ITV09 3/11/05 15:15 Page 1

les cahiers itineraires d'itv France

N° 9 ◆ NOVEMBRE 2005

Le mutage
des vins à sucres résiduels

PRÉSENTATION

Osmose réussie entre le cépage et le terroir depuis plus de 10 siècles, les vins à sucres résiduels font aujourd'hui la notoriété de grandes régions françaises.

L'apport d'anhydride sulfureux (ou SO_2) au 19e siècle et une meilleure maîtrise des conditions de transport, ont permis à certaines appellations d'être ainsi reconnues à l'échelle internationale et de s'exposer aux quatre coins de la planète. Les vendanges tardives d'Alsace, les moelleux de Loire ou les liquoreux du Sud-Ouest, représentent très bien le mariage de la viticulture et de la vinification, auquel il ne faut pas oublier le savoir-faire technique du viticulteur.

Résultat heureux du mariage entre douceur, fraîcheur et parfums, l'élaboration des vins à sucres résiduels reste aujourd'hui dirigée de façon traditionnelle et souvent empirique, par une succession d'opérations plus délicates les unes que les autres. Choix du raisin à la vigne, opération de mutage se résumant à un ajout massif de SO_2 suite à une fermentation favorisant la flore indigène, en sont quelques exemples. Les connaissances nouvelles sur les phénomènes liés à la sur-maturité, la botrytisation ou la combinaison du SO_2, permettent aujourd'hui de mettre en évidence l'importance du travail réalisé à la vigne

La collection des itinéraires techniques est éditée par ITV France. Directeur de la publication : Jean-Pierre Ruyskensvelde. N° ISBN : 2-906417-36-X. Crédits photos : ITV France : J.M. Desseigne - V. Gerbaux - P. Mackiewicz – P. Poupault - E. Vinsonneau. Conception éditoriale et graphique : **TEMA**, 03 87 69 18 01. Impression : Socosprint (88). Dépôt légal : novembre 2005.

© ITV France. Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L.122-5, d'une part, que « les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction même partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (article L.122-4). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L.335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

(tris, rendement…) et au chai (maîtrise de la vinification, stabilisation et conservation jusqu'à la mise en bouteilles) sur la qualité, la particularité et la stabilité de ces vins.

Cet Itinéraire, synthèse des récents travaux sur la caractérisation du raisin, cinétique et maîtrise fermentaire, combinaison du SO_2, stabilisation ou encore maîtrise de l'hygiène liée à la conservation en bouteilles, se veut être un ensemble de bonnes pratiques ou d'observations qui s'avèrent incontournables ou pertinentes dans le cadre de l'élaboration des vins à sucres résiduels et, plus particulièrement, de l'opération de mutage.

Dans un contexte économique et réglementaire bouleversé, les outils, indices et résultats présentés, doivent permettre à l'élaborateur de mettre sur le marché des vins à forte valeur ajoutée, qui gardent les qualités du raisin en respectant la législation (limites autorisées en SO_2) et qui apportent, par une meilleure gestion du SO_2 notamment, plus de sécurité (stabilité microbiologique et organoleptique) par rapport à des techniques empiriques encore très présentes.

Pascal Poupault
ITV France

SOMMAIRE

Importance des caractéristiques de la vendange et de la qualité des raisins botrytisés ____ 4
Fermentation alcoolique des vins à sucres résiduels ; rôle de la levure ____ 8
Utilisation du froid au mutage ____ 12
Aspects réglementaires et chimie du SO_2 ____ 13
Utilisation du SO_2 au mutage ____ 14
Mutage par des techniques physiques de stabilisation ____ 17
Bilan : les bonnes pratiques de mutage ____ 19

Enquête : le mutage dans l'élaboration des vins à sucres résiduels

Les vins moelleux et liquoreux sont, la plupart du temps, issus d'une vendange spécifique et sélectionnée à la vigne. La recherche de la surmaturité (passerillage, pourriture noble) demande du temps (vendange manuelle) et une attention toute particulière quant à la qualité de la pourriture.

En présence de conditions sanitaires peu favorables, les effets de la pourriture grise sur la qualité de la vendange sont mal connus. Pour des équilibres recherchés très variables (12 à 15 % d'alcool acquis pour 10 à 120 g/l de sucres résiduels), la stratégie de mutage traditionnelle passe essentiellement par l'ajout de SO_2 (6 à 30 g/hl) associé ou non à une baisse de la température ; c'est ce qui ressort d'une enquête menée par ITV France en 2000.

Une fermentation longue avec la flore indigène est recherchée, mais le recours aux levures sèches actives (LSA) se développe pour des moûts très riches. Dans le cas de moûts très combinants (millésime, état sanitaire), les producteurs manquent de critères et d'indices afin de limiter les apports de SO_2 dès la vendange tout en obtenant par ailleurs un vin stable.

Importance des et de la qualité

Potentiel du raisin et indices

C'est à la vigne principalement que se joue la qualité d'un vin moelleux ou liquoreux. Quand elle résulte de la botrytisation par concentration des sucres, la surmaturation nécessaire et recherchée met fin, en partie, aux échanges entre la plante et la baie. L'intégrité de la pellicule est déterminante dans l'évolution de la pourriture. La précocité d'apparition de *Botrytis cinerea*, sa cinétique d'évolution (noble, grise) et l'intensité de la contamination sont fortement influencées par la précocité du cycle de la vigne, sa vigueur et son expression végétative, laquelle est liée au terroir et au cépage. Les terroirs précoces et à faible vigueur induisent une botrytisation tardive, souvent lente mais où la proportion de pourriture noble est importante et à l'origine d'un fort potentiel qualitatif des raisins.

La décision d'effectuer des tris de vendange résulte d'un nécessaire compromis entre l'intensité de la contamination par *Botrytis cinerea* et la qualité de la pourriture en termes de type/stade d'évolution et d'apparition de faciès caractéristiques.

L'estimation du potentiel qualitatif des tris passe par l'appréciation, de façon fiable et rapide, du pourcentage des baies concernées par chaque type d'évolution (faciès de pourriture) au cours de la maturation. Pour cela, en parallèle du contrôle de maturité classique (recherche du taux de sucres souhaité), l'évaluation de l'état sanitaire de la parcelle peut se faire par comptage sur 200 grappes. Il détermine la fréquence et l'intensité d'attaque de *Botrytis cinerea* et permet d'en suivre l'évolution. À partir d'un niveau d'intensité d'attaque du champignon (de l'ordre de 20 à 40 %), un prélèvement par portions de grappes est conseillé afin d'obtenir un suivi de la maturité plus représentatif de la qualité de la vendange. À ce stade d'évolution, des analyses complémentaires sur jus peuvent être réalisées.

s caractéristiques de la vendange
des raisins botrytisés

Grains de chenin au stade doré

Le glycérol (marqueur de la pourriture noble), l'activité laccase et l'acide gluconique (marqueurs de la pourriture grise) voire l'acide acétique (pourriture acide), traduisent, comme le taux de combinaison du SO_2 (tableau 1) l'avancée du cycle de botrytisation et la qualité de la pourriture présente sur les raisins, d'une parcelle destinée à l'élaboration de vins à sucres résiduels.

