Connaissance Vigne Vin 1976, **10,** N° 3, 277-292.

PREMIERES OBSERVATIONS SUR L'UTILISATION DES LEVURES SECHES EN VINIFICATION EN BLANC (*)

Suzanne LAFON-LAFOURCADE et P. RIBÉREAU-GAYON

Institut d'Œnologie - Université de Bordeaux II
Institut National de la Recherche Agronomique
351, cours de la Libération - 33405 Talence (France)

INTRODUCTION

La vinification en blanc en Bordelais pose des problèmes microbiologiques qui ne sont pas entièrement résolus ; ils sont caractérisés par la lenteur et surtout par des difficultés d'achèvement des fermentations. Les causes en sont multiples. D'une part il intervient probablement la nature de la microflore dépourvue des capacités requises ; mais aussi d'autre part la composition des moûts n'est pas toujours compatible avec les nécessités de la croissance et du métabolisme de la levure.

Les moûts sont relativement riches en sucre et la fermentation doit provoquer, soit l'épuisement complet de 220 g par litre et même plus dans l'élaboration des vins secs, soit la transformation de 70 à 75 p. 100 de la teneur en sucre de moûts pouvant en contenir 350 g par litre ou même davantage.

En outre, une certaine surmaturation et surtout le développement de la pourriture noble **(Botrytis cinerea)** provoquent un épuisement du jus en différentes formes d'azote et en d'autres éléments nutritifs nécessaires à la levure. Le débourbage, pratique de plus en plus répandue dans le but d'affiner l'arôme des vins blancs, entraîne une conséquence identique (RIBÉREAU-GAYON P. et **al.,** 1975).

Dans le but de favoriser des fermentations à la fois plus rapides et plus complètes, on a souvent proposé le levurage par addition, au moût frais, de 5 à 10 p. 100 de jus en pleine fermentation. Mais ce pro-

(*) Travail effectué avec l'aide matérielle du Conseil interprofessionnel du vin de Bordeaux.

cédé revient à un apport relativement modéré de levures à caractères mal définis (AMERINE, 1973 ; GALZY, 1973).

L'apparition dans le commerce de levures sèches en poudre accroît considérablement les possibilités du levurage, autant par la facilité d'addition d'un nombre important de cellules que par les possibilités de sélection des souches.

Au cours des vinifications 1975, nous avons testé certaines préparations, en vinification en blanc sec et en blanc liquoreux ; les résultats permettent de dégager certaines conclusions concernant les meilleures conditions de leur utilisation. Mais pour bien comprendre l'intervention de ce levurage, et par conséquent son efficacité, il faut l'insérer dans le cadre général des caractères microbiologiques de la vinification en blanc.

LES CARACTERES MICROBIOLOGIQUES DE LA VINIFICATION EN BLANC.

Les conditions de la vinification imposent à la population levurienne un cycle particulier dans lequel on distingue schématiquement quatre phases (KUNKEE et **al.**, 1970 ; RIBÉREAU-GAYON J. et **al.**, 1975).

a) **Phase préfermentaire plus ou moins aérobie.** Au cours des diverses manipulations dont il est l'objet, dans des conditions largement aérobies, le moût, encore chargé des bourbes riches en éléments nutritifs, est le siège d'un important développement de levures, d'espèces variées ; la population peut atteindre 10^4 à 10^5 cellules vivantes par millilitre.

Le débourbage, par introduction d'un antiseptique, élimine une partie de la microflore entraînée avec les bourbes et effectue une première sélection dans la population qui est réduite environ du dixième. Mais il n'en reste pas moins que le milieu a déjà subi une croissance plus ou moins abondante susceptible d'influer défavorablement sur sa fermentescibilité ultérieure.

Le cheminement du jus à travers les canalisations, nécessaire pour la mise en cuve ou en barrique, se traduit par une aération et un réensemencement qui confèrent un nouvel essor au développement de la microflore.

La vinification débute avec une population levurienne déjà importante,

de l'ordre de 10^4, 10^5 et même souvent 10^6 cellules viables par millilitre, résultats en accord avec ceux de GALZY (1973) ; une saison chaude, maintenant une température relativement élevée de la vendange dans le chai, favorise ce phénomène.

Pendant cette première phase, le sucre utilisé pour la croissance est, sans aucun doute, respiré ; on explique ainsi à la fois la rapidité et l'importance du développement levurien.

b) **Phase de prolifération anaérobie.** Cette phase (fig.1) n'est pas l'exact prolongement de la première. En effet, dès la mise en gros

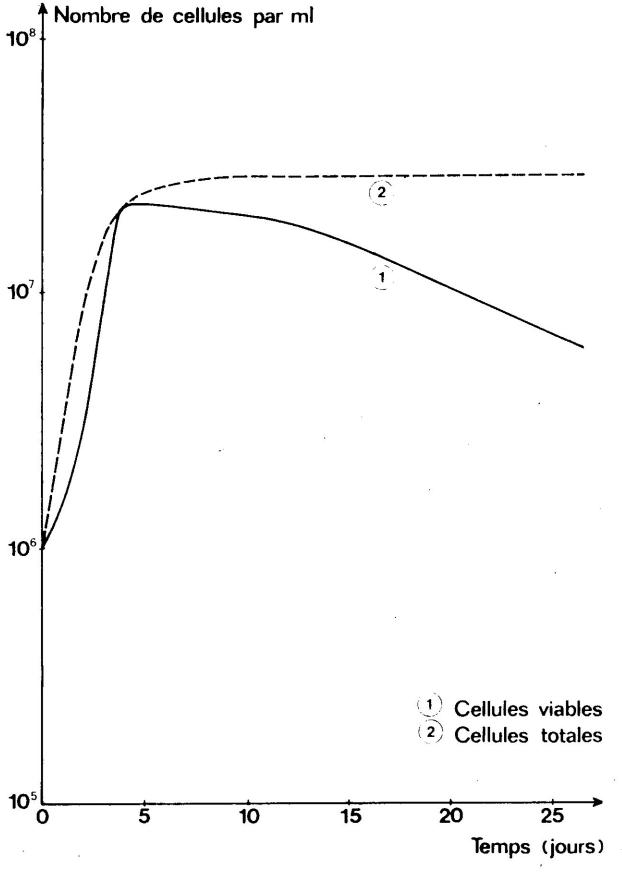


Fig. 1. — Evolution de la population de levures au cours d'une vinification en blanc liquoreux.

