

Vinification spéciale

VINS BLANCS À SUCRES RESIDUELS : MAÎTRISE DU MUTAGE ET GESTION DE L'ANHYDRIDE SULFUREUX

2^{ÈME} PARTIE - RÉDUCTION DU SO₂ PAR DES ALTERNATIVES PHYSIQUES OU CHIMIQUES BILAN SUR LES BONNES PRATIQUES DE MUTAGE

P. POUPAULT, E. VINSONNEAU, F. BENESTEAU

ITV France
46, avenue Gustave Eiffel - 37095 Tours cedex 2

INTRODUCTION

L'utilisation du SO₂ dans l'élaboration des vins à sucres résiduels reste incontournable. De la récolte au conditionnement, son rôle est étroitement lié au maintien de la qualité sensorielle et de la stabilité microbiologique du vin, jusqu'à la mise en bouteilles.

La première partie du sujet (Caractérisation de la vendange, fermentescibilité et aptitude à la combinaison du moût) a mis en évidence l'importance d'une bonne évaluation de la qualité de la vendange (pourriture) et du potentiel de combinaison en SO₂ du moût et du vin pour l'obtention d'un vin stable après l'opération de mutage. Elle a aussi souligné l'importance de la souche de levure réalisant la fermentation, dans l'optique de mieux maîtriser le point de mutage, en confirmant les différences importantes entre plusieurs souches commercialisées.

La deuxième partie de l'étude, présentée ici, a pour but l'exploration et la mise en œuvre, d'une part, de techniques physiques au moment du mutage pour bloquer le processus fermentaire et, d'autre part, des alternatives chimiques au SO₂. La micro-filtration tangentielle (MFT) est ainsi appliquée au moment du mutage de vins moelleux ou liquoreux par rapport à un schéma classique (mise au froid et soutirage). Les premiers résultats sur vin sec montrent peu d'incidence de cette technique. Il semble possible de pouvoir utiliser celle-ci sur vin moelleux ou liquoreux au mutage du fait du niveau très poussé de stabilité microbiologique. (1, 2, 3)

Par ailleurs, l'utilisation du Dicarbonate de Diméthyle (DMDC) est une alternative à l'utilisation massive du SO₂ (4, 5) qui, certains millésimes, peut poser problème vis-à-vis de la législation. Son innocuité et son efficacité dans le cadre du mutage sont recherchées. Déjà autorisé dans certains pays et en Europe comme antiseptique dans les boissons sucrées et les vins sans alcool, à la dose maximale de 250 mg/L, il est autorisé aux États-Unis dans le vin (à la mise en bouteilles surtout).

1. PRÉCISIONS SUR LES MÉTHODES ET MATÉRIELS MIS EN PLACE

1.1 MUTAGE PAR DES TECHNIQUES PHYSIQUES DE STABILISATION

L'impact de la MFT sur le niveau de stabilité microbiologique obtenu et l'économie de SO₂ pouvant être réalisée sont mesurés. L'incidence de cette technique sur la composition analytique des vins et sur leurs qualités organoleptiques est également évaluée. Pour chacun des essais réalisés grandeurs nature (**Tableau 1**) sur trois millésimes et différentes appellations (AOC Sauternes, Montbazillac, Côtes de Bergerac, Coteaux du Layon Chaume, Coteaux de l'Aubance), le même protocole est appliqué (**Schéma 1**) ; à partir d'une cuve homogène de vin avant mutage, deux modalités sont constituées et comparées :

- modalité 1 : mutage traditionnel (froid + soutirage + SO₂)
- modalité 2 : micro-filtration tangentielle

Un bilan analytique avant mutage, avec la détermination du pouvoir combinant des vins, des suivis de SO₂ (libre et total) et de la population levurienne en cours d'élevage sont réalisés.

Dans le cadre de ces essais, différents équipements ont été utilisés pour la réalisation de la filtration : Vaslin-Bucher (FMZOR – 20m²), Koch (56m²), Pall (40m²). Tous ces modèles présentent des modules filtrants de type capillaire et des pores de 0,2 µm de diamètre.