Grains de chenin au stade pourri plein

Tableau 1 : Valeurs moyennes (8 parcelles de chenin) pour chaque classe de raisins à la récolte – ITV Tours, 1999

Analyses	Vert	Doré	Pourri noble	Pourri gris
TAP %vol	11	12,3	13,3	13,5
pH	3,10	3,29	3,54	3,66
Taux de combinaison *	96	102	171	211
Laccase U/ml	0	0,2	7,4	23,1
Glycérol	<1	4,9	5,7	3,3
Glycérol/ac.gluconique	5,4	7,0	10,8	11,2
Durée de FA (jours)**	17	19	25	27

* Dose de SO_2 total (mg/l) à ajouter pour obtenir, après 5 jours, une teneur en SO_2 libre de 40 mg/l, à 20°C.

** FA : fermentation alcoolique (jusqu'à épuisement des sucres)

Récolte mécanique.

Une bonne connaissance du processus de botrytisation, en relation avec le terroir, permet au viticulteur d'optimiser la récolte par tris. Ces données conduisent à faire les choix en termes de type de vin (demi-sec à liquoreux), date de récolte, nombre de tris et schéma de vinification.

Tableau 2 : Principaux micro-organismes de la flore épiphyte et leurs métabolites oxydatifs combinant le SO_2 (Donèche, 1999)

Micro-organismes	Métabolites combinant le SO_2
Levures *Kloeckera apiculata* *Pichia sp.* *Candida stellata* *Rhodotorula glutinis*	Glyoxal, méthylglyoxal, acide pyruvique, éthanal
Bactéries *Gluconobacter oxydans*	Acide 2-oxogluconique, acide gluconique, déhydroacétone, 5-oxofructose
Champignons *Botrytis cinerea* *Trichoderma sp.*	Acide mono-oxogluconique et 5-gluconolactones

Flore épiphyte et combinaison du SO_2

La surmaturation fragilise la pellicule. L'installation de *Botrytis cinerea* ouvre la porte à tous les micro-organismes qui sont à l'état de survie sur le tissu végétal et qui vont profiter de l'exsudation de molécules (à base de sucres) et la présence d'eau à la surface de ce tissu végétal, pour proliférer. Cette multiplication est très liée aux conditions climatiques, ainsi qu'au cépage et au terroir. Les levures oxydatives sont toujours prédominantes mais les populations de bactéries sont non négligeables.

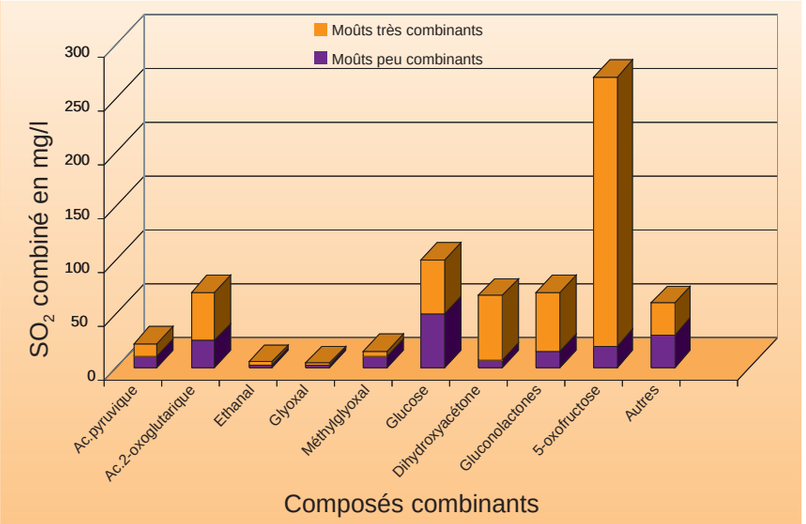
Par leur métabolisme (tableau 2) ces micro-organismes vont accumuler des substances combinant le SO_2 dans le raisin atteint de pourriture, à partir des sucres (glucose, fructose) principalement.

Il existe une relation très forte entre la densité des micro-organismes épiphytes et le pouvoir de combinaison du moût. Contrairement au passerillage, la pourriture n'est pas seulement une surmaturation par perte d'eau. C'est surtout une macération enzymatique intense de la pellicule assortie d'un métabolisme particulier de *Botrytis cinerea*, une sorte de fermentation qui s'établit dans le grain très mûr.

Pour des moûts issus de vendanges botrytisées, lesquels voient leur pouvoir combinant augmenter (surmaturation très avancée, pourriture grise), ce sont les composés métabolisés par les bactéries acétiques qui sont responsables de près de la moitié du SO_2 combiné et particulièrement le 5-oxofructose.

Le moût issu de raisins surmûris ou botrytisés possède, à la récolte, un pouvoir de combinaison du SO_2 résultant du métabolisme des micro-organismes cohabitant avec *Botrytis cinerea*. Ce pouvoir combinant augmente avec l'évolution défavorable de *Botrytis cinerea* vers le stade pourriture grise. (graphique 1)

Graphique 1 : Quantités moyennes de dioxyde de soufre combinables par les métabolites combinants



Limiter le pouvoir combinant avant les phases fermentaires

La qualité et la maîtrise des tris successifs restent déterminantes pour l'obtention d'une vendange et d'un vin de qualité.

- Seule la vendange manuelle, particulièrement pour l'élaboration des vins liquoreux, est adaptée à cette recherche de qualité par les tris.

La récolte mécanique impose un tri préalable à la parcelle.

- Les moûts issus de pourriture noble, pratiquement dépourvus de composés phénoliques, sont peu oxydables ; un léger sulfitage (3 à 5 g/hl) limitera le développement des bactéries acétiques et levures indésirables.
- L'ajout de teneurs importantes de SO_2 avant la fermentation risque de conduire à des teneurs en éthanal plus élevées, source de combinaison du SO_2 dans les vins.
- Éviter la trituration des raisins empêche la diffusion dans le moût du glucane de *Botrytis cinerea*, logé sous l'épiderme de la pellicule et responsable de graves difficultés de clarification. Par ailleurs, un pressurage bien conduit (montées en pressions lentes en limitant les rebêches) limite les teneurs en glucane.
- Un débourbage peu poussé est préconisé ; il élimine les particules les plus lourdes et sera sans risques sur la bonne fermentescibilité du moût.

L'addition d'enzymes pectolytiques est sans intérêt.

Raisins botrytisés

La surmaturation recherchée pour l'élaboration de vins à sucres résiduels résulte, la plupart du temps, de phénomènes liés à la botrytisation. Seule une bonne caractérisation du cycle de *Botrytis cinerea* et de la qualité de la pourriture, permet au viticulteur d'optimiser la date et le nombre de tris. Pour cela, un suivi de la maturité, de l'évolution de *Botrytis cinerea* et des indices cités, doit être géré au niveau de la parcelle.

La fragilisation de la pellicule a pour conséquence la prolifération d'une microflore surtout composée de levures oxydatives et bactéries acétiques. Ces micro-organismes sont à l'origine de phénomènes enzymatiques à partir du sucre de la baie et métabolisent des molécules combinant le SO_2.