volume, les conditions d'aération sont profondément modifiées. Le milieu tout d'abord saturé d'oxygène devient assez vite réducteur. Les levures

à métabolisme plus fermentaire se développent préférentiellement. Cette voie fermentaire moins énergétique freine le rythme du développement. On observe pendant les deux premiers jours de la vinification un taux de croissance (nombre de divisions cellulaires par unité de temps) ralenti ; il augmente pendant les deux jours suivants. On atteint en 3 ou 4 jours des populations viables et totales de l'ordre de 10^7 cellules par millilitre. Les concentrations cellulaires maximales relevées au cours de diverses vinifications en blanc, sec ou liquoreux, varient de 3 à 8 $\times$ 10^7 cellules par millilitre et sans rapport direct avec la concentration initiale en sucre.

c) **Phase quasi-stationnaire.** Une phase véritablement stationnaire existe, de plus ou moins courte durée. Nous appelons « quasi-stationnaire » la période pendant laquelle la population totale se maintient identique tandis que la population viable demeure de l'ordre de 10^7 cellules par millilitre ; elle dure une quinzaine de jours environ.

d) **Phase de déclin.** Le nombre de levures totales varie peu mais la concentration en cellules viables diminue assez rapidement pour passer à 10^6, 10^5 et 10^4 cellules par millilitre. Dans le cas de vinifications languissantes cette phase s'étale sur une quinzaine de jours et parfois davantage.

La vitesse fermentaire, c'est-à-dire la vitesse de la transformation du sucre en alcool, est nulle pendant la phase (a), maximale pendant les phases (b) et (c), progressivement ralentie pendant la phase (d). Pour que la vinification s'effectue dans les meilleurs délais, il faut qu'elle se situe entièrement dans les 3 premières phases du cycle de croissance ; ceci est généralement réalisé sans difficulté lorsque la teneur en sucre du moût n'excède pas 200 g par litre environ. Pour des teneurs en sucre trop élevées, la fermentation se prolonge pendant la phase de déclin, de plus en plus lente, jusqu'à inhibition des systèmes enzymatiques de la glycolyse ; la vinification peut s'étendre alors durant 5 ou 6 semaines et s'arrêter avant l'épuisement complet du sucre.

En tout cas cette analyse montre bien que la possibilité de la transformation intégrale du sucre en alcool n'est pas exclusivement liée à la multiplication levurienne, comme il était plus ou moins implicitement admis jusqu'à maintenant (RIBÉREAU-GAYON J. et **al.**, 1975). Bien sûr, plus la population est nombreuse, plus il y a de chance d'avoir une fermentation rapide ; mais il intervient aussi la capacité de survie des levures, c'est-à-dire leur capacité de transformer, en l'absence de tout développement, le sucre en alcool et cette propriété peut être variable selon les conditions.

INDUCTION DE LA FERMENTATION AU MOYEN DES LEVURES SECHES

1. Caractéristiques des préparations commerciales.

Elles se présentent toutes sous le même aspect de poudres gris jaunâtre, plus ou moins granuleuses, à odeur de levure de boulangerie. Mises en suspension dans l'eau tiède, les cellules recouvrent rapidement leur vitalité et, après 20 minutes de repos, 10 à 60 p. 100 environ sont viables.

Le tableau I indique l'identification, réalisée par M^me^ S. SAPIS-DOMERCQ, des espèces trouvées dans quatre produits du commerce ; il donne également le nombre de cellules totales et de cellules viables.

TABLEAU I

Caractéristiques des préparations commerciales de levures sèches testées

Préparation	Identification	Nombre de cellules totales dans 100 mg	Nombre de cellules viables dans 100 mg
A	**Sacch. ellipsoideus**	11×10^8	11×10^7
B	**Sacch. ellipsoideus** + **Sacch. chevalieri**	26×10^8	16×10^8
C	**Sacch. bayanus (oviformis)**	10×10^8	11×10^7
D	**Sacch. ellipsoideus** + **Sacch. bayanus (oviformis)**	12×10^8	6×10^7

Utilisées à la même dose (100 mg par litre) dans un jus de raisin stérile, comparativement aux levures de référence de l'Institut d'Œnologie (**Sacch ellipsoideus** 19e1 et **Sacch. bayanus (oviformis)** 88 XIII), ces préparations paraissent efficaces, tout en manifestant certaines différences (fig. 2). Les préparations (A), (D) et aussi (B) favorisent des départs en fermentation particulièrement rapides, caractéristiques de **Sacch. ellipsoideus.**

La préparation (C), après un départ en fermentation relativement lent, montre un pouvoir alcoogène plus élevé qui est la propriété de **Sacch. bayanus (oviformis).** La préparation (D) est a priori