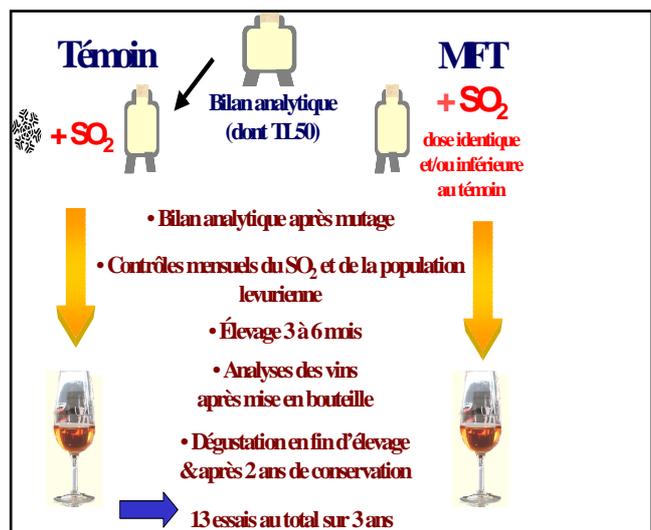


Figure 1 : Protocole d'expérimentation - Essais MFT
(Source : ITV France - 1999-2001)

revue française d'
œnologie

PUBLICATION OFFICIELLE DES ŒNOLOGUES DE FRANCE

Article technique RFOE n°225, page 1

VINS BLANCS À SUCRES RÉSIDUELS : MAÎTRISE DU MUTAGE ET
GESTION DE L'ANHYDRIDE SULFUREUX
P. POUPAULT

Vinification spéciale

Tableau 1 : Composition analytique des vins avant mutage – Essais MFT (Source : ITV France - 1999-2001)

Millésimes	1999 - AOC						2000 - AOC				2001 - AOC		
	Cotes de Bergerac	Monbazillac	Coteaux du Layon	Coteaux de l'Aubance	Coteaux du Layon Chaume	Cabernet d'Anjou	Cotes de Bergerac	Monbazillac	Cabernet d'Anjou	Coteaux du Layon Chaume	Monbazillac	Sauternes	Coteaux de l'Aubance
Degré alcoolique acquis (% vol)	11.80	14.00	11.70	14.40	13.50	11.20	12.40	13.10	11.45	13.30	13.20	12.80	12.55
Sucres (g/L)	55	82	71	69	108	38	50	80	26	96	116	96	117
Acidité totale (g/L H ₂ SO ₄)	4.00	6.10	3.65	3.25	4.35	4.25	3.40	3.90	3.40	5.60	4.10	4.30	5.40
Acidité volatile (g/L H ₂ SO ₄)	0.30	0.90	0.29	0.33	0.53	0.22	0.20	0.46	0.63	0.55	0.63	0.58	0.72
pH	3.51	3.47	3.83	3.49	4.01	3.34	3.60	3.90	3.26	3.70	3.89	3.86	3.97
TL 50	215	359	-	-	-	-	147	303	-	-	203	243	-

1.2 UTILISATION DU DMDC DANS LA VINIFICATION DES VINS MOELLEUX OU LIQUEUREUX AU MUTAGE

L'efficacité du DMDC (action inhibitrice et létale vis-à-vis des micro-organismes) et son innocuité (sur la qualité organoleptique des vins) sont recherchés dans le cadre du mutage de vins moelleux et liquoreux de chenin et sémillon (**Tableau 2**). Il est étudié en complément d'une dose réduite de SO₂, à 100 mg/l, ou seul à raison de 200 mg/l.

Le DMDC est ajouté, avec ou sans SO₂, après passage au froid, au cours du soutirage. Un suivi microbiologique a lieu après le mutage et les vins sont élevés en visant une teneur en SO₂ libre identique jusqu'à la mise en bouteilles, réalisée après filtration sur 2µm + 0,65µm. Les vins sont soumis à un jury de professionnels pour juger de leurs qualités organoleptiques.

