LE DEBOURBAGE DES MOUTS DE VENDANGE BLANCHE

P. RIBÉREAU-GAYON, Suzanne LAFON-LAFOURCADE et A. BERTRAND
Institut d'Œnologie - Université de Bordeaux II
Institut National de la Recherche Agronomique
351, cours de la Libération, 33405 Talence (France)

INTRODUCTION

On sait que le vin blanc doit être issu de la fermentation du pur jus de raisin, par opposition au vin rouge qui est un vin de macération. On conçoit donc l'intérêt du débourbage qui consiste à obtenir une clarification du moût avant la fermentation, de façon à éliminer les particules végétales susceptibles de communiquer des mauvais goûts au vin. L'effet favorable du débourbage sur la qualité des vins est mise en évidence par la supériorité gustative des vins issus de moûts débourbés qui porte essentiellement sur leur caractère aromatique ; également le débourbage confère au vin une meilleure stabilité, notamment à l'égard des phénomènes oxydatifs. Seulement dans le cas des vins blancs des plus grandes origines et les meilleures années, avec des méthodes de travail respectant l'intégrité de la vendange, le débourbage peut faire perdre au vin des éléments aromatiques issus de la pellicule du raisin.

Mais, pour avoir sa pleine efficacité, le débourbage doit être conduit avec beaucoup de soin. Il résulte de nos observations qu'une élimination partielle des bourbes n'a pas une grande efficacité sur les caractères organoleptiques du vin obtenu après fermentation ; par contre, ils sont nettement améliorés lorsque cette élimination devient presque totale ; plus le jus est clarifié, meilleure est la qualité du vin obtenu. D'autre part l'efficacité du débourbage sur les caractères organoleptiques du vin est d'autant plus significative que les autres étapes de la vinification sont correctement conduites, en particulier la protection contre les oxydations et le contrôle de la température de fermentation qui ne doit pas dépasser 20 à 22 °C ; les défauts organoleptiques consécutifs à une fermentation à 30 ou 35 °C annulent presque complètement l'amélioration éventuellement apportée par le débourbage. On explique ainsi les divergences d'appréciation qui ont pu exister à propos de l'opportunité de cette opération.

Aujourd'hui cette utilité de la clarification des moûts est de plus en plus universellement admise ; d'ailleurs la généralisation de l'emploi des appareils mécaniques de traitement de la vendange rend cette opération indispensable, car ils entraînent une formation de bourbes beaucoup plus importantes que les méthodes de vinification artisanales mises en œuvre autrefois.

Mais le débourbage provoque un ralentissement de la fermentation plus ou moins marqué selon les cas, sans que l'on puisse interpréter de façon satisfaisante ces différences. Bien sûr le débourbage provoque une élimination de levures ; mais on a supposé également que les bourbes interviennent : 1) en favorisant l'élimination du gaz carbonique ; 2) en maintenant de l'air, donc en augmentant le taux d'oxygène à la disposition des levures ; 3) en cédant au jus certains éléments chimiques qui activent la croissance des levures.

Le débourbage pose donc différents problèmes qui sont envisagés dans cette publication : 1) réalisation pratique de l'opération ; 2) influence sur les caractères des vins (composition chimique et dégustation) ; 3) influence sur la marche de la fermentation.

REALISATION PRATIQUE DU DEBOURBAGE

Origine des bourbes du moût

On sait (PEYNAUD, 1971) que les bourbes du moût sont constituées par des particules terreuses, des fragments végétaux provenant des parties solides de la pulpe, également de substances mucilagineuses et protéiques qui précipitent au moment de l'extraction du jus ; l'examen, dans une éprouvette, du dépôt de bourbes, montre son hétérogénéité. Une étude détaillée de la structure physique et chimique des différentes sortes de bourbes reste à faire.

La structure et l'importance des bourbes dépend d'abord du raisin, de son degré de maturité et de son état sanitaire (pourriture). La nature, le volume, le poids et les conditions de sédimentation des bourbes sont fonction aussi des conditions de travail de la vendange (CRETTENAND et **al.**, 1969) ; toutes les manipulations mécaniques de transport, de foulage et d'égouttage sont génératrices de bourbes ; mais on peut diminuer cette production par une conduite correcte de ces opérations qui, en tout état de cause, doivent être aussi limitées que possible, avec des circuits courts de traitement de la vendange. Les vitesses de rotation des différents appareils de traitement de la vendange ont une incidence appréciable ; les vis doivent tourner à vitesse très lente, leur débit étant éven-

tuellement accru en augmentant leur diamètre. Le foulage doit être effectué sans brutalité à l'aide de fouloir à rouleaux ; les fouloirs-égrappoirs utilisant la force centrifuge, et par conséquent fonctionnant à grande vitesse, produisent d'énormes quantités de bourbes qu'il est pratiquement impossible d'éliminer. Il faut aussi essayer d'obtenir une préfiltration du jus à travers le marc pendant son extraction ; la faible teneur en bourbes des moûts extraits par pressurage sans foulage s'explique par cette raison, mais également par l'absence de déchiquetage des parties solides de la grappe. Les chambres d'égouttage réalisent aussi cette filtration du moût ; mais ces dispositifs doivent être évités à cause des phénomènes de macération et d'oxydation qu'ils occasionnent. Dans le même ordre d'idée, le volume des bourbes d'un moût extrait par un égouttoir dynamique dépend de la conduite de l'appareil, non seulement de la vitesse de rotation de la vis, mais aussi des conditions de son approvisionnement ; si l'apport de vendange est régulier, la présence en permanence de marc au fond de l'appareil assure justement une certaine filtration.

De nombreux échecs dans la conduite du débourbage ont pour cause des chaînes de travail mal adaptées parce que produisant des quantités excessives de bourbes ; il est plus rationnel, parce que plus simple et plus efficace pour la qualité des vins, de modifier ces chaînes de travail plutôt que d'introduire un dispositif de clarification onéreux, par exemple un centrifugeur.

Débourbage statique

Cette opération est bien connue ; pour obtenir une bonne sédimentation des bourbes, elle nécessite : 1°) le blocage de toute activité fermentaire pendant 24 ou 48 heures, généralement par sulfitage, éventuellement par conservation à basse température ; 2°) une propreté parfaite du matériel et de la cuverie ; 3°) une hauteur de cuve limitée.