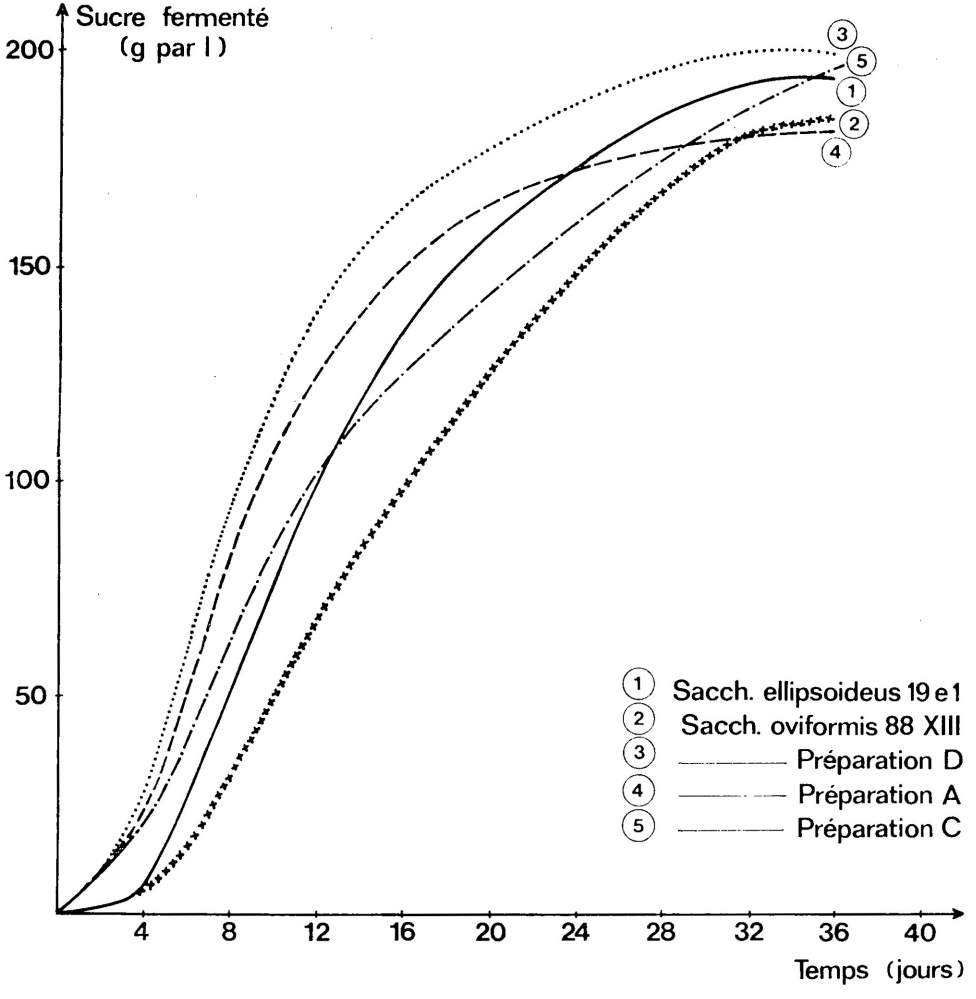


Fig. 2. — Influence de l'addition à un même moût de diverses préparations de levures sèches sur le déroulement de la fermentation alcoolique.

la mieux adaptée ; elle est constituée d'un mélange de **Sacch. ellipsoideus** et de **Sacch. bayanus (oviformis)** dont elle possède les principales propriétés. Toutes forment des taux d'acidité volatile et d'acides cétoniques voisins, relativement bas. En outre, employée en levain mixte, en association avec d'autres espèces de levures, la préparation (A) montre une intéressante capacité de synergie.

2. **Influence de l'importance du levurage sur le déroulement de la fermentation.**

Un jus de raisin frais contenant 250 g de sucre par litre, stérilisé par filtration, reçoit des quantités croissantes de préparation (C), comprises entre 0,01 à 10 g par litre ; il s'agit d'un ensemencement variant de

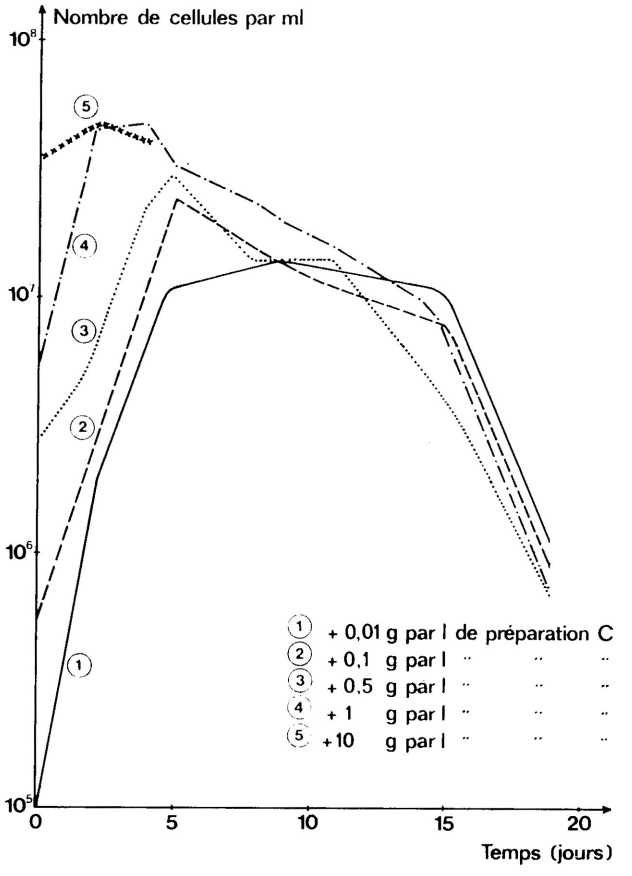


Fig. 3. — Influence de l'addition à un moût de poids croissants d'une préparation de levures sèches (C), sur la population en cellules de levures viables au cours de la fermentation alcoolique.

15×10^4 à 18×10^7 cellules totales par millilitre et de 9×10^4 à 36×10^6 cellules viables. Une bonne proportionnalité est retrouvée entre les poids de biomasse et les concentrations cellulaires totales qui en découlent. Mais le pourcentage de cellules viables qui est de 60 p. 100 pour les plus faibles ensemencements, passe à 20 p. 100 environ pour la plus forte addition.

A 25 °C et en semi-anaérobiose, le temps nécessaire pour atteindre la population viable maximale est d'autant plus court et cette population d'autant plus grande que la biomasse initiale est plus importante (fig. 3). Mais ces populations maximales plafonnent entre 14 et 48 $\times$ 10^6 cellules