Tableau 2 : Caractéristiques des vins de Chenin et Sémillon avant mutage pour les 3 millésimes

Cépage	Chenin					Sémillon		
	Millésime	1999		2000		2001		2000
AOC	Bonnezeau	Coteaux du Layon Chaume	Vouvray	Coteaux de l'Aubance	Vouvray	Côtes de Bergerac	Monbazillac	Sauternes
Degré alcoolique acquis (% vol)	13	13,3	12	12,6	11,5	12,4	13,1	12,8
Sucres (g/L)	121	96	30	116	30	50	80	96
Acidité totale (g/L H ₂ SO ₄)	3,20	5,60	5,70	5,40	6,20	3,4	3,9	4,3
Acidité volatile (g/L H ₂ SO ₄)	0,59	0,55	0,17	0,72	0,24	0,23	0,46	0,58
pH	4,15	3,57	3,32	3,97	3,41	3,60	3,90	3,86
Population levurienne (cellules vivantes/ml)	7,3.10 ⁶	-	8.10 ⁷	-	8,6.10 ⁶	4,3.10 ⁶	5,6.10 ⁷	1,2.10 ⁷
Test de combinaison SO ₂ total (mg/L) / SO ₂ libre visé (mg/L)	-	-	100 / 40	-	135 / 40	147 / 50	303 / 50	203 / 40

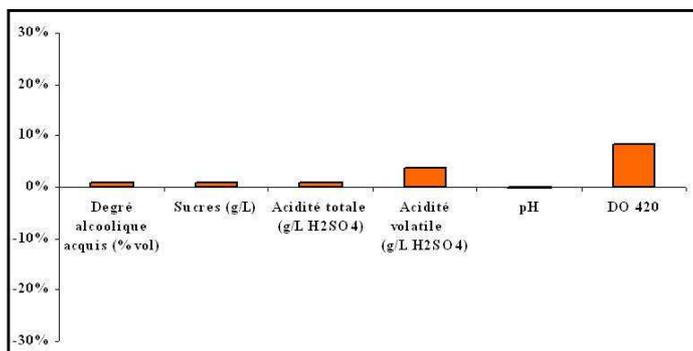
Vinification spéciale

2. PRINCIPAUX RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

2.1 UTILISATION DE LA MICRO-FILTRATION TANGENTIELLE (MFT) AU MUTAGE

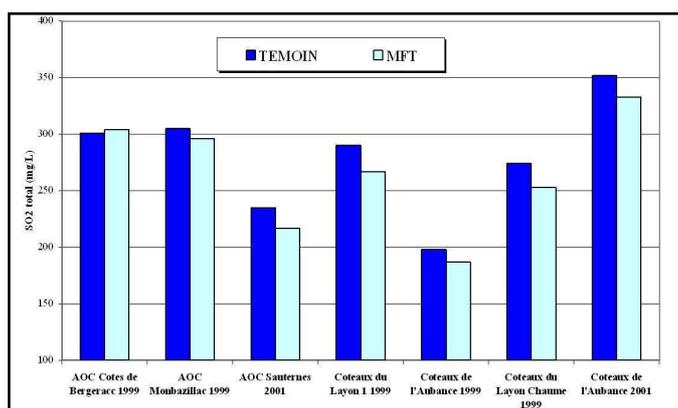
Les résultats montrent, dans les conditions de ces essais, que la MFT n'a pas eu d'incidence sur la composition physico-chimique des vins ; les différences entre les vins « témoins » et « micro-filtrés » ne sont pas significatives, comme le montre le **Graphique 1**, sauf peut-être au niveau de l'intensité colorante, puisque la DO 420 est sensiblement plus élevée par rapport aux vins « témoins ». Il apparaît de plus que cette différence s'atténue dans le temps.

Graphique 1 : Composition analytique des vins après mise en bouteille - écarts moyens par rapport au vin témoin (synthèse de 10 essais) - Essais MFT (Source : ITV France - 1999-2001)



Au niveau de la stabilisation microbiologique, la MFT permet d'éliminer très tôt dès le mutage la flore levurienne, alors que ce résultat est obtenu plus tardivement dans le cas d'un mutage traditionnel, jusqu'à un mois selon les essais. Cette stabilité microbiologique peut être conservée dans le temps si des mesures d'hygiène sont respectées par la suite, en cours d'élevage, afin de limiter les recontaminations et si les interventions sur le vin (soutirage, transferts) restent peu fréquentes.