Malgré son apparente simplicité, le débourbage statique est plus complexe à conduire correctement qu'il peut paraître, essentiellement parce que l'opérateur manipule des jus sans avoir la possibilité d'apprécier simplement leur état de clarification. La principale difficulté réside dans la lenteur de la sédimentation qui empêche le tassement des bourbes et dont la théorie a été bien étudiée par SCHOPFER (1969). Finalement une telle opération permet de recueillir un jus bien clarifié, mais le résidu bourbeux peut représenter un volume important : 5 à 10 p. 100 dans les meilleures conditions, quelquefois 30 à 50 p. 100 dans les installations

utilisant des appareillages à grand débit, 100 p. 100 même si le raisin est traité dans un fouloir-égrappoir centrifuge. Il est impératif de soutirer exclusivement le jus clair et de vinifier séparément le résidu bourbeux ; il est donc important pour le vinificateur de connaître le volume de lies. Les tâtes-lies qui équipent les cuves de débourbages sont généralement trop courts pour permettre cette séparation ; l'aspiration par la partie supérieure peut être préférable. En outre, le soutirage doit être effectué avec des mouvements suffisamment lents pour respecter l'homogénéité des deux phases et ne pas remettre les bourbes en suspension. Un contrôle soigné de toute l'opération est indispensable, mais il n'est pas facile ; cependant il conditionne le succès de la vinification.

On a recherché l'amélioration du débourbage statique par l'emploi d'enzymes pectolytiques (MARTINIÈRE et **al.**, 1973) ; on pouvait espérer a priori deux avantages : 1°) une meilleure clarification du jus ; 2°) un meilleur tassement des bourbes permettant de soutirer un volume plus important de jus clair. On sait, par ailleurs, que ce traitement n'a pas d'incidence sur la qualité du vin.

Nos observations montrent que l'addition au moût d'enzymes pectolytiques permet généralement d'obtenir un moût plus clair ; d'autre part, une meilleure séparation entre les bourbes et le moût facilite le soutirage. Mais on constate plus exceptionnellement un meilleur tassement des bourbes permettant de recueillir un plus grand volume de jus clair et ce serait justement l'intérêt essentiel de ce traitement en vinification en blanc. Plus particulièrement, les enzymes n'apportent pas d'amélioration du débourbage des moûts les plus bourbeux, parce que issus de raisins pourris ou extraits dans des installations mécaniques complexes de traitements des raisins. En somme l'emploi d'enzymes pectolytiques améliore d'autant plus le débourbage qu'il est naturellement meilleur et son efficacité est la moins bonne lorsque justement il serait le plus utile.

Les autres procédés de débourbage

Compte-tenu des manipulations et de l'importance de la cuverie nécessitée par le débourbage statique, également du volume important de jus de bourbes impropre à la production de vin de qualité, on a cherché à remplacer cette opération par le débourbage mécanique, utilisant la force centrifuge (SCHOPFER, 1969) ; les vitesses de sédimentation des particules sont plusieurs milliers de fois supérieures à celles intervenant au cours du débourbage statique. D'autre part, sous la

réserve d'effectuer un léger sulfitage préalable, les phénomènes d'oxydation peuvent être évités. Compte-tenu de l'importance des bourbes du moût, cette opération nécessite des appareils à éjection automatique et périodique des lies. Mais le volume de la chambre à lies est relativement faible ; avec des moûts très bourbeux, elle est rapidement remplie et, si le dispositif d'éjection des bourbes ne se déclenche pas, le moût ressort tel qu'il est entré, sans clarification. D'autre part, si les nettoyages de la chambre à lies sont trop fréquents, on peut craindre le risque d'un faible apport d'eau de lavage dans le moût et, réciproquement, la perte de moût dans le mélange d'eau de lavage et de bourbes.

Finalement, l'expérience prouve qu'il est difficile d'obtenir par la centrifugation la qualité de clarification réalisée par un débourbage statique bien conduit. La centrifugation peut être la plus utile pour dépouiller les volumes importants de bourbes recueillis après débourbage statique ; cependant la qualité des vins ainsi obtenus n'est jamais aussi bonne que celle des vins issus de moûts clarifiés par débourbage statique.

Différents dispositifs de préclarification, utilisant le tamisage couplé avec un nettoyage continu du tamis (décanteur à brosses tournantes), ou la force centrifuge (système Whirl-Pool) permettent d'éliminer les plus grosses particules et facilitent la centrifugation ultérieure.

La filtration avec un filtre à alluvionnage continu est une technique qui a été peu utilisée mais qui mériterait d'être étudiée en détail (SCHOPFER, 1969), car elle permet théoriquement la meilleure efficacité de la clarification de la totalité du moût. La principale difficulté réside dans le colmatage des surfaces filtrantes lié à la structure colloïdale des moûts. L'emploi des enzymes pectolytiques devrait permettre d'améliorer le débit de la filtration.D'autre part, le volume important du résidu nécessite des filtres de grande capacité ; les filtres presses sont bien adaptés à ce travail, mais leur nettoyage est laborieux. Les meilleurs appareils pour la filtration des moûts sont certainement les filtres rotatifs circulaires, travaillant sous vide ; ils fonctionnent en continu, sans nécessité de nettoyage, parce que la surface filtrante est, au fur et à mesure de son colmatage, éliminée par un râteau racleur.

Egalement on a cherché, pour la clarification des moûts, à s'inspirer des systèmes de flottation utilisés dans l'industrie ; un courant de gaz carbonique, insufflé dans le moût à la partie inférieure d'une cuve, rassemble des bourbes à la partie supérieure où elles sont éliminées

par ratissage. Il ne semble pas exister pour le moment d'appareils industriels basés sur ce principe et adaptés à la vinification.

L'existence de ces nombreuses possibilités de clarification des moûts, montre bien qu'aucun d'eux ne constitue actuellement une solution tout à fait satisfaisante : 1°) donnant des jus bien clarifiés ; 2°) permettant de retirer la quantité maximum de jus clair ; 3°) ayant un prix de revient modéré.