L'évolution défavorable de *Botrytis cinerea* vers la pourriture grise, augmente ce métabolisme. De la récolte au débourbage, une bonne gestion du SO_2 permet de limiter le pouvoir combinant avant les phases fermentaires, mais la qualité des tris en reste le facteur principal.

Fermentation des vins à sucres r rôle de la levure

Pour une question d'équilibre gustatif, la recherche du taux de sucres résiduels par rapport à un titre alcoométrique acquis, reste l'objectif le plus important. La difficulté se pose aussi bien dans le cas d'un vin demi-sec où l'équilibre peut être atteint rapidement et ne doit pas être dépassé (intervention trop tardive) que dans le cas d'un moût très riche où l'obtention du degré alcoolique souhaité peut s'avérer très longue dans le temps.
Le rôle de la flore levurienne est mis en évidence aussi bien sur l'extraction de la couleur que sur l'exaltation des arômes variétaux de nombreux cépages. Son incidence sur la cinétique fermentaire, mais aussi son pouvoir alcoogène, revêt ici, une tout autre importance.

La comparaison d'un certain nombre de souches commercialisées et connues pour leur aptitudes fermentaires variées, met en évidence leurs comportements différents sur des moûts ou milieux destinés à l'élaboration de vins à sucres résiduels (tableau 3).

Tableau 3 : Caractéristiques des cinétiques fermentaires de 8 souches de levure sur moût ITV France Tours, 2001

Moûts de raisins								
	Moût de Sémillon (270g/l en sucres)				Moût de Sémillon (325g/l en sucres)			
Souche de de levure	**Éthanol** (%vol)/sucres (g/l)	**Éthanal** (mg/l)	**Acide pyruvique** (mg/l)	**Acidité volatile** (g/l H_2SO_4)	**Éthanol** (%vol)/sucres (g/l)	**Éthanal** (mg/l)	**Acide pyruvique** (mg/l)	**Acidité volatile** (g/l H_2SO_4)
Levulia GE7	10,2 / 93	31	25	0,54	15,1 / 71	30	18	1,15
Berger CXL	12,7 / 57	24	4	0,54	17,6 / 29	36	39	1,12
Vitilevure DV10	13,1 / 54	27	11	0,41	17,5 / 34	42	41	0,42
Vitilevure KD	12,1 / 72	50	11	0,41	17,5 / 33	40	34	1,00
Lalvin L-905	12,7 / 61	57	10	0,58	16,4 / 46	45	57	0,95
Lalvin L-2056	14,7 / 33	36	7	0,64	16,8 / 42	50	54	1,30
Lalvin L-2323	11,7 / 75	27	3	0,66	16,7 / 44	32	22	1,30
Zymaflore VL3c	13,8 / 44	27	6	0,40	17,9 / 30	37	39	1,00

Sur de nombreux moûts d'origine différente, l'influence de la souche de levure sur les principales caractéristiques de la cinétique fermentaire est confirmée ;
durée de fermentation, pouvoir alcoogène
et vitesse de dégradation des sucres à l'approche
du point d'équilibre recherché.

résiduels ;

Par rapport à une flore indigène mal adaptée (vitesse de fermentation rapide à l'approche du mutage et équilibre difficile à maîtriser/pouvoir alcoogène limité et degré alcoolique difficile à atteindre pour des vins à forte teneur initiale en sucres), le choix judicieux d'une souche de levure adaptée peut permettre de mieux maîtriser le point d'équilibre sucres/éthanol recherché.

Si un certain nombre de souches de levures présentent un fort pouvoir alcoogène permettant d'obtenir des fermentations complètes sur des moûts riches en sucres (cas des souches VITILEVURE DV 10, LALVIN L-2056), d'autres manifestent de faibles vitesses de fermentation à l'approche du mutage (cas des souches VITILEVURE CHARDONNAY, LEVULIA GE7).

D'autres différences apparaissent entre les souches de levures ; elles portent sur la production d'éthanal, d'acidité volatile ou de SO_2.
À l'approche du point de mutage, la biomasse levurienne est influencée par l'effet combiné des concentrations en sucres et en éthanol. L'effet du pH est important sur la mortalité, plus grande à un pH de 3 par rapport à un pH de 4. Après mutage, le facteur prépondérant pour la stabilité est l'éthanol, en association avec une forte concentration en sucres ou un pH bas. Cela confirme la plus grande difficulté à stabiliser un vin demi-sec qu'un vin moelleux ou liquoreux, à pH équivalent. La durée de la fermentation est d'autant plus longue que le pH est bas.

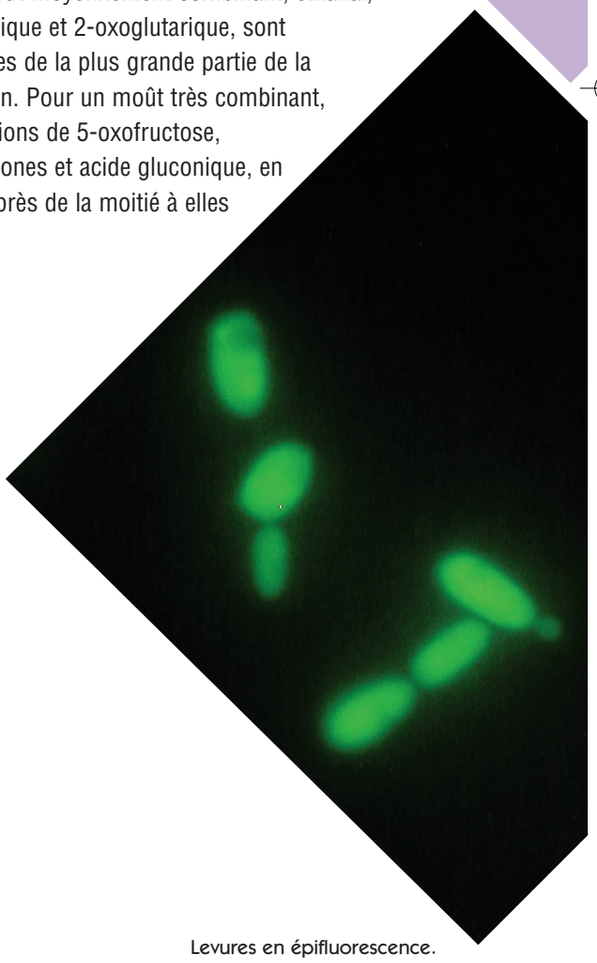
Tableau 4 : Évolution des métabolites combinants au cours de la fermentation

Métabolites combinant le SO_2	Évolution de leur teneur en cours de fermentation
Dihydroxyacétone et glycéraldéhyde	↘
Glyoxal et méthylglyoxal	↘
Acide gluconique, gluconolactones	→
5-oxofructose	→
Ethanal, acide pyruvique	↗
Acide-α-cétoglutarique Acide –2-oxoglutarique	↗

Les molécules combinant le SO_2 dont la concentration augmente pendant la phase fermentaire sont l'éthanal, l'acide pyruvique, l'acide-α-cétoglutarique, l'acide – 2-oxoglutarique. Elles sont effectivement métabolisées par les levures (tableau 4).

