enologists 24-27. June Anaheim, CA.

KUSEWICZ D. et JOHNSTON J., 1980. Genetic analysis of croyophilic and mesophilic wine yeasts. *J. Inst. Brew,* **86**, 25-27.

LAFON-LAFOURCADE S., 1980. Les facteurs de survie des levures. *Bull. O.I.V.,* **53**, 577-585.

LAFON-LAFOURCADE S. et RIBEREAU-GAYON P., 1976. Premières observations sur l'utilisation des levures sèches en vinification en blanc. *Connaissance Vigne Vin,* **10**, N° 3, 277-292.

LARUE F., LAFON-LAFOURCADE S. et RIBEREAU-GAYON P., 1979. Les différents rôles fonctionnels des stéroides sur les levures dans le moût de raisin en fermentation : Notion de facteur de survie. *Ann. Microb. (Inst. Pasteur),* **130** A, 231-243.

LARUE F., LAFON-LAFOURCADE S. et RIGEREAU-GAYON P., 1980. Relationship between the sterol content of yeast cells and their fermentation activity in grape must. *Appl. Environ. Microbiol.,* **39**, N° 4, 808-811.

LAUBENHEIMER K.H., 1980. Einfluss von Hefe und Gärbehältern. *Weinwirtschaft,* N° 27, 818-821.

LEMPERLE E. et KERNER E., 1980. Vergleichende Prüfung von Trocken-Reinzuchthefen. *Weinwirtschaft,* N° 30, 974-84.

LEMPERLE E. et KERNER E., 1981. Vergleichende Prüfung von Trocken-Reinzuchthefen. 2. Mitteilung : Ergebnisse aus dem Jahre 1980. *Weinwirtschaft,* N° 30, 899-902.

MAYER K., 1980. Umstellung auf Trockenhefe und Verkauf durch die Firma H. Kunzmann. *Obst. & Weinbau,* **19**, 515-516.

MAYER K., VETSCH U. et PAUSE G., 1980. Hemmung des biologischen Säureabbaus durch SO_2 bildende Hefen. *Schweiz. Zeitschr. für Obst- und Weinbau April,* 82-92.

MEYER J.P., 1979. Les levures adaptées aux basses températures et leur sélection. *Rev. Fr. Œnol.,* N° 76, 45-49.

MINARIK E., 1978. Progrès récents dans la connaissance des phénomènes microbiologiques en vinification. *Bull. O.I.V.,* **51**, 352-367.

O.I.V., 1979. III Enquête sur les propositions de M. Radler concernant les levures sèches actives. *Bull. O.I.V.,* **52**, N° 582, 706-709.

O.I.V., 1980. Microbilogie du vin. Compte rendu des travaux de la 15e réunion de la Sous-Commission. *Bull. O.I.V.,* **53**, N° 593-594, 543-559.

O.I.V., 1981. Les levures sèches actives (LSA) C.R. des travaux de la 16e réunion de la Sous-Commission. *Bull. O.I.V.,* **54**, N° 608, 800-801.

OUGH C.S. et AMERINE M.A., 1972. Further studies with submerged flor sherry. *Am. J. Enol. Vitic.,* **23**, N° 4, 128-131.

OUGH C.S. et GROAT M.L., 1978. Particle nature, yeast strain and temperature interactions on the fermentation rates of grape juice. *Appl. Environ. Microbiol.,* **35**, N° 5, 881-885.

PEYNAUD E., DOMERCQ S., 1953. Etude des levures de la Gironde, *Ann. Technol. Agr.*, **2**, 265-300.

PEYNAUD E. et DOMERCQ S., 1959. A review of the microbiological problems in wine-making in France. *Am. J. Enol. Vitic.*, **10**, N° 2, 69-77.

POHL H., 1980. Erfahrung mit dem Einsatz von Trockenhefen. *Der Badische Winzer*, 8 aug., 332-334.

POSSON P., 1981. Production of baked and submerged culture sherry-type wine in California 1960-1980. *In* Wine Production in the United States, ACS Symposium Series 145. Maynard A. Amerine (Editor). *Am. Chem. Soc.*, Washington, D.C.

POTOTSCHNIGG F., HIRTH E., 1981. Individuelle Weinbereitung durch Reinzuchthefen. *Deutsch. Weinb.*, **27**, 1172-1176.

RADLER F., 1980. Les facteurs « Killer » des levures. *Bull. O.I.V.*, **53**, N° 593-594, 568-572.

RANKINE B.C., 1972. Influence of yeast strain and malo-lactic fermentation on composition and quality of table wines. *Am. J. Enol. Vitic.*, **23**, N° 4, 152-158.