INFLUENCE DU DEBOURBAGE SUR LES CARACTERES DES VINS

On sait que le débourbage influe sur la composition des vins de plusieurs manières. D'abord l'absence de macération des particules végétales évite la dissolution des substances à goûts herbacés, notamment les composés phénoliques. Il intervient aussi une élimination des oxydases, agent de l'oxydation de ces composés phénoliques. Ces deux interventions concourrent à la production de vins d'une couleur jaune pâle très stable. De plus, les vins issus de moûts débourbés présentent des teneurs faibles en fer et autres substances minérales.

Mais la fraîcheur et la finesse de l'arôme laissent supposer que le débourbage influe aussi sur les phénomènes fermentaires, en modifiant les taux des produits secondaires formés. CROWELL et GUYMON (1963) ont déjà montré une diminution du taux des alcools supérieurs totaux en présence de bourbes ; ce résultat a été confirmé par BERTRAND (1968) qui met en évidence en outre une augmentation des esters d'acides gras, autres que l'acétate d'éthyle.

Il était intéressant de chercher à préciser ces modifications en faisant appel aux techniques d'analyses les plus modernes, basées sur l'emploi de la chromatographie en phase gazeuse.

Une expérience a été réalisée au laboratoire avec un moût de Sémillon prélevé à la sortie d'un égouttoir mécanique et contenant 165 g de sucre par litre. Ce moût a été réparti en quatre fractions de 750 ml :

1°) débourbé par décantation après sédimentation des bourbes à basse température.

2°) débourbé dans les mêmes conditions et sulfité à 100 mg par litre.

3°) débourbé dans les mêmes conditions et additionné de 1 g de bentonite par litre.

4°) non débourbé.

On réalise trois séries qui fermentent séparément à 15 °C, à 25 °C et à 35 °C. A 15 °C les fermentations sont très lentes et ne sont pas totales au bout d'un mois ; à 35 °C elles sont très rapides, mais s'arrêtent brutalement en laissant quelques grammes de sucre non transformé. Nous discutons ici essentiellement des résultats de l'essai conduit à 25 °C dont les fermentations se sont déroulées dans les meilleures conditions. Mais le but de cette expérience était aussi d'étudier l'influence de la température de fermentation sur les caractères des vins. En fin de fermentation, les milieux sont décantés et sulfités à raison de 100 mg par litre.

La dégustation est faite à l'issue d'un mois de repos. Pour chaque température de fermentation, le classement des quatre échantillons est le même. La dégustation est la meilleure à 15 °C, avec les caractères aromatiques les plus développés ; elle est bonne à 25 °C, mais les vins fermentés à 35 °C sont jaunes, oxydés, marqués par des goûts « rances » et « herbacés ».

A 25 °C, comme aux autres températures, l'échantillon le meilleur est « débourbé + bentonite » qui a l'odeur la plus fine et la plus puissante, avec un bon arôme de bouche. Viennent ensuite, dans l'ordre, « débourbé + SO_2 » puis « débourbé » qui sont cependant assez voisins, avec des caractères aromatiques moins marqués que le précédent ; compte-tenu des conditions de travail au laboratoire, à cause de l'absence d'oxydation, on n'observe pas une influence très sensible du sulfitage, dont on connaît cependant l'importance dans la pratique, surtout dans le cas de vendanges plus ou moins pourries. L'échantillon « non débourbé » est très nettement le moins bon ; il est caractérisé par une absence d'odeur et d'arôme, sa dégustation est dominée par des éléments végétaux, avec une certaine âcreté finale.

Sur le plan de la composition chimique, le tableau I rassemble les résultats des dosages, effectués par chromatographie en phase gazeuse, des différents alcools supérieurs et des esters dont les taux manifestent une variation sensible en fonction du débourbage ; seuls sont donnés les résultats des essais à 25 °C, mais on observe les mêmes comportements à 15 °C et à 35 °C. Les résultats sont d'ailleurs confirmés par d'autres analyses portant sur des vins de moûts débourbés ou non et prélevés dans des chais de vinification.

TABLEAU I

Influence du débourbage du moût sur les alcools supérieurs et les esters du vin

(les résultats sont exprimés en mg par litre)

	Débourbé	Débourbé + bentonite	Débourbé + SO_2	Non débourbé
Ethanol (p. 100)	10,0	9,8	10,1	10,1
Alcools supérieurs				
propanol-1	24,2	20,2	15,7	21,4
méthyl-2 propanol-1	55,6	65,3	35,9	108,8
méthyl-2 butanol-1	25,5	31,1	24,0	54,0
méthyl-3 butanol-1	110,1	145,0	138,0	230,0
butanol-1	3,0	3,5	2,1	2,2
hexanol	7,1	6,8	5,6	7,1
Total	225,5	271,9	221,3	423,5
Esters				
propionate d'éthyle	0,11	0,14	0,05	0,15
méthyl-2 propionate d'éthyle	0,02	0,03	0,02	0,05
acétate de méthyl-2 propyle	0,19	0,10	0,19	0,12
butyrate d'éthyle	0,17	0,16	0,15	0,09
acétate de méthyl-2 butyle	2,40	2,62	2,70	1,36
hexanoate d'éthyle	0,43	0,43	0,49	0,22
acétate d'hexyle	0,35	0,29	0,45	0,08
octanoate d'éthyle	3,35	5,08	4,48	2,66
decanoate d'éthyle	2,92	3,44	1,92	1,62
acétate de phényl-2 éthyle + dodécanoate d'éthyle	1,12	1,34	0,94	0,71
Total	11,06	13,63	11,39	7,06

Les chiffres du tableau I confirment et précisent le rôle du débourbage dans la diminution des alcools supérieurs (CROWELL et GUYMON, 1963 ; BERTRAND, 1968) et l'augmentation des esters (BERTRAND, 1968). On sait que les alcools supérieurs ont des odeurs désagréables, en particulier les odeurs amyliques des alcools en C 5 ; on conçoit donc qu'une teneur excessive puisse nuire à la qualité. D'autre part, les esters, en dehors de l'acétate d'éthyle, surtout les esters lourds, ont des odeurs agréables, florales ou fruitées, et leur augmentation, même à doses assez faibles, doit pouvoir améliorer les caractères aromatiques du vin.