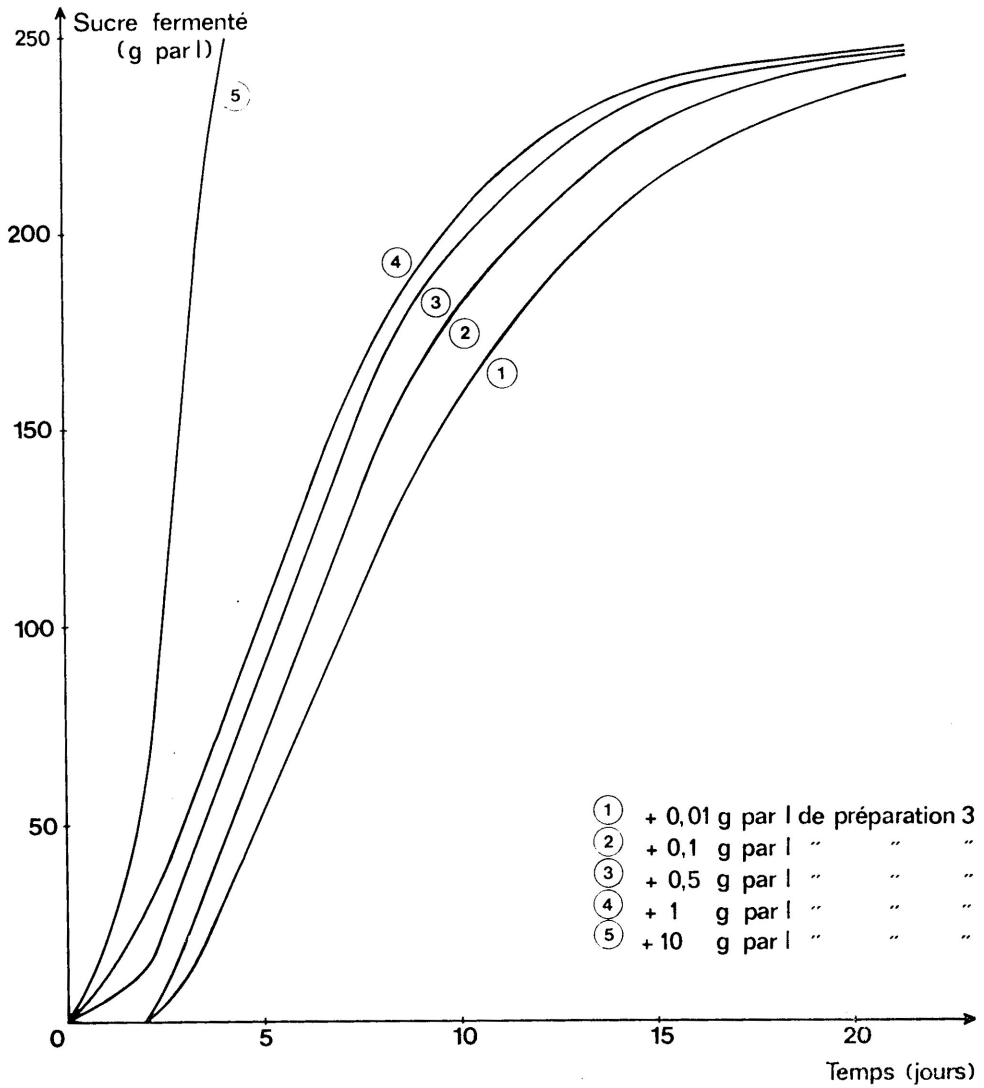


Fig. 4. — Influence de l'addition à un moût de poids croissants d'une préparation de levures sèches (3) sur le déroulement de la fermentation alcoolique.

par millilitre ; elles varient donc au plus de 1 à 4 alors que les ensemencements sont échelonnés de 1 à 1 000. Par conséquent, pour de forts levurages, le nombre de cellules non proliférantes est considérable.

L'induction des fermentations est d'autant plus rapide que l'ensemencement est plus élevé. Mais deux cas se présentent alors.

a) Un levurage massif à 10 g par litre entraîne d'emblée une quasi-saturation cellulaire du milieu (36×10^6 cellules viables par millilitre). Si la teneur en sucre n'excède pas la capacité fermentaire de la levure mise en œuvre, la totalité du sucre est transformée en 5 jours (fig. 4).

b) Un levurage inférieur ou égal à 1 g par litre (15×10^4 à 56×10^5 cellules viables par millilitre) autorise un véritable cycle de croissance comportant une phase de prolifération plus ou moins longue (fig. 3). Dans les premiers jours, la vitesse fermentaire est alors directement liée à l'importance de la population initiale. Ainsi, le temps nécessaire pour épuiser 190 g de sucre par litre varie de 8 à 12 jours pour des ensemencements compris entre 0,01 et 1 g par litre (fig. 4).

Mais la concentration en sucre de ce moût (250 g par litre) contraint les levures à fermenter pendant la phase de déclin du cycle de croissance qui s'affirme vers le 15e jour environ (fig. 3). Dès lors, les écarts entre les diverses courbes de fermentation s'amenuisent pour disparaître presque totalement en fin de fermentation.

TABLEAU II

Caractéristiques des vins issus de fermentations induites par différents poids de levures sèches

Poids de levures sèches (g par l)	Acidité totale (g H_2SO_4 par l)	Acidité volatile (g H_2SO_4 par l)	Sucre résiduel (g par l)	Titre alcoométrique	Rendement (g de sucre pour former 1° d'alcool)
0,01	4,8	0,59	10	14	17
0,1	4,8	0,69	8,2	14,1	17,2
0,5	5,2	0,74	7,5	14,2	17,1
1	5,2	0,74	6,5	14,3	17,1
10	4,3	0,76	2,9	12,3	19,2

Au bout d'un mois les vins provenant de fermentations induites par des poids de levure de 0,01 à 1 g par litre présentent des taux d'alcool et de sucre résiduel très voisins (tableau II). Par contre le vin qui

résulte d'un levurage à 10 g par litre diffère des précédents : a) le sucre est pratiquement totalement fermenté ; b) le rendement de la transformation du sucre en alcool est beaucoup moins favorable ; c) l'acidité totale est nettement plus basse. Les phénomènes biochimiques qui sont responsables de ces différences mériteraient d'être étudiés.

3. Conséquences pratiques.

L'efficacité d'un levurage paraît, en première approximation, liée essentiellement à trois facteurs : l'importance du levurage, la capacité fermentaire de la levure mise en œuvre, la richesse en sucre du jus de raisin.