Graphique 2 : Gestion du SO₂ - Teneurs en SO₂ total des vins en fin d'élevage - Essais MFT (Source : ITV France - 1999-2001)



Pour ce qui est de la gestion du SO₂, les résultats (**Graphique 2**) montrent que, pour une dose identique au mutage et un même objectif en SO₂ libre, la teneur en SO₂ total des vins micro-filtrés est plus

faible en moyenne de **6%** en fin d'élevage, par rapport au vin témoin. L'élimination précoce de la biomasse levurienne par la MFT permet d'obtenir, dès le mutage, des vins un peu moins combinants. Même si la valeur de ce gain peut paraître faible, elle va dans le sens d'une diminution des doses de SO₂.

Les résultats montrent que les vins micro-filtrés sont sensiblement moins combinants et ont nécessité un niveau de réajustement en cours d'élevage moins important, ce qui laisse apparaître les teneurs moindres en SO₂ total en fin d'élevage.

Les vins ont été dégustés après 6 mois d'élevage par un jury de professionnels. Une analyse statistique des résultats (analyse de variance et test de Newmann-Keuls) est réalisée sur les moyennes des notes pour l'ensemble des critères. Elle montre que les deux modalités se différencient significativement sur très peu de critères. Sur vins jeunes, les vins micro-filtrés sont jugés un peu plus colorés et un peu plus intenses au nez. Après deux ans de conservation en bouteilles, ces résultats se confirment et les écarts observés entre les deux modalités se resserrent.

Des résultats complémentaires montrent également, dans les conditions des essais, qu'il est possible de diminuer significativement la dose de SO₂ total au mutage en complément de la MFT, sans mettre en péril la stabilité microbiologique et les qualités organoleptiques des vins. L'économie en SO₂ total, en fin d'élevage, peut atteindre alors dans ce cas, 20 à 30 % par rapport à la modalité Témoin. Ces essais réalisés en minicuvier sont accompagnés d'une hygiène très rigoureuse après MFT et d'une filtration stérilisante à la mise en bouteilles. Les risques d'une éventuelle reprise de l'activité fermentaire en bouteilles ou d'une contamination à la mise étant beaucoup plus difficile à maîtriser dans la pratique, ces gains de SO₂ total important devront être confirmés à une plus grande échelle.

2.2 UTILISATION DE LA FLASH-PASTEURISATION AU MUTAGE

Le traitement par flash-pasteurisation (exemple du millésime 2003 sur le **Tableau 3**), permet d'éliminer rapidement la flore levurienne et les bactéries lactiques dans le vin traité. Débarrassé de cette biomasse, le vin est moins combinant dès le mutage, par rapport à un mutage traditionnel. Le traitement a très peu d'incidences sur la composition analytique du vin. Comme pour la micro-filtration tangentielle, les vins issus d'un traitement de flash-pasteurisation, débarrassés de la biomasse levurienne, peuvent être élevés avec des teneurs moins importantes en SO₂ libre par rapport aux doses traditionnelles. En visant un teneur raisonnable en SO₂ libre de 30 mg/l, au lieu de 40 à 50mg/l, l'économie finale en SO₂ total atteint 20 à 30 %. L'élevage et la conservation de ces vins demandent une hygiène rigoureuse pour éviter une reprise de fermentation par une flore de contamination (cuve, tireuse, etc.).

Tableau 3 : Contrôles microbiologiques en cours de traitement par flash-pasteurisation AOC Sauternes (Source : ITV France-Blanquefort, 2003)

Prise d'échantillon en cours de traitement (temps en minutes)	Levures totales vivantes (UFC*/ml)	Bactéries lactiques (UFC/ml)
Avant traitement	10 ⁸	3.10 ³
5	< 1	10 ²
15	< 1	< 1
20	< 1	< 1
25	< 1	< 1

*UFC = Unités formant colonies

Vinification spéciale

2.3 ALTERNATIVES CHIMIQUES À L'UTILISATION DU SO₂ AU MUTAGE

L'acide sorbique peut être utilisé pour son activité anti-fongique. Incapable d'arrêter à lui seul une fermentation, il est réservé à la conservation des vins à sucres résiduels. Il renforce l'action du SO₂ mais ne peut le remplacer. Dans ce cadre, il est notamment très utilisé à la mise en bouteilles. Autorisé à une dose maximale de 200 mg/L, son action est d'autant plus importante que le pH du vin est bas et que le degré alcoolique est élevé. Elle est également liée au niveau de population et à la nature des souches de levures. Compte tenu de sa faible solubilité dans l'eau, l'utilisation de sorbate de potassium est conseillée. Son action anti-levurienne après la mise en bouteilles dépend beaucoup de la température de stockage du vin ; de quelques mois avec un stockage à 15 °C, son action peut disparaître après un stockage de quelques semaines à 25 °C.