Tous ces constituants des vins sont produits par la levure pendant la fermentation alcoolique. L'interprétation du rôle des bourbes dans cette modification des processus fermentaires est difficile. En ce qui concerne les alcools supérieurs, CROWELL et GUYMON (1963) constatent l'augmentation de leur taux global, aussi bien par les bourbes naturelles du raisin que par des particules inertes en suspension ; d'autre part, ils notent que cette augmentation correspond à celle que l'on observe au cours de fermentation avec légère aération, par comparaison avec des fermentations en anaérobiose stricte ; les auteurs en concluent que les particules en suspension interviennent en maintenant de l'air dans le moût et par conséquent en apportant de l'oxygène aux levures. Compte-tenu de la très grande rapidité de consommation de l'oxygène dans le moût, par suite de l'intensité importante des phénomènes oxydatifs (DUBERNET et RIBÉREAU-GAYON, 1974), cette interprétation reste hypothétique et devrait être confirmée.

La température de fermentation a également une incidence sur la formation de ces corps. Généralement, entre 20 et 25 °C, la formation de méthyl-2 propanol-1, de méthyl-2 butanol-1 et de méthyl-3 butanol-1 est maximum, alors que celle du propanol-1 est minimum (PEYNAUD et GUIMBERTEAU, 1962 ; CROWELL et GUYMON, 1963 ; OUGH et **al.**, 1966 ; RANKINE, 1967 ; BERTRAND, 1968) ; mais comme les premiers sont quantitativement les plus importants, ils commandent la teneur globale en alcools supérieurs du vin. Ces faits se retrouvent dans notre expérimentation, tout au moins pour l'échantillon non débourbé qui est le plus riche en alcools supérieurs totaux lorsqu'il a fermenté à 25 °C (Tableau II) ; par contre dans les échantillons débourbés, la teneur globale en alcools supérieurs est la plus importante à 15 °C ; il n'y a donc pas un parallélisme absolu entre le taux des alcools supérieurs et la qualité. Enfin, c'est à 25 °C que la différence est la plus grande entre le taux d'alcools supérieurs des vins issus de moûts débourbés et de moûts non débourbés.

TABLEAU II

Influence du débourbage du moût et de la température de fermentation sur les taux d'alcools supérieurs totaux et d'esters totaux dans le vin. Les corps de ces deux familles intervenant sont ceux signalés sur le tableau I

(les résultats sont exprimés en mg par litre)

		Débourbé	Débourbé + bentonite	Débourbé + SO_2	Non débourbé
Alcools supérieurs totaux	15 °C	283	303	251	390
	25 °C	225	271	221	423
	35 °C	215	187	236	245
Esters totaux	15 °C	19,3	14,9	17,1	11,8
	25 °C	11,1	13,6	11,4	7,1
	35 °C	8,6	5,2	5,0	5,3

En ce qui concerne les esters étudiés sur le tableau I, la température de fermentation diminue leur dose dans des proportions quelquefois importantes et cet effet est le plus sensible pour les esters d'acides gras qui ont le plus de chance d'intervenir sur les caractères organoleptiques. DAUDT et OUGH (1973) d'une part, WEBB (1973) d'autre part, ont également constaté un taux d'esters plus important lorsque la fermentation est effectuée à basse température.

D'autres alcools et esters ont été analysés, l'alcool phényléthylique d'une part, l'acétate d'éthyle et le lactate d'éthyle d'autre part ; ils ne manifestent pas de variations appréciables et interprétables en fonction du débourbage.

INFLUENCE DU DEBOURBAGE SUR LA MARCHE DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

Perte de fermentescibilité due au débourbage

Bien entendu le sulfitage, nécessaire pour la réalisation du débourbage statique, intervient dans le déroulement de la fermentation alcoolique ; mais il ne s'agit pas d'un problème spécifique du débourbage et cette question ne sera pas envisagée dans cette étude.

Par contre, il est bien évident que le débourbage prive la vendange d'une partie de sa flore levurienne, initialement fixée sur la pellicule et éliminée par conséquent avec le dépôt de bourbes. En outre, les bourbes peuvent constituer un support solide favorisant la multiplication des cellules, de la même manière que le chapeau de marc constitue le siège de la fermentation la plus active dans la vinification en rouge. Egalement les bourbes peuvent agir sur le déroulement de la fermentation en favorisant le dégagement de gaz carbonique et en introduisant de l'air, donc de l'oxygène qui favorise la multiplication des levures (CROWELL et GUYMON, 1963).

Mais on peut se demander si le débourbage n'intervient pas aussi en éliminant certains éléments azotés ou facteurs vitaminiques, issus des parties solides du raisin et favorisant le développement de la levure.

En somme, il s'agit de savoir si un levurage, éventuellement important, est susceptible de compenser le ralentissement de la fermentation provoquée par le débourbage ou si d'autre facteurs sont impliqués dans ce phénomène.

Pour étudier ce problème, nous avons réalisé une expérience qui cherche à disjoindre les différentes interventions des bourbes sur la fermentation :

1°) Intervention de l'effet support (multiplication des cellules, dégagement du gaz carbonique, introduction d'oxygène).

2°) Intervention des levures du jus.

3°) Intervention des levures des bourbes.

4°) Intervention des nutriments (substances azotées et facteurs de croissance) cédés par les bourbes au cours de la fermentation.

Il n'est pas facile de dissocier le rôle des nutriments apportés aux moûts, des autres interventions des bourbes. Nous avons donc été obligé d'admettre que les substances activatrices mises en solution par un chauffage de 5 minutes à 100 °C correspondent, en première approximation, à celles qui passeraient en solution dans le jus, par macération au cours des premiers jours de la fermentation.

Expérimentation

Le moût de raisin (cépage Sémillon) non sulfité est prélevé à la sortie d'un pressoir horizontal dans une cave de vinification ; il est conservé à — 4 °C avant son utilisation. Au moment de l'emploi, les bourbes sont remises en suspension ; on prélève le volume nécessaire aux essais «avec bourbes ». Le moût résiduel est ramené à — 4 °C pendant 5 heures afin de pouvoir le débourber par décantation. Certains échantillons sont stérilisés par chauffage au bain-marie à 100 °C pendant 5 minutes ; on détruit ainsi les levures indigènes des jus ou des bourbes ; on provoque en plus le passage en solution des nutriments des bourbes.