Des observations microscopiques avec marquage fluorescent (marqueur de viabilité des cellules), confirment un comportement propre à chacune des souches étudiées au cours de la cinétique fermentaire
(Étude ITV France Tours – 2001).

Ces productions sont liées à la nature de la levure mais également à la composition du moût (tableau 3), notamment son état sanitaire (intensité et qualité de la pourriture).
Pour un moût moyennement combinant, éthanal, acide pyruvique et 2-oxoglutarique, sont responsables de la plus grande partie de la combinaison. Pour un moût très combinant, les productions de 5-oxofructose, gluconolactones et acide gluconique, en expliquent près de la moitié à elles seules.



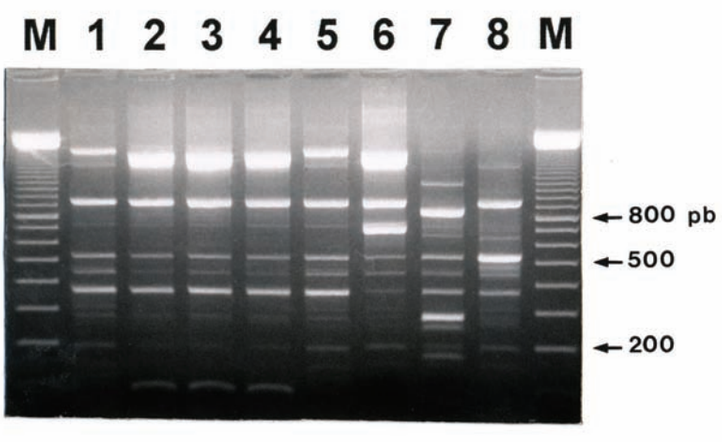
Levures en épifluorescence.

Tableau 5 : Pouvoir de combinaison de trois vins en fonction de leur durée de fermentation (Barbe, 2001).

Moût	Souche	Durée de fermentation	TL 50* sur le vin (mg/l SO_2)
1	Indigène	21	260
	Uvaferm BC	11	415
	Zymaflore ST	18	280
2	Uvaferm BC	8	390
	Zymaflore ST	14	260
	Zymaflore VL3	12	305
3	Indigène	26	350
	Uvaferm BC	15	460
	Zymaflore ST	26	340

* TL50 : SO_2 total nécessaire pour obtenir une teneur finale de 50 mg/l en SO_2 libre

Profil génétique de quelques souches de levures



ITV France - M. Coarer

La durée de la fermentation alcoolique est d'autant plus importante que la richesse initiale en sucres du moût est élevée. Les quantités de glycérol et d'acide acétique formées par les levures augmentent aussi avec la durée de fermentation. Ces productions sont accrues par la présence de substances inhibitrices de la croissance des levures secrétées par *Botrytis cinerea*, qui favorisent la voie de la fermentation glycéropyruvique au détriment de celle de la fermentation alcoolique, et entraînent une production d'acides acétique et cétonique.
Les composés responsables de la combinaison que sont l'éthanal et les acides 2-oxoglutarique et pyruvique, peuvent voir leur concentration diminuer en cours de fermentation, d'autant plus que la fermentation est longue (tableau 5).
Le SO_2 ajouté sur moût entraîne une production d'éthanal (moyen de défense de la levure) avant la phase fermentaire, qui ne pourra être dégradé pendant la fermentation (tableau 6) compte tenu de sa forte affinité avec le SO_2.
En cours de fermentation, un apport d'azote ammoniacal (10 à 20 g/hl de sulfate d'ammonium) ou l'addition de thiamine (50 mg/hl), stimule la croissance des levures et favorise la voie de la fermentation alcoolique au détriment de la fermentation glycéropyruvique. Il en résulte une moindre production d'acides cétoniques comme l'acide pyruvique et l'acide a-cétoglutarique, combinant le SO_2.

Tableau 6 : Pouvoir de combinaison (TL50), teneur en éthanal et écarts entre deux vins obtenus à partir de moûts sulfités ou non (Barbe, 2001).

	TL50 (mg/l SO_2)	Éthanal (mg/l)	Ecart/moût non sulfité pour le TL50 sur vin (mg/l SO_2)
1998			
Moût non sulfité	360	43	-
Moût sulfité à 50 mg/l	400	65	+ 40
1999			
Moût non sulfité	265	53	-
Moût sulfité à 50 mg/l	310	81	+ 45

Souche de levure et pouvoir combinant

La souche de levure réalisant la fermentation alcoolique est, en grande partie, responsable de la synthèse des molécules d'éthanal, d'acides pyruvique et oxo-acides (oxoglutarique et α-cétoglutarique). Ce métabolisme étant variable d'une souche à une autre, le pouvoir de combinaison d'un moût fermenté, au moment du mutage, peut varier très sensiblement en fonction de la souche de levure responsable de la fermentation.
Ainsi, des souches commercialisées, comme ZYMAFLORE ST ou LEVULINE BRG, en comparaison avec d'autres souches ou la flore indigène, donnent les pouvoirs combinants les plus faibles (graphique 3 et tableau 7) indépendamment de la durée de fermentation.
Enfin, l'apport massif et raisonné de SO_2 au moment du mutage doit s'accompagner au préalable, d'un fort ralentissement ou arrêt de l'activité levurienne (abaissement de la température par le froid par exemple), afin d'éviter une production accrue d'éthanal à partir du SO_2 par la levure en activité.

Graphique 3 : Part du CL50 expliquée par l'éthanal et les acides pyruvique et 2-oxoglutarique (EOP) et les autres composés en fonction des souches de levures réalisant la fermentation alcoolique (Barbe, 2001).

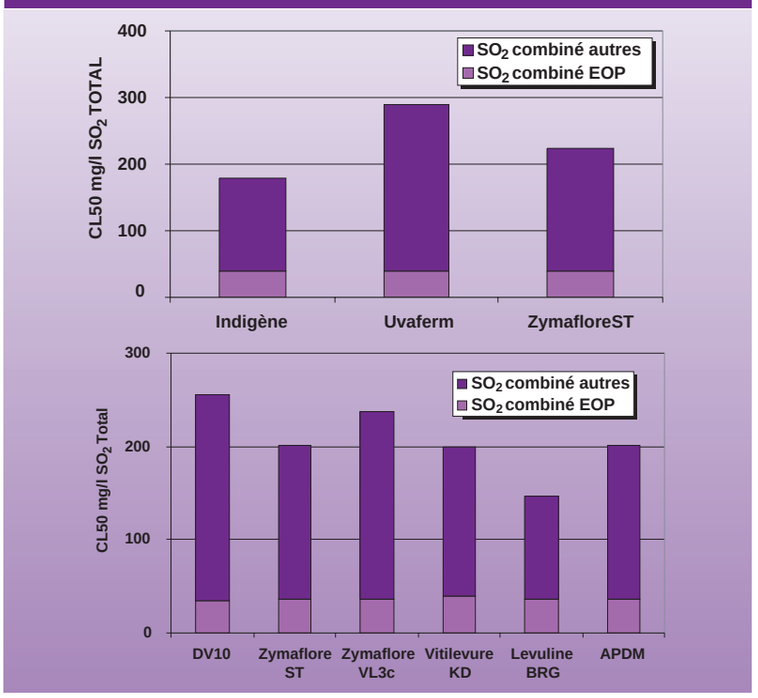


Tableau 7 : Pouvoir de combinaison et teneur finale en SO_2 de vins de chenin en fonction de la souche de levure. (P. Mallier, CA37-2004)