Mis en place au cours des millésimes 1999 à 2001, sur chenin et sémillon, les essais comparatifs sur l'utilisation du DMDC au mutage conduisent à un certain nombre d'observations. Il apparaît ainsi que le DMDC seul ne permet pas de stabiliser le vin, vis-à-vis de la population levurienne, aussi bien qu'une dose réduite de SO₂. Le nombre de levures viables reste important, contrairement aux modalités avec un apport massif de SO₂, où la population levurienne devient nulle assez rapidement. Cela a été particulièrement le cas pour le millésime 2000, où des reprises de fermentation sont apparues dès le premier mois suivant la mise en bouteilles. (Tableaux 4 et 5)

Tableau 4 : Suivi de la population levurienne (UFC/ml) au cours de l'élevage d'un vin liquoreux selon les modalités de mutage : M1 (SO₂ à 25g/hl), M2 (SO₂ à 18 g/hl), M3 (SO₂ à 18g/hl + DMDC à 100mg/l) et M4 (DMDC à 200mg/l). (Source : ITV Bordeaux,2000)

Date / Durée d'élevage	Population levurienne (UFC/ml)			
	M1	M2	M3	M4
15/11 avant mutage	6.10 ⁷	6.10 ⁷	6.10 ⁷	6.10 ⁷
24/11 + 10 jours	1.10 ⁴	4.10 ⁵	1.10 ⁵	10 ⁶
18/12 + 1 mois	12	3.10 ⁴	4.10 ³	3.10 ⁶
12/01 + 2 mois	<1	12	1	Reprise de FA
09/02 + 3 mois	<1	<1	<1	
09/03 + 4 mois	<1	<1	<1	
22/03 + 4.5 mois	<1	<1	<1	
06/04 fin d'élevage	1	3	<1	

3. CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

Dans les conditions des essais mis en place sur 3 millésimes, l'apport de DMDC seul au moment du mutage n'apporte pas les garanties nécessaires à la bonne conservation de la qualité des vins : les résultats sont convergents sur les six origines de vins étudiés. Il est à noter que les teneurs en méthanol observées sur ces vins (millésimes 2000 et 2001) confirment des valeurs significativement plus élevées.

Associé à une dose réduite de SO₂, le DMDC conduit la plupart du temps, à des vins très proches au niveau analytique et sensoriel par rapport à une dose de SO₂ seule, plus élevée. Le DMDC, dans ces conditions, n'a pas d'influence sur les qualités organoleptiques des vins. Les profils des vins sont proches et le gain en SO₂ inexistant.

Dans le cas de vins à fort pouvoir combinant, l'effet éventuel de teneurs importantes en SO₂ sur les qualités organoleptiques (cas du vin de chenin cité), pourrait être évité grâce au pouvoir anti-fongique du DMDC, à condition d'en trouver la dose adéquate. De nouveaux travaux devraient permettre, à partir d'origines diverses (et de comportements différents quant au pouvoir de combinaison du vin) de valider cette association et d'en affiner les doses réciproques lors de l'opération du mutage.