La récapitulation de toutes les conditions expérimentales est donnée par le tableau III qui indique également, dans chaque cas, les différentes interventions des bourbes. Sur ce tableau, il est fait une distinction entre les « nutriments passant en solution pendant la fermentation » (Nf) et les « nutriments passant en solution par chauffage » (Nc) ; nous avons indiqué l'impossibilité de dissocier ces deux éléments que nous supposons, en première approximation, avoir la même influence sur le développement de la levure, pendant les premiers jours de la fermentation. En somme l'effet des nutriments des bourbes (N) est supposé le même dans les échantillons (1), (2), (3), (7) et (8) ; il n'intervient pas dans l'échantillon (6).

Les essais sont conduits en flacons de 90 ml, contenant 50 ml de milieu, fermés par des bouchons munis de tubes effilés qui assurent une semi-anaérobiose. Tous les échantillons sont ensemencés avec un levain de **Saccharomyces bayanus (oviformis)** à raison de 10^5 cellules par ml environ.

Les fermentations sont suivies par la pesée des flacons à intervalles réguliers. La perte de poids traduit le poids de CO_2 dégagé ; en appliquant l'équation de Gay-Lussac, on peut en déduire, en première approximation, le poids de sucre fermenté.

Deux essais identiques ont été réalisés. Dans l'essai A le moût conserve son taux de sucre naturel (220 g par litre) et la fermentation est conduite à 25 °C ; dans ces conditions toutes les fermentations sont achevées en 4 jours. Aussi nous avons effectué un deuxième essai (B), avec un moût enrichi en sucre (290 g par litre) et fermentant à 18 °C ; toutes les fermentations ne sont pas achevées au 16e jour.

TABLEAU III

Protocole expérimental pour l'étude des différents effets du débourbage sur la marche de la fermentation alcoolique

Conditions expérimentales	Eléments apportés par les bourbes
(1) Jus avec bourbes	Support : S Levures du jus : l Levures des bourbes : L Nutriments passant en solution pendant la fermentation : Nf
(2) Jus avec bourbes, stérilisé (chauffage 5 minutes à 100 °C)	Support : S Nutriments passant en solution par chauffage, puis pendant la fermentation : Nc + Nf
(3) Jus avec bourbes, stérilisé puis débourbé par centrifugation	Nutriments passant en solution par chauffage : Nc
(4) Jus débourbé	Levures du jus : l
(5) Jus débourbé, puis stérilisé	O
(6) Jus débourbé, puis stérilisé + bourbes stériles de (3)	Support : S Nutriments passant en solution pendant la fermentation après élimination des nutriments passant par chauffage : Nf — Nc
(7) Jus débourbé, puis stérilisé + bourbes correspondantes stérilisées « en culot »	Support : S Nutriments passant en solution par chauffage, puis pendant la fermentation : Nc + Nf
(8) Jus débourbé, puis stérilisé + bourbes non stériles de (5)	Support : S Levures des bourbes : L Nutriments passant en solution pendant la fermentation : Nf

TABLEAU IV

Intervention des différents éléments apportés par les bourbes sur la fermentescibilité des jus de raisin

(les résultats sont exprimés par le poids de sucre (g par l) fermenté en fonction du temps)

Conditions	Eléments apportés par les bourbes*	Essai A		Essai B				
		2e j	4e j	5e j	7e j	9e j	12e j	16e j
1	S L I N	124	220	167	220	258	288	
2	S N	82	220	143	190	238	276	288
3	N	74	220	124	172	208	240	252
4	I	47	220	104	164	198	226	250
5	O	45	220	100	160	212	262	288
6	S	63	220	112	180	236	285	288
7	S N	81	220	140	188	250	290	
8	S L N	111	220	157	215	250	260	288

* S = effet support ; L = levures de bourbes ;
I = levures du jus ; N = nutriments apportés par les bourbes.

Résultats

Les contrôles des fermentations, pour les différentes conditions expérimentales, sont rassemblés sur le tableau IV. Les résultats per-

mettent, dans une certaine mesure, de distinguer l'influence des divers facteurs consécutifs à la présence des bourbes, sur la vitesse de la fermentation, c'est-à-dire la fermentescibilité du milieu :

a) La perte totale de fermentescibilité due au débourbage est obtenue par la comparaison des fermentations dans les milieux (1) et (4).

b) La fermentescibilité qui relève de la flore levurienne du jus de raisin est donnée par la comparaison des fermentations (4) et (5). Celle qui relève des levures des bourbes découle de la comparaison des milieux (7) et (8).

c) La fermentescibilité due à l'effet support des bourbes est donnée par la comparaison des milieux (2) et (3) ; on admet qu'après avoir été chauffé à 100 °C pendant 5 minutes, les bourbes ne peuvent plus rien céder au milieu, tout au moins pendant les premiers jours de la fermentation.

d) La fermentescibilité due aux nutriments cédés par les bourbes au milieu découle de la comparaison des milieux (7) et (6) ou (2) et (6). Dans ce cas l'hypothèse déjà signalée admet que les nutriments cédés par un chauffage de 5 minutes à 100 °C correspondent à ceux qui passent en solution par macération pendant les premiers jours de la fermentation.

Avec ce raisonnement il est possible de calculer les pertes individuelles de fermentescibilité dues à ces différents éléments. Les calculs sont rapportés sur le tableau V, au 2e jour de fermentation dans l'essai A et au 5e jour dans l'essai B ; il est bien évident que ces différences s'estompent avec le temps, ce que les chiffres du tableau IV font bien ressortir, surtout dans le cas de l'essai A, dont le taux de sucre relativement faible a permis assez facilement une fermentation complète quelles que soient les conditions.

On constate sur le tableau V que le débourbage [comparaison des conditions (1) et (2)] diminue sensiblement la fermentescibilité du moût de raisin, tout au moins dans les premiers jours de la fermentation. Cet effet est plus net dans l'essai A (25 °C) que dans l'essai B (18 °C) ; on peut supposer que la température est le facteur essentiel de cette différence, car nous verrons qu'à température élevée l'intervention des levures des bourbes est plus significative.

TABLEAU V

Pertes de fermentescibilité dues au débourbage

(La « fermentescibilité » est définie comme le pourcentage de sucre fermenté par rapport au témoin, à un moment déterminé, toutes autres conditions égales).