Dans le cas où le levurage constitue, dès l'origine, la quasi-totalité de la population maximale levurienne possible et dans la mesure où la concentration en sucre est inférieure à la capacité fermentaire de la souche de levure, on obtient une fermentation « explosive », située pratiquement entièrement dans une courte phase de croissance des populations ; il est probable qu'une grande partie des cellules « non viables » de l'ensemencement participent à cette fermentation, tout au moins pendant un certain temps. Mais cette condition paraît difficile à réaliser dans la pratique ne serait-ce que par son coût élevé ; par ailleurs, les caractéristiques analytiques du vin qui en découle ne plaident pas en sa faveur (mauvais rendement de la transformation du sucre en alcool).

Si par contre, le levurage, pratiqué à un taux plus faible, induit un véritable cycle de croissance, les premières étapes de la fermentation sont d'autant plus rapides que la population d'ensemencement est plus grande. Pour une teneur en sucre telle qu'elle puisse être totalement transformée en alcool pendant les phases de prolifération et quasi-stationnaire du cycle de croissance des levures (teneur inférieure à 200 g par litre), la fermentation est d'autant plus courte que la biomasse initiale est importante. Toutefois, si la concentration en sucre nécessite la poursuite de la fermentation pendant la phase de déclin du cycle de croissance, la durée totale de la fermentation, en particulier sa limite, sont relativement peu affectées par des variations dans le levurage comprises entre 0,01 et 1 g par litre ; un ensemencement à 100 mg par litre paraît nettement suffisant.

Notons toutefois que cet essai a été réalisé avec une seule préparation particulièrement alcoogène et dans un milieu stérile, ce qui écarte tout phénomène d'antagonisme levurien.

EXPERIMENTATION DES LEVURES SECHES EN VINIFICATION

Trois expérimentations ont été conduites au cours des vinifications 1975. Deux portent sur des vinifications en blanc sec, une sur une vinification en blanc liquoreux.

1. Vinification en blanc sec.

a) Essai en grand volume :

Un moût blanc titrant 215 g de sucre par litre est mis en cuve de 240 hectolitres. La première cuve gardée comme témoin fermente avec les levures indigènes ; deux autres reçoivent respectivement 10 g par litre, l'une de la préparation (A) **(Sacch. ellipsoideus),** l'autre de la préparation (B) **(Sacch. ellipsoideus** et **Sacch. chevalieri).**

Dès la mise en cuve la concentration cellulaire indigène est, par millilitre, de 4×10^4 cellules viables pour 5×10^5 cellules totales. L'addition de la préparation (A) multiplie par 4 et 5 respectivement le nombre des cellules totales et viables ; la préparation (B) les multiplie par 5 et 6.

Au 3e jour, la population maximale des cellules viables est atteinte dans les trois cuves, légèrement supérieure dans les milieux surensemencés ; leur nombre varie de 36 à 60 $\times$ 10^6 par millilitre pour des populations totales plafonnant dans tous les cas à 60×10^6 cellules par millilitre.

En réalité au moment du levurage, la biomasse exogène vient s'ajouter à une population indigène du même ordre et aussi bien adaptée puisque la souche introduite est **Sacch. ellipsoideus** n'ayant pas un pouvoir alcoogène plus élevé. L'ensemble constitue une population encore bien inférieure à la concentration maximale possible en cellules viables. La phase de prolifération qui s'établit alors mène la population pratiquement au même niveau et dans les mêmes temps, que les milieux soient ensemencés ou non.

On comprend dès lors le modique effet du levurage sur le déroulement des fermentations. Les départs en fermentation sont un peu plus rapides dans les milieux surensemencés, mais au 6e jour tout écart a disparu. Il n'en aurait pas été de même si les levures ajoutées avaient eu un pouvoir alcoogène plus élevé que les levures indigènes.

b) Essai en petit volume avec et sans supplémentation azotée.

Les trois préparations (A), (B) et (C) sont expérimentées à la dose de 10 g par hectolitre avec et sans addition de phosphate d'ammonium (20 g par hectolitre), dans un moût contenant 190 g de sucre par litre et réparti en cuves de 1,2 hectolitres.

En l'absence de supplémentation en sel ammoniacal, les populations maximales, atteintes dès le 3e jour, sont comparables avec les trois préparations.

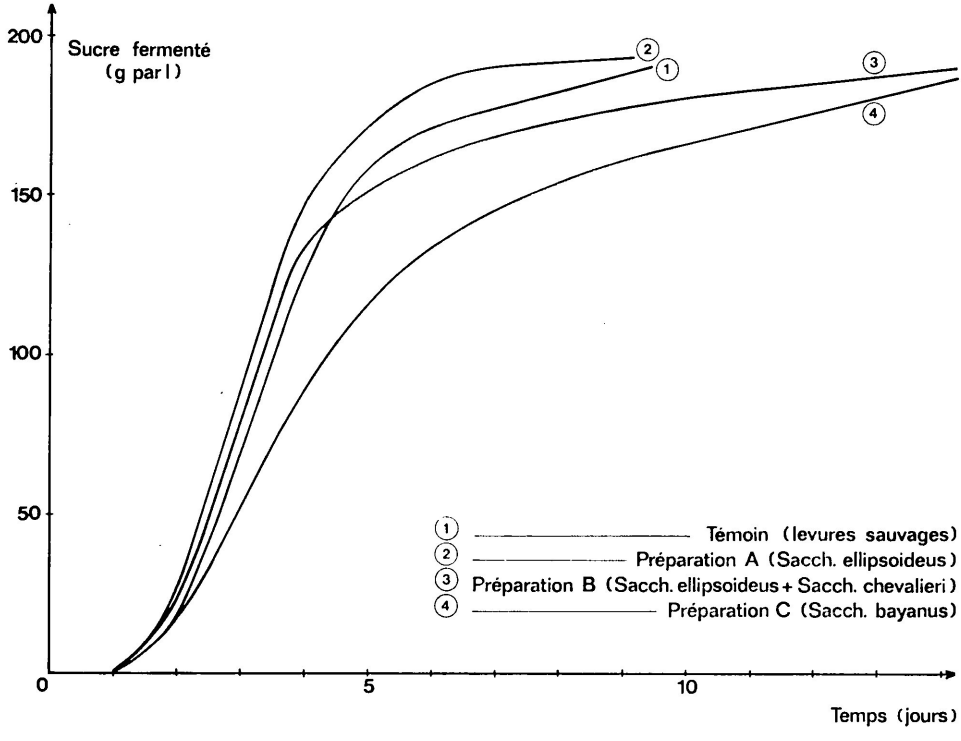


Fig. 5. — Vinification en blanc sec — Influence de l'addition à un moût de diverses préparations de levures sèches sur la fermentation alcoolique.