	AOC Montlouis		AOC Touraine-Amboise	
	SO_2 au mutage (g/hl)	SO_2 libre et total après mise (mg/l)	SO_2 au mutage (g/hl)	SO_2 libre et total après mise (mg/l)
2001				
Flore indigène	10	37/242	10 + 6	37/400
Zymaflore ST	10	37/192	10	32/216
2003				
Flore indigène	15	56/229	/	/
Zymaflore ST	15	52/190		

Dans le cadre de l'élaboration des vins à sucres résiduels, la souche de levure a une incidence sur la cinétique fermentaire ; pouvoir alcoogène, durée de fermentation, vitesse de dégradation des sucres à l'approche du point d'équilibre. La souche LEVULIA GE7 par exemple, est, par une faible vitesse de fermentation, adaptée à la maîtrise de l'équilibre alcool/sucres dans la recherche de vins demi-secs à liquoreux.

La levure, au cours de la phase fermentaire, métabolise des molécules combinant le SO_2 comme l'éthanal, qui augmente le pouvoir combinant des vins résultant de la surmaturation et botrytisation du raisin. Le métabolisme de ces molécules est lié à l'état sanitaire de la vendange mais également à la souche de levure réalisant la fermentation.
Sans modifier le type de vin élaboré, une vinification rationnelle des moûts issus de vendanges botrytisées peut permettre, dans le cas notamment de matière première très combinante (effet millésime, état sanitaire), de limiter le pouvoir combinant du vin jusqu'au mutage. Le choix judicieux de la souche de levure (cinétique, production de molécules combinantes) pour pallier une flore indigène mal adaptée, ainsi qu'un apport raisonné de SO_2 sur moût et au mutage (après blocage de l'activité levurienne) peuvent permettre de réduire considérablement (jusqu'à 50 mg/l) les quantités de SO_2 total nécessaires à la stabilisation du vin avant l'élevage.

L'utilisation du froid au mutage

Tableau 8 : Pouvoir de combinaison (SO_2 total nécessaire pour obtenir 50 mg/l de SO_2 libre) en fonction de la technique de mutage (Barbe, 2001 – ITV France, 2001)

	Pouvoir combinant du vin (mg/l SO_2) après mutage
Sémillon 1998	
- mutage à froid	170
- mutage sur lies totales	180
Sémillon 1999	
- mutage à froid	225
- mutage sur lies totales	260
- mutage après filtration	225
Chenin 1999	
- mutage à froid	125
- mutage sur lies totales	135

La sensibilité de la levure aux faibles températures (< 7 °C) aussi bien qu'aux températures élevées (> 30 °C) est bien connue. Très présent et utilisé au cours de l'élaboration des vins (débourbage, régulation thermique, précipitations tartriques), le froid (échangeur, groupe de froid) est tout naturellement devenu le moyen traditionnel qui accompagne le mutage ; son objectif est le blocage de la fermentation quand l'équilibre sucres/alcool est atteint.
Pour un meilleur blocage de l'activité fermentaire, le vin doit être amené à une température proche de 0 °C. L'apport du SO_2 doit être positionné après l'arrêt de l'activité des levures, soit après le refroidissement et après soutirage, pour éviter une combinaison trop importante (due à l'éthanal formé par la levure au contact du SO_2 si cette dernière est encore en activité).
Le mutage sur lies augmente le pouvoir de combinaison des vins et la quantité de SO_2 nécessaire pour les stabiliser. À ce titre, un mutage précédé d'une filtration stérilisante donne les mêmes résultats qu'un mutage effectué après traitement au froid et soutirage (tableau 8).
Des essais ITV France confirment l'intérêt d'un refroidissement avant mutage plutôt qu'un chauffage à 30 °C pour la stabilité du vin et ses qualités organoleptiques.

Approche technico-économique

Le refroidissement des vins facilite leur stabilisation biologique et l'opération de mutage. Il est également très présent dans les chais pour les opérations de débourbage, de maîtrise des fermentations alcooliques, ou encore l'élevage et la conservation des vins.
La situation géographique et climatique, la constitution et l'agencement du chai (isolation, ventilation…) conditionnent les besoins de maîtrise thermique. De même, la cuverie (forme, volume, matériau constitutif, équipement de thermorégulation) est très importante.
La maîtrise thermique peut être envisagée en eau perdue ou en eau recyclée. L'eau sous toutes ses formes (vapeur, liquide ou solide) peut répondre aux besoins ; la solution choisie se fera en fonction des possibilités frigorifiques du moment.
Les générateurs de froid, qui doivent être conformes à la réglementation européenne en matière de sécurité, peuvent utiliser le gaz, le fuel ou l'électricité comme source d'énergie ; le choix, d'ordre pratique ou économique, n'a pas d'influence sur les performances thermiques d'une installation. Les échanges thermiques stables (sans circulation du vin) sont les plus adaptés à la maîtrise des températures dans une cuve. Les matériels les plus répandus sont les échangeurs internes (drapeaux, serpentins) ; l'échange est global (convection et conduction). Associés à un groupe de froid, ils constituent la meilleure solution pour la maîtrise des températures et sont bien adaptés aux petits volumes.

Vins à sucres résiduels et SO_2 : aspects réglementaires

Le règlement CEE n° 1493/1999 (annexe 5) établit des normes pour la teneur en SO_2 total dans les vins ayant une teneur en sucres résiduels supérieure ou égale à 5 g/l. Il fixe cette valeur à 260 mg/l pour les vins blancs et rosés. Par dérogation, cette valeur peut être portée à 300, voire 400 mg/l, pour un certain nombre de vins blancs français en appellation VQPRD (tableau 9).

Tableau 9 : Limite maximale en SO_2 autorisée par dérogation

Teneur maximale autorisée (mg/l SO_2 total)	Vins blancs français en VQPRD concernés
300	Bordeaux supérieur, graves-de-vayres, saint-macaire, sainte-foy-bordeaux, côtes-de-bordeaux, premières-côtes-de-bordeaux, côtes-de-bergerac
400	Sauternes, barsac, cadillac, cerons, loupiac, sainte-croix-de-mont, monbazillac, bonnezeaux, quarts-de-chaume, coteaux-du-layon, 1er cru des coteaux-du-layon, coteaux-de-l'aubance, graves supérieures, jurançon

SO_2 bidon.

Chimie du SO_2

Les multiples propriétés du SO_2 sont précisées dans le Cahier Itinéraires ITV France « La maîtrise du sulfitage des moûts et des vins ».