	Essai A (25 °C) (sucre initial : 220 g par l) après 2 jours	Essai B (18 °C) (sucre initial : 288 g par l) après 5 jours
Perte totale de fermentescibilité due au débourbage : (1) — (4)	77/124 : 62 p 100	63/167 : 37 p. 100
Part de la perte de fermentescibilité relevant des levures :		
du jus (4) — (5)	2/47 : 4 p. 100	4/104 : 4 p. 100
des bourbes (8) — (7)	30/111 : 27 p. 100	17/157 : 10 p. 100
total (1) — (2)	42/124 : 33 p. 100	24/167 : 14 p. 100
Part de la perte de fermentescibilité relevant de l' « effet support » des bourbes (2) — (3)	8/82 : 9 p. 100	19/143 : 13 p. 100
Part de la perte de fermentescibilité relevant des nutriments apportés par les bourbes :		
(7) — (6)	18/81 : 22 p. 100	28/140 : 20 p. 100
ou (2) — (6)	19/82 : 23 p. 100	31/143 : 21 p. 100
Somme des pertes individuelles, de fermentescibilité, des levures du jus et des bourbes, de l' « effet support » et des nutriments	64 p. 100	47 p. 100

En ce qui concerne la perte de fermentescibilité due aux levures, l'élimination de la totalité des levures [comparaison de (1) et (2)] entraîne une perte de fermentescibilité qui représente bien la somme

des pertes individuelles dues à l'élimitation des levures du jus [(4) et (5)] et des bourbes [(8) et (7)].

La part de la fermentescibilité apportée par les nutriments des bourbes, calculée de deux façons différentes, donne des résultats assez voisins ; l'hypothèse d'une diffusion de ces nutriments identique, par chauffage de 5 minutes à 100 °C ou au cours des premiers jours de la fermentation, semble confirmée.

Si maintenant on additionne les pertes individuelles de fermentescibilité (relevant des levures du jus et des bourbes, de l' « effet support », des nutriments apportés par les bourbes), les résultats (64 et 47 p. 100) sont en concordance assez satisfaisante avec la perte totale de fermentescibilité due au débourbage (62 et 37 p. 100).

La comparaison des deux essais (A et B) montre que la perte de fermentescibilité due à l'effet support des bourbes (environ 10 p. 100) et celle due à leurs nutriments (20 à 23 p. 100) est relativement constante. Par contre la différence entre les pertes de fermentescibilité totale due au débourbage s'explique par des différences dans la perte de fermentescibilité due aux levures des bourbes beaucoup plus importante à 25 °C qu'à 18 °C.

Bien évidemment, ces observations sont valables exclusivement pendant les premiers jours de la fermentation ; dans l'essai A, au 4e jour, les fermentations sont terminées. Par contre dans l'essai B, le retard de fermentation provoqué par le débourbage se maintient et, dans deux échantillons [(3) et (4)], la fermentation n'est pas terminée au 34e jour.

Cette expérience montre donc clairement que le débourbage n'intervient pas sur la marche de la fermentation, exclusivement en provoquant un délevurage ; en effet dans ces essais, l'ensemencement par **Saccharomyces bayanus (oviformis)** n'est pas toujours suffisant pour rétablir une fermentation aussi active que dans le moût non débourbé. Il faut donc admettre que les bourbes agissent par leur effet support et aussi apportent aux levures des éléments nutritifs ; ces facteurs interviennent dans la plus ou moins grande facilité de la fermentation et, dans certains cas, le débourbage peut conduire à un arrêt de fermentation qui n'aurait pas lieu dans le moût non débourbé.

Possibilité de rétablissement de la fermentescibilité optimun dans un moût débourbé

Dans un même moût débourbé, mais non stérilisé, c'est-à-dire contenant les levures du jus, différentes additions ont été effectuées :

thiamine	:	0,2 mg par litre
acide pantothénique	:	0,2 mg par litre
ergostérol	:	10 mg par litre
extrait de levure	:	200 mg par litre
bentonite	:	200 mg par litre
charbon	:	200 mg par litre
P.V.P.	:	200 mg par litre
poudre de polyamide	:	200 mg par litre

En outre, ces adjuvants ont été mis en œuvre, soit seuls, soit en association. Deux séries d'essais ont été réalisées ; l'une fermente avec les seules levures indigènes du moût, l'autre reçoit un ensemencement correspondant approximativent à 10^5 cellules par ml de **Saccharomyces bayanus (oviformis)**. Les fermentations sont comparées à celles du même moût non débourbé. Les résultats sont représentés par les courbes de la figure 1 (série ensemencée) et 2 (série non ensemencée) ; sur la figure 2 on a tracé également la courbe de l'échantillon « débourbé ensemencé » pour pouvoir apprécier l'influence du levurage.

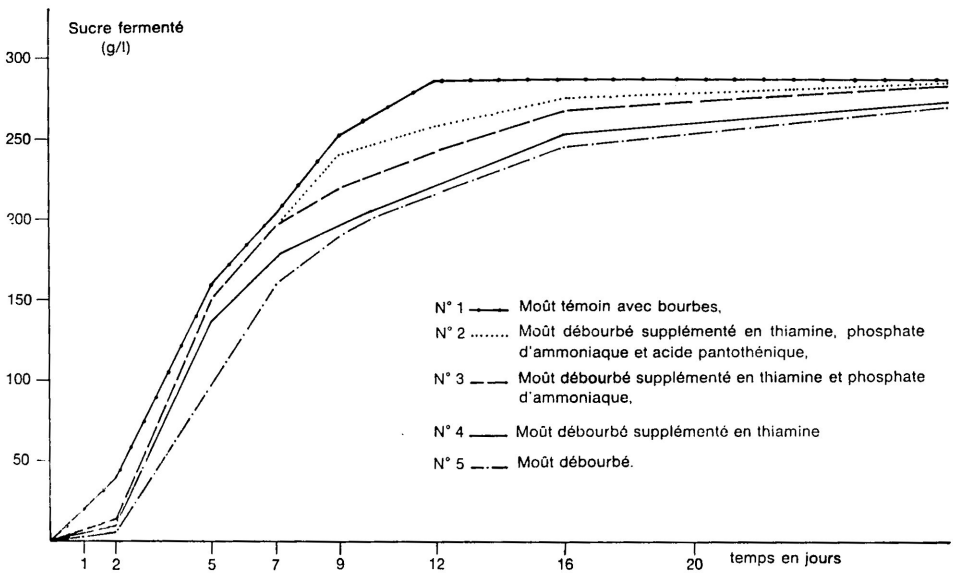


Fig. 1. — Influence de différents traitements sur la fermentescibilité des moûts débourbés. Tous les essais sont ensemencés avant fermentation.