On observe une induction rapide des fermentations conduites par les préparations (A) et (B) ; par contre la fermentation est particulièrement lente avec la préparation (C) (fig. 5).

Au 5e jour, seule la préparation (A) possède une avance par rapport au témoin. Dans les deux cuves correspondantes la fermentation est complète en 9 jours ; par contre il faut plus d'un mois aux prépara-

tions (B) et (C) pour épuiser la totalité du sucre. En outre, la préparation (A), la plus efficace, exerce sensiblement la même activation pour des ensemencements variant de 5 à 25 g par hectolitre.

L'addition de phosphate d'ammonium se traduit par une augmentation des populations maximales de l'ordre de 40 p. 100 environ au 4e jour. Cependant, avec la préparation (A) la vitesse fermentaire n'est pas

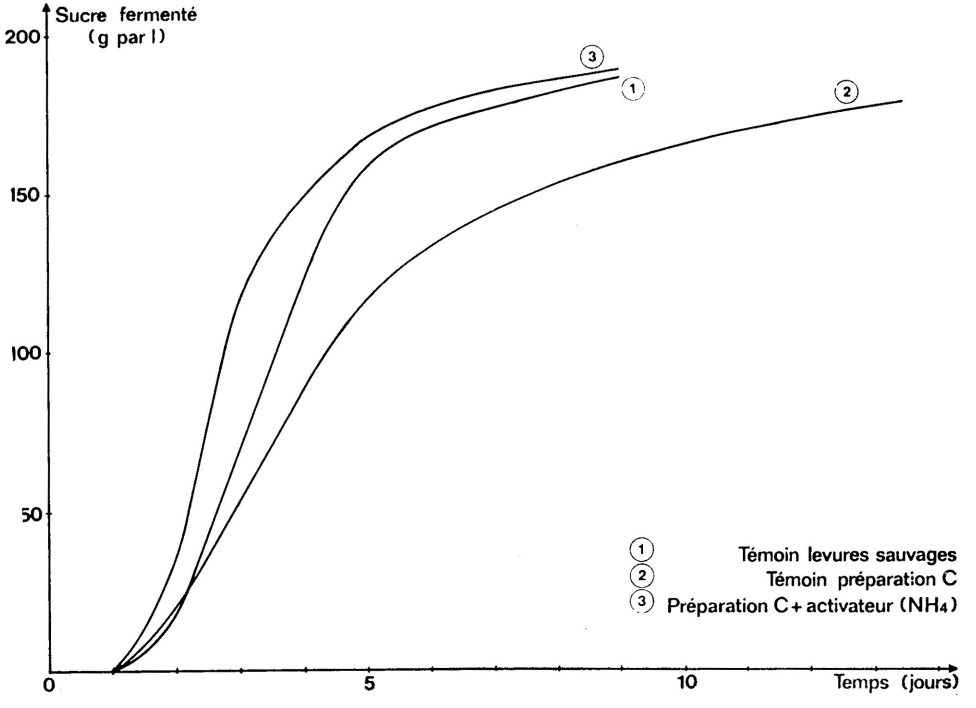


Fig. 6. — Vinification en blanc sec — Influence d'un activateur sur la fermentation alcoolique d'un moût additionné d'une préparation de levures sèches (C).

modifiée, mais elle est déjà rapide sans addition de phosphate d'ammonium (fig. 5). Par contre, l'induction de la fermentation avec la préparation (C) est fortement accélérée ; elle fait apparaître une avance de 70 g de sucre par litre transformé au 2e jour ; mais l'écart s'amenuise ensuite. Cependant, cette vinification dure 7 jours alors que plus d'un mois sera nécessaire à la même levure pour épuiser le sucre en l'absence d'activateur (fig. 6).

Cet essai fait apparaître simultanément un des dangers du levurage et l'intérêt d'une supplémentation azotée dans le cas de fermentations

conduites par certaines espèces levuriennes qui manifestent des besoins nutritionnels plus importants. En effet, dans ce moût relativement peu riche en sucre, la microflore indigène bien adaptée atteint aisément une croissance suffisante pour assurer rapidement la fermentation du sucre. Les levures exogènes, aux doses utilisées, ne parviennent pas à les concurrencer. Au mieux il y a synergie, c'est le cas de la préparation (A) (fig. 5). Pour les autres levures sèches, la compétition entre les espèces, ou l'implantation d'espèces à induction fermentaire plus lente (préparation (C)), se traduisent par des ralentissements de la fermentation. On aboutit à un résultat inverse de celui souhaité, à moins qu'une addition d'activateur ne vienne renforcer la vitesse fermentaire de ces levures (fig. 6). Comme nous le verrons dans le prochain paragraphe, la préparation (C) **(Sacch. bayanus (oviformis))** prend tout son intérêt dans les moûts riches en sucre, grâce à son pouvoir alcoogène.

2. **Vinification en blanc liquoreux.**

Les préparations (A) et (C) sont expérimentées à la dose de 10 g par hectolitre avec et sans addition d'activateurs (thiamine 50 mg par hectolitre, phosphate d'ammonium 20 g par hectolitre), sur un même moût contenant naturellement 325 g de sucre par litre réparti en barriques.

La population initiale indigène est de 2×10^6 cellules viables. Au 6e jour (date des premières observations), des populations maximales un peu plus fortes sont observées dans les milieux levurés. Dans ce moût extrêmement sucré, malgré l'importante biomasse naturelle initiale, les fermentations sont particulièrement lentes (tableau III).

Tout au long de la vinification, la vitesse de la fermentation n'est pratiquement pas modifiée par la préparation (A) ; le vin obtenu après plus d'un mois titre cependant 0,5 degré d'alcool supplémentaire.