Tableau 5 : Suivi de la population levurienne (UFC/ml) au cours de l'élevage d'un vin moelleux de Touraine selon les modalités de mutage : M1 (SO₂ à 10g/hl), M2 (SO₂ à 5 g/hl), M3 et M5 (SO₂ à 5g/hl + DMDC à 100 mg/l) et M4 (DMDC à 200 mg/l) (Source : ITV Tours, 2000)

Date / Durée d'élevage	Population levurienne (UFC/ml)				
	M1	M2	M3	M4	M5
25/10/00 avant mutage	8.10 ⁷	-	9,7.10 ⁷	-	7,8.10 ⁷
10/11/00 (15j après mutage)	100	55	16	10 ⁴	<1
15/12/00 1 ^{er} soutirage	<1	52	1	2,8.10 ⁴	<1
14/03/01 2 ^{er} soutirage	<1	2	<1	3.10 ⁴	<1
16/05/01	<1	<1	<1	2,2.10 ⁴	<1
25/06/01 avant mise	<1	<1	<1	3,3.10 ³	<1

L'ajout du DMDC ne modifie pas les principaux caractères analytiques des vins, mis à part l'augmentation sensible et attendue du méthanol, conformément à la bibliographie (6). Cependant, les vins mutés avec un apport seul de DMDC sont tous marqués par une oxydation importante, au niveau visuel et des arômes, en cours d'élevage. Ces phénomènes d'oxydation sont mis en évidence au cours des analyses sensorielles, de façon significative ; les vins mutés au seul DMDC sont rejetés.

Les vins mutés au SO₂ (dose réduite) et une dose de 100 mg/L de DMDC sont stables au niveau microbiologique après la mise en bouteilles. Au niveau organoleptique, ils ne sont pas différenciés des vins mutés à la seule dose réduite de SO₂.

Il apparaît que le vin moelleux de chenin de Touraine, muté avec la dose double de SO₂, est pénalisé au niveau olfactif (plus discret, vivacité, moins moelleux en bouche) et de la note globale, pour les millésimes 2000 et 2001.

Dans le cas de vins très combinants, l'utilisation du DMDC, pour palier à des doses limites de SO₂ (réglementation) parfois pénalisantes pour le profil sensoriel du vin, demande des essais complémentaires quant aux doses à mettre en œuvre.

Le 21 septembre dernier, le Conseil économique et social européen a modifié le règlement 1493/1999, autorisant ainsi l'utilisation du DMDC comme conservateur dans le vin. La France pourrait autoriser le DMDC à la mise en bouteilles.

Si la micro-filtration tangentielle ou la flash-pasteurisation apportent des solutions satisfaisantes pour la stabilisation microbiologique des vins à sucres résiduels, ces techniques restent peu utilisées au moment du mutage, car leurs applications sont mal connues et l'investissement reste élevé (petits volumes de vins doux, fréquence des millésimes combinants). La micro-filtration tangentielle possède l'avantage de pouvoir être utilisée pour d'autres opérations que le mutage (filtration avant mise par exemple) et sur d'autres types de vin. La prestation de service, en revanche, est beaucoup plus adaptée aux caves (millésime, volumes), notamment dans le cas de la flash-pasteurisation, moins multifonctionnelle, sous réserve que le prestataire réponde en temps voulu.

Ces techniques permettent d'envisager une utilisation raisonnée du dioxyde de soufre (réduction des teneurs en SO₂ libre dès le mutage) et une économie appréciable certaines années. Il convient surtout d'accompagner cette élimination de la biomasse levurienne par une hygiène très rigoureuse pour maîtriser, jusqu'à la mise en bouteilles, les risques de reprise de fermentation. C'est dans ces conditions que l'investissement présente un intérêt certain.

Vinification spéciale

4. BILAN DES PARTIES 1 ET 2 SUR L'ÉLABORATION DES VINS À SUCRES RÉSIDUELS

De la vigne à l'opération de mutage, puis jusqu'à la mise en bouteilles des vins à sucres résiduels, les nombreux facteurs étudiés et exposés (qualité de la vendange, fermentescibilité, pouvoir combinant, stabilité) participent, dans l'objectif d'un vin de qualité et stable, à l'équilibre sucres/alcool recherché, à une bonne gestion du SO₂. Cette gestion raisonnée permettra, les années à forte combinaison du SO₂, de res-

pecter les limites autorisées. L'objectif, qui est de répondre à l'attente du consommateur en matière de sécurité alimentaire, stabilité du vin et mise en valeur de ses qualités organoleptiques, passe par un certain nombre de « bonnes pratiques » qui sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Tableau des « bonnes pratiques » pour une réponse à l'attente du consommateur en matière de sécurité alimentaire, stabilité du vin et mise en valeur de ses qualités organoleptiques