En ce qui concerne l'influence des différents activateurs, la thiamine a une action manifeste au début de la fermentation dont elle favorise une induction plus rapide ; mais elle a peu d'effet sur la limite de la fermentation. En association avec le phosphate d'ammonium, l'action de la thiamine est accrue. La fermentescibilité est encore plus manifeste en ajoutant en plus de l'acide panthoténique. Tout au moins dans la série ensemencée, ces additions d'activateurs permettent d'obtenir une fermentation complète, peu différente de celle du moût non débourbé.

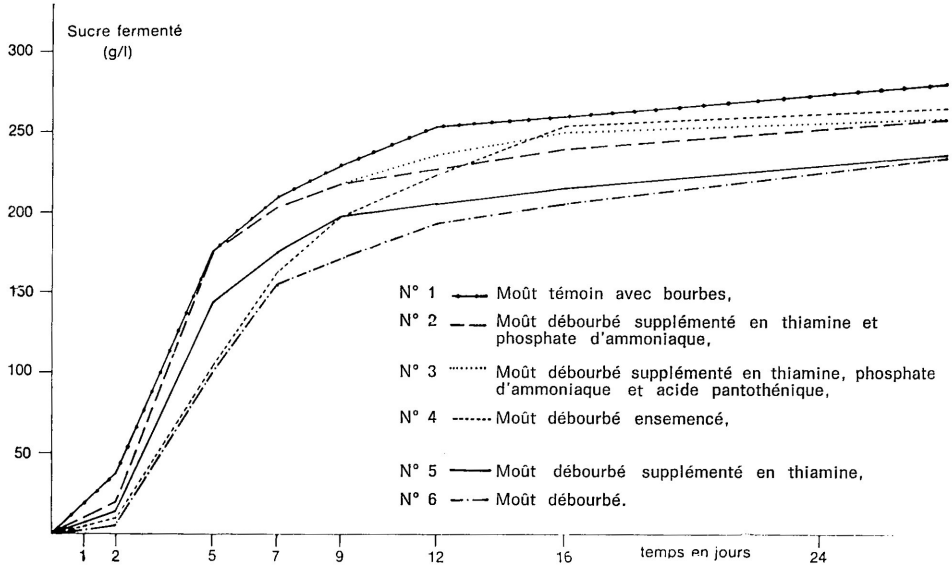


Fig. 2. — Influence de différents traitements sur la fermentescibilité des moûts débourbés. Les essais ne sont pas ensemencés avant fermentation, sauf le n° 4 à titre de comparaison.

L'apport d'un support inerte ou absorbant (bentonite, charbon, P.V.P., poudre de polyamide) n'a pas amélioré la fermentation ; dans cette expérience en semi-anaérobiose, on ne retrouve par le résultat de CROWELL et GUYMON (1963) qui observent une activation de la fermentation en présence de support inerte, interprétée par un apport d'air. On sait que l'addition de charbon améliore dans certains cas la refermentation d'un vin dans lequel la fermentation s'est arrêtée parce que le milieu n'était pas favorable au développement de la levure ; une hypothèse est proposée pour expliquer l'effet du charbon : lorsqu'elle éprouve des difficultés pour son développement, la levure secrète dans le milieu une substance toxique éliminée par adsorption sur le charbon.

Une addition massive d'ergostérol (10 mg par l) au moût débourbé n'a exercé aucune activation de la fermentation. On sait que les stérols interviennent sur le développement des levures en anaérobiose stricte ; dans l'expérience actuelle, les jus sont saturés d'oxygène au pressurage et la fermentation est conduite dans des conditions de semi-anaérobiose.

En ce qui concerne l'ensemencement par **Saccharomyces bayanus (oviformis)**, même réalisé de façon massive (10^5 cellules par ml), il intervient peu pendant la fermentation des 100 premiers grammes de sucre (figure 2) ; probablement les levures indigènes, mieux adaptées au milieu, se développent les premières et le levain ajouté manifeste son action après une période d'adaptation, plus ou moins longue selon les conditions ; le levurage prend une pleine efficacité dans la mesure où le milieu initial est suffisamment riche en sucre.

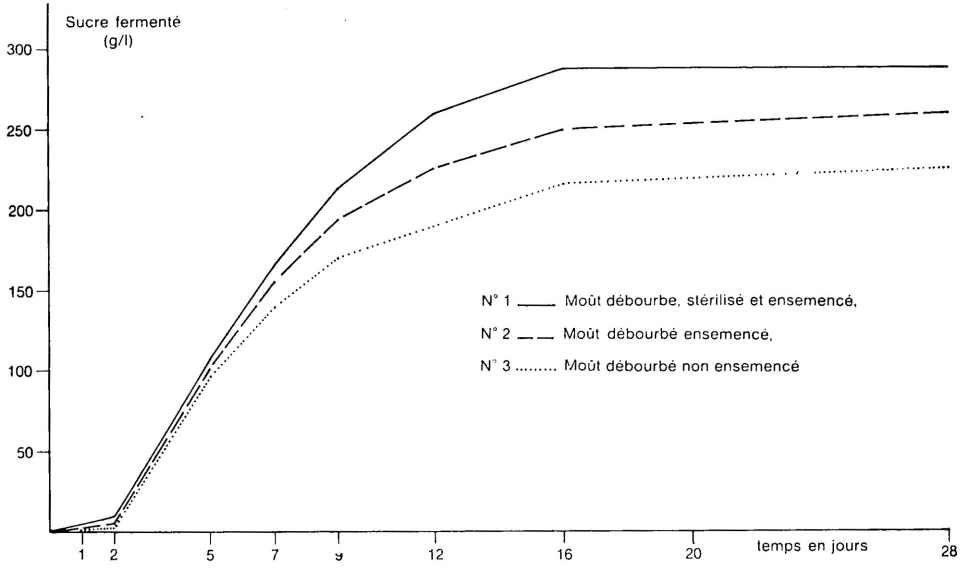


Fig. 3. — Influence du levurage, avec ou sans élimination des levures indigènes, sur la fermentescibilité des moûts débourbés.