Avec la même levure, en présence d'activateurs, le nombre de cellules viables est accru pendant les premiers jours ; il en résulte une avance de la fermentation surtout marquée dans les dix premiers jours, mais qui disparaît peu à peu. Les deux vins correspondants présentent les mêmes taux de sucre résiduel. La préparation (A) n'ayant pas un meilleur pouvoir alcoogène que les levures indigènes, l'ensemencement ne modifie pas le terme de la fermentation.

La fermentation due à la préparation (C) **(Sacch. bayanus (oviformis))** se démarque nettement de la fermentation témoin dès le 9e jour, alors

TABLEAU III

Le levurage en vinification en blanc liquoreux

Le sucre fermenté est exprimé en g par litre et le nombre de levures totales ou viables par millilitre

		Croissance et fermentation					Caractéristiques des vins		
		6e jour	9e jour	14e jour	22e jour	27e jour	Titre alcoométrique	Sucre résiduel (g par l)	Acidité volatile (g H_2SO_4 par l)
Témoin	Levures totales	26×10^6	26×10^6	24×10^6	18×10^6	24×10^6			
	Levures viables	22×10^6	26×10^6	21×10^6	40×10^5	38×10^5	13,80	94	0,75
	Sucre fermenté	99	125	176	201	205			
Préparation (A)	Levures totales	42×10^6	30×10^6	24×10^6	22×10^6	24×10^6			
	Levures viables	40×10^6	26×10^6	22×10^6	56×10^5	50×10^5	14,3	88,7	0,74
	Sucre fermenté	99	125	163	201	215			
Préparation (A) + Activateurs	Levures totales	42×10^6	38×10^6	34×10^6	30×10^6	28×10^6			
	Levures viables	40×10^6	32×10^6	10×10^6	80×10^5	20×10^5	14,33	88,7	0,74
	Sucre fermenté	125	159	201	225	231			
Préparation (C)	Levures totales	36×10^6	38×10^6	30×10^6	30×10^6	16×10^6			
	Levures viables	32×10^6	16×10^6	17×10^6	22×10^5	60×10^4	15,75	65	0,74
	Sucre fermenté	109	179	221	247	257			
Préparation (C) + Activateurs	Levures totales	50×10^6	45×10^6	36×10^6	36×10^6	28×10^6			
	Levures viables	40×10^6	32×10^6	10×10^6	44×10^5	16×10^5	14,26	89	0,78
	Sucre fermenté	125	165	205	225	231			

qu'un peu plus d'une centaine de grammes de sucre a été transformé. L'écart entre les deux fermentations se maintient et, au 22e jour, lorsque les populations levuriennes sont en phase de régression, le milieu qui a reçu la préparation (C) titre 14,5 degrés d'alcool pour 11,8 dans le témoin. A l'arrêt spontané des fermentations, les sucres résiduels sont respectivement de 65 et 94 g par litre. L'addition d'activateurs s'avère dans ce cas parfaitement inefficace.

Dans ces jus excessivement riches en sucre, les fermentations durent une quarantaine de jours et s'étalent très largement sur la phase de déclin du cycle de croissance des levures, probablement jusqu'à inhibition totale des systèmes enzymatiques de la glycolyse. Dans ce cas, l'importance relative des populations initiales et maximales est de moindre intérêt que les propriétés particulières à certaines espèces, notamment leur tolérance à l'alcool. L'utilisation de véritables levures sélectionnées s'impose.

CONCLUSION

Les conditions de la vinification en blanc en Bordelais impliquent un important développement des levures dans une période préfermentaire aérobie qui a une influence déterminante sur l'efficacité du levurage. Plusieurs cas doivent être considérés :

1° Les moûts dont la concentration en sucre n'excède pas 200 g par litre acquièrent spontanément une population levurienne suffisante pour fermenter rapidement le sucre. Le levurage, aux doses habituelles, constitue un apport de cellules relativement modique ; cependant certaines préparations (**Sacch. ellipsoideus**) permettent d'induire des fermentations plus rapides dans la mesure où la souche utilisée n'entre pas en compétition avec les espèces préexistantes ; mais il influe peu sur la limite de la fermentation car le pouvoir alcoogène de la souche n'est pas un facteur limitant. Dans ce cas, le levurage ne paraît pas s'imposer, sauf peut-être pour les premières cuves remplies dans un chai, ou certaines années à climat froid avec des vendanges pauvres en levures dont le développement est par ailleurs lent.

2° Pour les vinifications des moûts riches en sucre (par exemple Sauternes), un apport de cellules exogènes sélectionnées pour leur grande résistance à l'alcool **(Sacch. bayanus (oviformis))** peut être d'une utilité certaine. Ces levures ne modifient pas la fermentation dans

son induction ; mais alors que les souches indigènes voient leur vitesse fermentaire diminuer dès que la concentration en alcool parvient à un certain taux, ces levures alcoogènes maintiennent leur activité inchangée, de sorte que leur fermentation apparaît bientôt plus rapide. Leur utilisation rationnelle aux doses normales, doit permettre de réduire pratiquement de moitié la durée des vinifications, en assurant un meilleur équilibre de l'alcool et du sucre dans un vin liquoreux avec aussi une formation limitée d'acidité volatile. Un tel levurage est également intéressant pour l'élaboration des vins blancs secs de fort degré alcoolique.

3° Un levurage avec une souche alcoogène **(Sacch. bayanus (oviformis))** joint à une supplémentation azotée, peut présenter un certain intérêt. Egalement les préparations de levures sèches à base d'un mélange de **Sacch. ellipsoideus** et **Sacch. bayanus (oviformis)** devraient être efficaces. Dans un cas comme dans l'autre, on peut espérer améliorer le départ de la fermentation dont l'induction par **Sacch. bayanus (oviformis)** seule est toujours lente.

4° Une fermentation très rapide, quasi explosive, est obtenue avec un levurage massif qui en quelque sorte sature, dès le départ, le moût en levures. Cette technique nécessite cependant l'utilisation de quantités massives de poudre de levures ; elle est donc onéreuse. En outre elle présente l'inconvénient de transformer le sucre en alcool avec un mauvais rendement.