Dans un moût ou un vin, le SO_2 ajouté se retrouve sous deux formes :

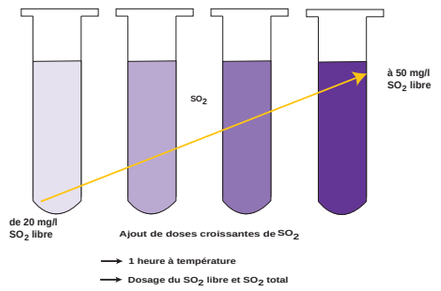
- SO_2 combiné aux métabolites résultant de la surmaturation, pourriture (sur moût) et de la fermentation (activité levurienne)
- SO_2 libre et actif, principalement représenté par la forme HSO_3-.

La forme combinée du SO_2 dépend de la qualité du moût (notamment intensité de la pourriture) et de ses caractéristiques (pH, acidité), des opérations préfermentaires (sulfitage), du mode de vinification et du déroulement de la fermentation alcoolique.

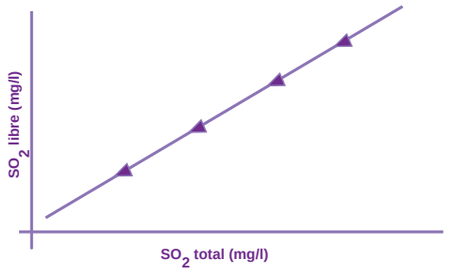
L'utilisation du SO_2 au mutage

Figures 1 et 2 :

Principe de la méthode de Chauvet

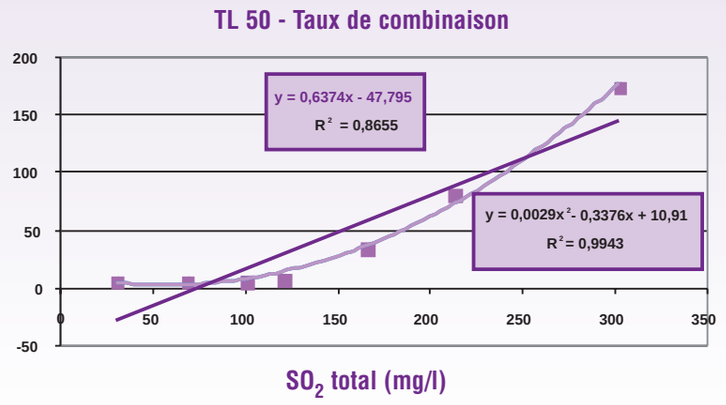


Calcul de la droite de combinaison



Quantité SO_2 à ajouter = SO_2 L+ SO_2C - SO_2 total échantillon départ

Graphique 4 : Exemple de résultats d'un test de combinaison sur chenin (ITV France-Tours, 2002)



Si le froid permet de diminuer, voire de bloquer l'activité levurienne pour ralentir la cinétique de fermentation à l'approche du mutage, le SO_2, par son activité antiseptique, est le seul moyen chimique autorisé et capable de mettre fin à l'activité des levures. Son utilisation (10 à 30 g/hl) est incontournable dans le cadre du mutage, où les teneurs en SO_2 libre recherchées sont de l'ordre de 40 à 60 mg/L selon le pH du vin.

Si la fraction de SO_2 ajouté susceptible d'être combinée peut être évaluée en dosant l'ensemble des molécules (éthanal…) ou autres agents dits combinants (biomasse microbienne, glucose…), il apparaît plus pertinent et beaucoup moins coûteux d'évaluer le **pouvoir combinant** d'un vin avant le mutage. C'est le principe du **test de combinaison** (figures 1 et 2).

Sur l'exemple du graphique 4, les résultats préconisent un ajout de 14,3 g/hl de SO_2 pour obtenir une teneur (TL50) finale après mutage de 40 mg/l en SO_2 libre.

La détermination de la dose de SO_2 adaptée à la stabilisation du vin doit être effectuée si possible juste avant le mutage. En effet, elle permet d'évaluer le potentiel de combinaison lié aux caractéristiques du moût (analytiques : qualité sanitaire, qualité pourriture/ microbiologiques : flore gravitant autour de *Botrytis*) et celui lié à la cinétique fermentaire (éthanal, acides pyruvique et 2-oxoglutarique). Les données présentées dans le tableau 10 montrent la pertinence du test de combinaison : quel que soit le millésime ou le cépage, le pouvoir de combinaison évalué avant le mutage permet, en apportant la dose de SO_2 raisonnée, de retrouver la dose recherchée en SO_2 libre, la plupart du temps.

Sur un moût très combinant (cas des vins du millésime 1999), le test de combinaison a souvent sous-estimé le pouvoir de combinaison réel du vin.

Tableau 10 : Évaluation du taux de combinaison (Test de combinaison) et résultat sur vin (ITV France - 2002)

Millésime	Cépage	AOC	Équilibre alcool (% vol.) / sucres (g/l)	Test de combinaison avant mutage		SO_2 libre (mg/l) 1 semaine après le mutage
				SO_2 libre recherché (mg/l)	SO_2 total nécessaire (mg/l)	
1999	Chenin	Touraine	11,7 / 10	40	160	35
1999	Chenin	Vouvray	12,1 / 20	40	129	38
1999	Chenin	Coteaux-du-layon	11,7 / 71	50	130	26
1999	Sémillon	Côtes-de-bergerac	11,8 / 55	50	215	55
1999	Sémillon	Monbazillac	14,0 / 82	50	359	41
2000	Chenin	Montlouis	12,3 / 25	35	100	37
2000	Sémillon	Monbazillac	13,9 / 92	50	303	46
2001	Sémillon	Monbazillac	13,2 / 116	50	245	45
2001	Chenin	Vouvray	12,7 / 39	35	100	27
2001	Chenin	Coteaux-de-l'aubance	12,5 / 117	50	210	38

Un fractionnement du sulfitage au mutage est à éviter. Si tout ce qui est « combinable » (via le test de combinaison) ne l'est pas dès le premier apport, les ajouts nécessaires à la stabilité du vin entraîneront une teneur finale en SO_2 total plus élevée, pour une même teneur en SO_2 libre recherchée, compte tenu du déficit de SO_2 actif au mutage (tableau 11).

Tableau 11 : Effet du fractionnement sur la teneur finale en SO_2 d'un vin moelleux (ITV France Tours – 2001)

SO_2(g/hl) apporté au mutage	**10**	**8**
SO_2 libre (mg/l) et total (mg/l) 1 semaine après mutage	35 / 152	25 / 133
SO_2 (g/hl) apporté 1 semaine après mutage	-	2
SO_2 libre et total (mg/l) 2 semaines après mutage	31 / 149	23 / 151
SO_2 total (mg/l) ajouté au cours de l'élevage pour viser une teneur en SO_2 libre de 35 mg/l	34	78
SO_2 libre et total (mg/l) en fin d'élevage	**35 / 182**	**34 / 226**

L'utilisation du SO_2 au mutage

Un moût destiné à l'élaboration de vins à sucres résiduels, de par ses caractéristiques, présente souvent dès la récolte, un pouvoir combinant du SO_2 qui ne répond plus aux règles traditionnelles, et qui augmente au cours de la phase fermentaire.
Au mutage, la dose de SO_2 apportée doit intégrer la quantité de SO_2 rendue inactive par combinaison d'une part, celle indispensable à la stabilité microbiologique d'autre part.
Le test de combinaison réalisé juste avant le mutage, permet d'évaluer le pouvoir combinant du vin. Il évite des apports inutiles de SO_2 mais également un fractionnement (pouvoir combinant sous-évalué au mutage) qui engendrent des teneurs plus élevées en SO_2 total dans le vin, pour une même teneur en SO_2 libre.
Le respect de ces règles simples, par une bonne gestion des apports de SO_2 sur moût et sur vin, conduit à ne pas dépasser les teneurs limites autorisées en SO_2 dans les vins.