Stade	Objectifs	Risques	Recommandations, pratiques conseillées
Maturation du raisin	<ul style="list-style-type: none"> • surmaturation (souvent associée à la botrytisation) 	<ul style="list-style-type: none"> • mauvaise évolution du <i>Botrytis</i> (pourri gris, acide) 	<ul style="list-style-type: none"> • bonne connaissance de la parcelle (évolution de la botrytisation) par des suivis de faciès (fréquence, intensité et qualité de la pourriture) et de l'état sanitaire
Récolte	<ul style="list-style-type: none"> • qualité de la vendange • limiter le pouvoir combinant du moût • limiter l'extraction de la pourriture • préparer un moût fermentescible 	<ul style="list-style-type: none"> • mauvaise qualité (état sanitaire) • augmentation du pouvoir combinant lié à la microflore épiphyte • mauvaise fermentescibilité et filtrabilité • extraction excessive de glucanes 	<ul style="list-style-type: none"> • tris manuels (éliminer le « mauvais pourri ») • respecter l'intégrité de la vendange en limitant la trituration • limiter le sulfitage du moût
Phase fermentaire	<ul style="list-style-type: none"> • obtenir l'équilibre sucres/alcool • limiter la production de molécules combinant le SO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> • arrêt de fermentation ou équilibre mal maîtrisé (flore mal adaptée) 	<ul style="list-style-type: none"> • limiter le débourage (sans enzymes) • choisir une levure adaptée • maîtrise de la température • suivi régulier de la cinétique fermentaire
Mutage	<ul style="list-style-type: none"> • limiter l'apport en SO₂ total • stabilisation microbiologique 	<ul style="list-style-type: none"> • SO₂ insuffisant (reprise de fermentation) • SO₂ trop important (dépassement des teneurs autorisées) 	<ul style="list-style-type: none"> • test de combinaison (juste avant le mutage) : apporter la dose suffisante et nécessaire • éviter le fractionnement dans l'apport du SO₂ • freiner l'activité fermentaire (froid) avant l'apport de SO₂ • éliminer la biomasse levurienne (microfiltration tangentielle, flash-pasteurisation)
Elevage, mise en bouteilles	<ul style="list-style-type: none"> • éviter la recontamination • stabilité microbiologique et physico-chimique 	<ul style="list-style-type: none"> • phénomènes d'oxydation • contamination par la chaîne d'embouteillage • reprise de fermentation 	<ul style="list-style-type: none"> • maintien d'une teneur en SO₂ libre suffisante • bonne hygiène du matériel, de contenants et de la chaîne d'embouteillage • éliminer les levures résiduelles (filtration stérilisante)

Vinification spéciale

REMERCIEMENTS

Nous remercions , pour leur collaboration, les sociétés Vaslin-Bücher, Pall et Bayer.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) **Donèche B., 1994.** Les acquisitions récentes dans les traitements physiques du vin, Tec et Doc , Lavoisier, Paris.
- (2) **Guimberteau G ., 1993.** La clarification des moûts et des vins, J.Int. Sci. Vigne et Vin, n°hors série.
- (3) **Ribéreau-Gayon P., Glories Y., Maujean A., Dubourdieu D ., 1998.** Traité d'œnologie 2 – Chimie du vin – Stabilisation et Traitement, Dunod.
- (4) **Bertrand A., 2000.** Le Diméthyle dicarbonate (DMDC) : un nouvel antiseptique à l'étude en œnologie – XXVème Congrès Mondial de la Vigne et du Vin, Paris, 19-23 juin 2000, Vol 2.
- (5) **Divol B.** - La microbiologie des vins issus de raisins botrytisés au cours de l'élevage . Caractérisation des souches de *Saccharomyces cerevisiae* responsables de refermentation – Thèse de doctorat Sciences des procédés – Institut National Polytechnique de Toulouse.
- (6) **Laboratoire de la DGCCRF de Bordeaux.** Effets stabilisants du DMDC et du benzoate de sodium dans les vins. Identification des marqueurs du traitement au DMDC – Laboratoire de la DGCCRF de Bordeaux.