Bien sûr l'expérimentation des préparations industrielles de levures sèches en est à ses débuts ; il serait peut-être prématuré de tirer des conclusions définitives de ces premiers essais. Sans doute sera-t-on amené à apporter des modifications dans les modalités d'emploi (doses, mélange de souches alliant plusieurs caractères intéressants) ; d'autres préparations sont déjà proposées.

Néanmoins cette étude montre bien que la technique du levurage avec les préparations industrielles peut devenir, dans les mains de l'œnologue, un outil précieux, susceptible de lui conférer un meilleur contrôle de la fermentation ; mais il doit être utilisé à bon escient, en parfaite connaissance des conditions de milieu, des propriétés des levures mises en œuvre et du type de vinification souhaité.

Egalement, ces préparations trouveront certainement une autre utilité pour relancer les fermentations arrêtées, avec des souches sélec-

tionnées pour leur pouvoir alcoogène. La réalisation matérielle de l'opération sera bien simplifiée par rapport à l'emploi des levains traditionnels ; mais on se heurtera toujours à la difficulté de croissance des levures dans un tel milieu. On peut supposer qu'une addition massive de levain, ne nécessitant plus la phase de croissance devrait être d'une bonne efficacité.

Remerciements

Une partie de l'expérimentation a été réalisée à la cave expérimentale de l'Institut d'œnologie par M. MARTINIERE et M. SAPIS auxquels nous exprimons notre gratitude. Nous remercions également pour leur collaboration technique, M[me] JOYEUX, M[lle] LARUE, M. CHAUVET et M. GAYE.

Manuscrit reçu le 9 avril 1976.

RESUME

Dans la vinification en blanc sec à partir de moûts ayant une teneur en sucre peu élevée le levurage présente un intérêt pour les premières cuves et en année froide. La souche ajoutée doit être choisie en fonction de ses possibilités de synergie avec les levures indigènes.

Pour l'élaboration des vins secs de haut degré alcoolique ou des vins liquoreux, l'addition d'une préparation de **Sacch. bayanus (oviformis)** à haut pouvoir fermentaire, peut diminuer de moitié la durée de la vinification ; dans le cas des vins liquoreux, on obtient ainsi un meilleur équilibre alcool-sucre et une plus faible formation d'acidité volatile.

Un ensemencement massif permet une transformation rapide du sucre en alcool, mais avec un mauvais rendement.

SUMMARY

In the vinification of dry white wines using musts with a very low sugar content the adding of yeast is advantageous for the first vats and in cold years. The vine-stock added must be chosen in relation to its possibilities of synergy with the indigenous yeasts.

To make dry wines with a high degree of alcohol or sweet wines, the addition of a preparation of **Sacch. bayanus (oviformis)** with a high fermenting power, may reduce by half the duration of the vinification ; in the case of sweet wines, a better alcohol-sugar balance is thus obtained and a lower formation of volatile acidity.

A massive sowing permits a rapid transformation of sugar into alcohol, but with a bad output.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Ausarbeitung von trockenen Weissweinen auf der Basis von Most mit geringem Zuckergehalt ist der Reinhefezusatz interessant bei den ersten Fässern und in Jahren mit kalter Witterung. Der zugesetzte Hefestamm soll unter Berücksichtigung seiner Synergiemöglichkeiten mit den angestammten Hefen ausgewählt werden.

Bei der Ausarbeitung von trockenen Weinen mit hohem Alkoholgehalt oder bei süssen Weinen kann der Zusatz einer Präparation von **Sacch. bayanus (oviformis)** mit hohem Gärvermögen die Weinbereitungszeit um die Hälfte vermindern ; bei den süssen Weinen erhält man dadurch ein besseres Alkohol-Zucker-Gleichgewicht und eine geringere Bildung von flüchtiger Säure.

Ein massiver Hefezusatz gestattet eine schnelle Transformation des Zuckers in Alkohol, jedoch mit schlechtem Ertrag.

RESUMEN

En la vinificación en blanco seco, a partir de mostos teniendo un grado de azucar poco elevado, la siembra del mosto presenta interes para las primeras cubas y en un año frio. La cepa añadida debe ser escogida en función de sus posibilidades de sinergia con las levaduras indigenas.

Para la elaboración de vinos secos de alta graduación alcohólica o de vinos licorosos, la adición de una preparación de **Sacch. bayanus (oviformis)** de alto poder fermentativo, puede disminuir a la mitad la duración de la vinificación ; en el caso de vinos licoros, se obtiene asi, un mejor equilibrio alcohol-azucar y menor formación de acidez volátil.

Una siembra masiva permite una transformación rapida del azucar en alcohol, pero con peor rendimiento.

RIASSUNTO

Nella vinificazione in bianco secco partendo da mosti aventi un tenore in zucchero poco elevato, la fermentazione presenta un interesse per i primi tini e in annata fredda. Il ceppo aggiunto deve essere sceltro in funzione alle sue possibilità di sinergia con i fermenti indigéni.

Per l'elaborazione dei vini secchi di alto grado alcolico o dei vini liquorosi, l'aggiunta di una preparazione di **Sacch. bayanus (oviformis)** a alto potere fermentante, puô ridurre della metà la durata della vinificazione ; nel caso dei vini liquorosi, si ottiene cosî un migliore equilibrio alcool-zucchero e una più debole formazione di acidità volatile.

Una inseminazione massiva permette una trasformazione rapida dello zucchero in alcool, ma con un cattivo rendimento.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMERINE A.M., 1973. Les levains en œnologie. Coll. intern. œnologie, Arc et Senans, **n° spécial Vignes et Vin,** 46-51.

GALZY P., 1973. Génétique des levures en œnologie. Coll. intern. œnologie, Arc et Senans, **n° spécial Vignes et Vin,** 11-18.

KUNKEE R.E. et AMERINE A.M., 1970. Yeasts in Wine Making, in **The Yeasts,** Academic Press, London.

RIBÉREAU-GAYON J., PEYNAUD E., RIBÉREAU-GAYON P. et SUDRAUD P., 1975. **Sciences et techniques du vin,** tome 2, Dunod, Paris.

RIBÉREAU-GAYON P., LAFON-LAFOURCADE S. et BERTRAND A., 1975, Le débourbage des moûts de vendanges blanches. **Connaissance Vigne Vin, 9,** n° 2, 117-139.