En tout cas le levurage seul n'est pas suffisant pour rétablir la fermentescibilité d'un moût débourbé ; on confirme ainsi que le débourbage n'intervient pas seulement en provoquant un délevurage.

Pour des raisons de compétition entre les espèces, le levurage par **Saccharomyces bayanus (oviformis)** est plus efficace si les levures indigènes ont été au préalable éliminées, par exemple par chauffage. La

figure 3 montre, par rapport au moût débourbé, une fermentation du moût non stérilisé et ensemencé moins rapide que celle du même moût ensemencé après stérilisation ; dans ce dernier milieu **Saccharomyces bayanus (oviformis)** se développe mieux parce qu'elle n'est pas gênée par les levures indigènes. On confirme, sur ces courbes, l'influence du levurage seulement après la fermentation des 100 premiers grammes de sucre.

Il résulte donc de cet essai que l'on peut espérer activer la fermentation d'un moût débourbé par deux interventions complémentaires : 1°) l'addition simultanée de thiamine et de phosphate d'ammonium qui agit au début du phénomène fermentaire ; 2°) le levurage par des levures alcoogènes sélectionnées, dont l'efficacité se fait sentir en fin de fermentation.

CONCLUSIONS

Le débourbage constitue une opération indispensable dans la vinification de la majorité des vins blancs ; la richesse en bourbes du moût, donc la nécessité du débourbage, dépend de l'état sanitaire du raisin et des conditions de travail mécanique de la vendange. Pour la qualité de la grande majorité des vins blancs, il est important que l'élimination des bourbes qui donnera un vin de deuxième qualité ; l'emploi d'enzymes efficacité limitée.

Le débourbage statique permet d'obtenir le jus le mieux clarifié, mais il oblige à vinifier séparément un volume important de jus de bourbes qui donnera un vin de deuxième qualité ; l'emploi d'enzymes pectolytiques n'apporte pas d'amélioration significative pour le débourbage des moûts les plus riches en bourbes. Les autres procédés de débourbage, en particulier la centrifugation, ne permettent pas une clarification suffisante, surtout dans le cas des moûts les plus troubles.

Le débourbage influe sur le caractère des vins. On observe une diminution du taux de fer ; également la diminution des composés phénoliques et des oxydases, responsables de leur oxydation, permet d'obtenir un vin d'une couleur jaune pâle très stable. Mais en outre, la finesse et l'intensité des caractères aromatiques des vins de moût débourbé laissent supposer une modification des phénomènes fermentaires. Il a été confirmé que le débourbage augmente le taux de plusieurs esters

et diminue les alcools supérieurs ; connaissant les caractères organoleptiques de ces corps, on conçoit que les modifications apportées par le débourbage soient favorables à la qualité des vins.

Une autre incidence de l'élimination des bourbes est un ralentissement des phénomènes fermentaires. Une expérience précise a permis de montrer que le débourbage intervient sur la fermentescibilité : 1°) en éliminant des levures ; 2°) par l' « effet support » des bourbes ; 3°) par des nutriments des levures, cédés par les bourbes au moût. Le ralentissement de la fermentation par le débourbage dépend des autres conditions de la fermentation, en particulier du taux de sucre initial ; on conçoit que, dans certains cas, cette opération puisse conduire à un arrêt de la fermentation.

Pour rétablir une fermentation normale dans un moût débourbé, le levurage seul, par une souche alcoogène sélectionnée, n'est pas toujours suffisant. Il doit alors être complété par l'addition simultanée de thiamine et de phophate d'ammonium qui favorise le développement des levures au début du phénomène fermentaire. Dans ces conditions, le levurage améliore l'achèvement de la fermentation ; mais il manifeste son action après une période de latence, due à l'adaptation du levain au milieu, et correspondant approximativement à la fermentation des 100 premiers grammes de sucre. Le levurage possède une meilleure efficacité si les levures indigènes ont été au préalable éliminées.

Manuscrit reçu le 23 mai 1975.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERTRAND A., 1968. Utilisation de la chromatographie en phase gazeuse pour le dosage des constituants volatils du vin. **Thèse 3e cycle,** Bordeaux.

CRETTENAND J., LE BOLLOCH M.-F., REGAMAY R. et SCHOPFER J.F., 1969. La formation des bourbes lors de l'extraction des moûts de raisin. **Revue Suisse Vitic. Arboriculture, 1,** (6), 110-119.

CROWELL E.A. et GUYMON J.F., 1963. Influence of aeration and suspended material on higher alcohols, acetoin and diacetyl during fermentation. **Amer J. Enol. Vitic., 14,** 214-222.

DAUDT C.E. et OUGH C.S., 1973. Variations in some volatile acetate esters formed during grape juice fermentation. Effects of fermentation temperature, SO_2, yeast strain and grape variety. **Amer. J. Enol. Vitic., 24,** (3), 130-135.

DUBERNET M. et RIBÉREAU-GAYON P., 1974. Causes et conséquences de la consommation de l'oxygène par les moûts de raisin. **Vitis, 13,** 233-244.

MARTINIÈRE P., SAPIS J.-C., GUIMBERTEAU G. et RIBÉREAU-GAYON J., 1973. Utilisation d'une préparation enzymatique pectolytique en vinification. **C.R. Acad. agric.,** 267-273.

OUGH C.S., GUYMON J.F. et CROWELL E.A., 1966. Formation of higher alcohols during juice fermentation at various températures. **J. Food Sci., 31,** 620-625.

PEYNAUD E., 1971. Connaissance et Travail du Vin. Dunod, Paris.

PEYNAUD E. et GUIMBERTEAU G., 1962. Sur la formation des alcools supérieurs par les levures de vinification. **Ann. Technol. agric., 11,** (2), 85-105.

RANKINE B.C., 1967. Formation of higher alcohols by wine yeasts and relationship to taste thresholds. **J. Sci. Food Agric., 18,** 583-589.

SCHOPFER J.-F., 1967. Bourbes et débourbage des moûts dans la vinification en blanc. **Revue Suisse Vitic. Arboriculture, 1,** (6), 102-109.

WEBB A.D., 1973. The effect of fermentation temperature on the nature and production of trace volatile constituents in wine. **Proc. third Int. Symp. Yeasts.** OTAMIENI-ELSINKI, Suomalainen H. and Waller Ch. éd., 297-305.