Alternatives chimiques au SO_2

● **L'acide sorbique** peut être utilisé pour son activité antifongique. Incapable d'arrêter à lui seul une fermentation, il est réservé à la conservation des vins à sucres résiduels. Il renforce l'action du SO_2 mais ne peut le remplacer. Dans ce cadre, il est notamment très utilisé à la mise en bouteilles. **Autorisé** à une dose maximum 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 à l'importance du niveau de population et à la nature des souches de levures. Compte tenu de sa faible solubilité dans l'eau, il est conseillé avant emploi, de préparer une solution concentrée de sorbate de potassium (qui contient 75 % d'acide sorbique), beaucoup plus soluble. Son introduction dans le vin doit se faire lentement, avec un mélange rapide. En dissolvant 270 g/l de sorbate de potassium dans l'eau, on prépare une solution à 200 g/l d'acide sorbique. L'activité antilevurienne de l'acide sorbique 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.

● Étudié depuis quelques années, le **dicarbonate de diméthyl** (DMDC) présente un pouvoir fongicide intéressant. Les études mises en place par ITV France (1999 à 2001 sur sémillon et chenin) confirment les résultats des travaux antérieurs de Bertrand et col. et ceux de Lonvaud-Funel ; l'utilisation au mutage du DMDC seul n'est pas envisageable car il n'a pas, même à forte dose (200 mg/l) une action fongicide suffisante et pérenne pour empêcher une reprise de fermentation. De plus, il ne remplit en rien le rôle contre l'oxydation assuré par le SO_2. Associé à une dose réduite de SO_2, il ne modifie pas les qualités organoleptiques du vin ; c'est seulement sous cette forme qu'une utilisation peut être envisagée. De par son action stérilisante très momentanée, son association au SO_2 au moment de la mise en bouteilles paraît être une voie intéressante à approfondir. Admis par l'OIV, autorisé aux États-Unis sur boissons alcoolisées ou non (dont le vin), le DMDC fait aujourd'hui l'objet d'une **demande d'autorisation** en Europe sur le vin. Si une association DMDC-S SO_2 paraît envisageable, des travaux complémentaires doivent en définir plus précisément les modalités (doses).

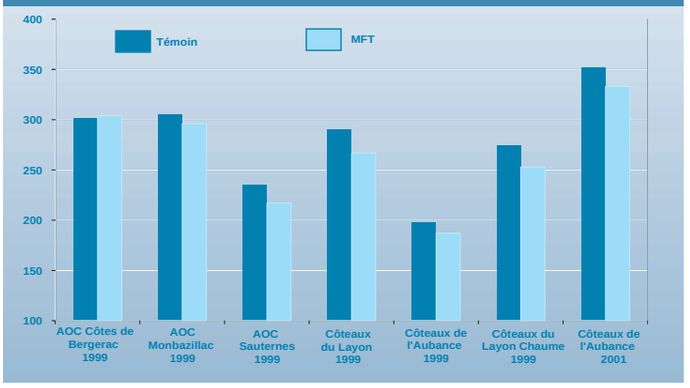
Développement levurien et reprise de fermentation après mise en bouteilles - ITV France.

Mutage par des techniques physiques de stabilisation

La microfiltration tangentielle (MFT)

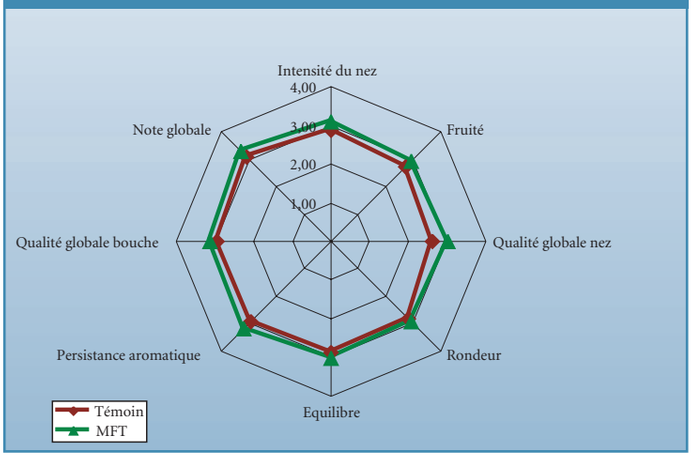
Le principe de la filtration tangentielle (MFT) consiste à faire circuler le liquide à filtrer parallèlement à la surface d'une membrane filtrante, dont le diamètre des pores est de 0,2 µm. ; les particules microniques en suspension dans le vin sont éliminées par passage dans un milieu poreux, sous l'action d'un gradiant de pression.
Les essais menés par ITV France (1999 à 2001) montrent que la MFT permet d'éliminer la totalité de la flore levurienne au mutage. Cette stabilité microbiologique (obtenue beaucoup plus tardivement avec un mutage traditionnel) peut être conservée dans le temps si des mesures d'hygiène sont respectées au cours de l'élevage (pour limiter les recontaminations).
Pour une même teneur en SO_2 libre recherchée au mutage, l'élimination de la totalité de la biomasse entraîne une moindre combinaison. Par rapport à un mutage traditionnel (froid + soutirage) l'économie en SO_2 total, en fin d'élevage, est de **6 % en moyenne** (graphique 5).

Graphique 5 : Gestion du SO_2 ; teneurs en SO_2 total des vins en fin d'élevage – Essai MFT ITV France 2001



La MFT n'entraîne pas de modification de la composition analytique des vins, mis à part une très légère augmentation (7 % en moyenne) de l'intensité colorante sur vins jeunes, qui s'atténue dans le temps. Au niveau organoleptique, six mois après la mise en bouteilles, les vins microfiltrés ne sont pas différenciés de façon significative par rapport à un vin témoin muté traditionnellement. Après deux ans de conservation, ces résultats se confirment (graphique 6) et les écarts observés par rapport à un vin témoin se resserrent.
De récents travaux (ITV France, 2002-2003) mettent en évidence, avec une bonne maîtrise de la MFT (efficacité, hygiène pendant l'élevage) la possibilité de muter, par cette technique, avec des doses de SO_2 et réduites. Tout en restant suffisamment importantes pour éviter tout risque d'oxydation du vin, des teneurs en SO_2 libre plus faibles peuvent être imposées (30 à 40 mg/l au lieu de 50 mg/l), jusqu'à la mise.
Les économies de SO_2 total obtenues en fin d'élevage, sont de l'ordre de 20 à 30 % par rapport à un élevage traditionnel (mutage au froid et recherche de 50 mg/l en SO_2 libre jusqu'à la mise). Cette technique peut s'avérer très intéressante dans le cas de vin particulièrement combinant, si les risques de reprise de fermentation en bouteilles sont maîtrisés par une hygiène rigoureuse jusqu'à la mise en bouteilles.