RANKINE B.C., 1978. Acquisitions récentes dans la sélection et l'utilisation de souches de levures pures en œnologie. *Ann. Tech. Agric.*, **27**, N° 1, 189-200.

REED G. et CHEN S.L., 1978. Evaluating commercial active dry wine yeasts by fermentation activity. *Am. J. Enol. Vitic.*, **29**, N° 3, 165-168.

REED G. et PEPPLER H.J., 1973. Yeast Technology. AVI Publ. Co, Westport, CT.

ROSSINI G., BERTUCCIOLI M., PASQUALI F.R., 1981. Vinificazione con lieviti secchi attivi del commercio : Vendemmia 1979. *Vini d'Italia*, **130**, *21-26.*

ROUS C.V., KUNKEE R.E. et SNOW R., 1980. Wine fermentations with amino acidless mutant strains of Montrachet resulting in lowered production of higher alcohols. Presented at 31st Annual Meeting of American Society of Enologists, 25-28 June, 1980. Los Angeles.

RUIZ HERNANDEZ M., 1981. « Secado » de vinos tintos viejos. *Semana Vitivinicola*, N° 1809.

SALLER W., 1957. Die spontane Sprosspilzflora frisch gepresster Traubensäfte und die Reinhefegärung. *Rebe Wein*, Serie A 1, 130-138.

SCHLOTTER H., 1980. Internationalses Weinchemisches Kolloquium. *Weinvirtschaft*, **39**, 1223-1225.

SCHMITT A., CURSCHMANN K. et KOEHLER H., 1979. Betrachtungen über Gärverhalten und die bei verschiedenen Weinen aufgetretenen Fehltöne. *Rebe Wein,* **32**, N° 9, 364-367.

SIKOVEC S., 1978. Observations concernant l'incidence des levures sèches sur la qualité des vins. *Ann. Technol. Agric.,* **27**, N° 1, 201-202.

SNOW R., 979. Toward genetic improvement of wine yeast. *Am. J. Enol. Vitic.,* **30**, N° 1, 33-37.

SPAGNOLLI F., 1980. I lieviti nellla spumantizzazione dei vini di qualita. *Enotecnico,* N° 1, 20-24.

SUDRAUD M. et SUDRAUD P., 1977. Intérêt pratique d'une addition de levures sèches actives en vinification en blanc. *Rev. Fr. Œnol.,* **16**, N° 65, 39-40.

THOUKIS G., BOUTHILET R.J., 1963. The use of pressed yeast cake in winery fermentation. *Wines and Vines,* **44**, N° 1, 25-26.

THOUKIS G., REED G. et BOUTHILET J.R., 1963. Production and use of compressed yeast for winery fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.,* **14**, N° 1, 145-154.

TIOURINA L.V., BOURJAN N.I. et SKARIKOVA T.K., 1980. Emploi des cultures pures du phenotype « Killer » dans la fermentation des moûts de raisin. *Bull. O.I.V.,* **53**, N° 593-594, 573-567.

VEZINHET F., 1981. Quelques applications de la génétique des levures en œnologie. Méthodologie et objectifs. *Bull. OIV.,* **54**, N° 608, 830-842.

WEGER B., 1976. Versuche zur Verwendung von Trockenhefen und neuen pektolytischen Enzymen. *Wein-Wissenschaft,* **31**, 197-201.

WUCHERPFENNIG K. et BRETTHAUER G., 1970. Uber die Bildung von flüchtigen Aromastoffen in Traubenwein in Abhängigkeit von der Most Vorbehandlung sowie von der verwendenten Heferasse. *Rebe Wein,* Ser. A (Klosterneuberg), **20**, 36-46.

ZAMBONELLI C., ROMANO P. et SUZZI G., 1981. Aspetti microbiologici della preparazione di vini base da spumante. *Simposio Internazionali Vini Spumanti, Atti Convegno.* Istituto Die Enologia, Piacenza.

ZANATTA G., 1980. I lieviti secchi Uvaferm nella preparazione dei vini frizzanti e spumanti. Atti del 35 Congresso Enotecnico Nazionale, Modena.

ZIMMERMAN F.K., 1981. Spontaneous fermentation--fermentation by selected yeast, Proc. 6th International Enological Symposium Mainz W. Germany 28-30 April 1981, 267-276.

ZURN F. et PERSCHEID M., 1977. Anwendung verschiedener Hefe bei ver Vergaerung von Traubenmost. *Deutsch Weinbau,* **32**, 1198-1201