Graphique 6 : Examen organoleptique après deux ans de conservation en bouteilles Essais MFT sémillon - AOC monbazillac 2001 ITV France Blanquefort



Mutage par des techniques physiques de stabilisation

Unité de flash-pasteurisation (procédé Thermoflash photo Paetzold).

La flash-pasteurisation

Son principe est d'élever la température pendant un temps très court (20 secondes) à environ 76 °C, puis de redescendre à la température initiale aussi rapidement. La technique est aujourd'hui une solution aux problèmes microbiologiques (déviations pendant l'élevage) et constitue une alternative aux filtrations stérilisantes lors de la mise en bouteilles.

Tableau 12 : Contrôles microbiologiques en cours de traitement par flash-pasteurisation – AOC sauternes – ITV France-Blanquefort, 2003

Prise d'échantillon cours de traitement (temps en minutes)	Levures totales (UFC*/ml)	Bactéries acétiques (UFC/ml)	Bactéries en lactiques (UFC/ml)
Avant traitement	1.10^8	10^3	3.10^3
5	< 1	6.10^2	10^2
15	< 1	20	< 1
20	< 1	16	< 1
25	< 1	50	< 1

* UFC : Unités Formant Colonies

Le traitement par flash-pasteurisation (exemple du millésime 2003 sur le tableau 12) 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'incidence sur la composition analytique du vin. Comme pour la microfiltration tangentielle, les vins issus d'un traitement de flash-pasteurisation peuvent être conservés avec de doses moins élevées en SO_2 libre. En visant une teneur en SO_2 libre de 30 mg/l, l'économie finale en SO_2 total atteint 20 à 30 %. L'augmentation des colloïdes totaux (dont les polysaccharides) observée sur les vins flash-pasteurisés rend le milieu plus fermentescible et impose une hygiène encore plus rigoureuse (risques de reprise de fermentation, en cas de recontamination).

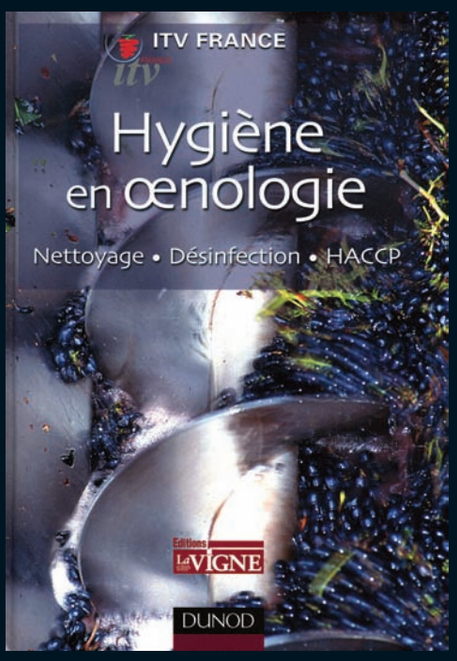
Si la microfiltration tangentielle ou la flash-pasteurisation apportent des solutions satisfaisantes pour la stabilisation microbiologique des vins à sucres résiduels, une approche technico-économique s'impose. Ces techniques restent peu utilisées au moment du mutage car leurs applications sont mal connues, l'investissement reste élevé (petits volumes de vins doux, fréquence des millésimes combinants). La microfiltration 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 services, 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 et en heure. Ces techniques permettent d'envisager une utilisation raisonnée du dioxyde de soufre (réduction des teneurs en SO_2 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 a un intérêt.

Bilan : les bonnes pratiques de mutage

Stade	Objectifs	Risques	Recommandations, pratiques conseillées
Maturation du raisin	• surmaturation (souvent associée à la botrytisation)	• mauvaise évolution du Botrytis (pourri gris, acide)	• bonne connaissance de la parcelle (évolution de la botrytisation) suivis de faciès (fréquence, intensité et qualité de la pourriture) et de l'état sanitaire
Récolte, Phase préfermentaire	• qualité de la vendange (état sanitaire) • limiter le pouvoir combinant du moût • limiter l'extraction de la pourriture • préparer un moût fermentescible	• mauvaise qualité • augmentation du pouvoir combinant lié à la microflore épiphyte • mauvaise fermentescibilité et filtrabilité • extraction excessive de glucanes	• tris manuels (éliminer le « mauvais » pourri) respecter l'intégrité de la vendange en limitant la trituration • limiter le sulfitage du moût
Phase fermentaire	• obtenir l'équilibre sucres/alcool désiré • limiter la production de molécules combinant le SO_2	• arrêt de fermentation ou équilibre mal maîtrisé (flore mal adaptée)	• limiter le débourbage (sans enzymes) • choisir une levure adaptée • maîtrise de la température • suivi régulier de la cinétique fermentaire
Mutage	• limiter l'apport en SO_2 total • stabilisation microbiologique	• SO_2 insuffisant (reprise de fermentation) • SO_2 trop important (dépassement des teneurs autorisées)	• test de combinaison (juste avant le mutage) : apporter la dose suffisante et nécessaire • éviter le fractionnement dans l'apport du SO_2 • freiner l'activité fermentaire (froid) • éliminer la biomasse levurienne (microfiltration tangentielle, flash-pasteurisation)
Élevage, mise en bouteilles	• éviter la recontamination • stabilité microbiologique et physico-chimique	• phénomènes d'oxydation • contamination par la chaîne d'embouteillage • reprise de fermentation	• maintien d'une teneur en SO_2 libre suffisante • bonne hygiène du matériel, contenants et de la chaîne d'embouteillage • éliminer les levures résiduelles (filtration stérilisante)

De la vigne à l'opération de mutage, puis jusqu'à la mise en bouteilles, le tableau ci-dessus reprend les bonnes pratiques qui peuvent être mises en œuvre pour obtenir un vin de qualité, l'équilibre sucres/alcool recherché, la stabilisation du vin et une bonne gestion du SO_2. Cette gestion raisonnée permettra, les années à forte combinaison du SO_2, de respecter les limites autorisées. L'objectif est l'élaboration de vins répondant à l'attente du consommateur en matière de sécurité alimentaire, stabilité du vin et mise en valeur de ses qualités organoleptiques.

Une bonne connaissance des parcelles destinées à l'élaboration de vins doux doit permettre au viticulteur d'optimiser la date de récolte et le nombre de tris selon le type de vin à élaborer. La pourriture grise doit être éliminée. Le choix de la levure contribue à mieux maîtriser l'équilibre recherché et à limiter le métabolisme de molécules combinant le SO_2 au cours de la phase fermentaire. Le test de combinaison détermine la dose de SO_2 nécessaire et suffisante (un apport fractionné en augmenterait la teneur nécessaire jusqu'à 25 %). La combinaison du SO_2 est moindre si l'activité levurienne est freinée, voire stoppée. Pour cela, le froid semble incontournable. L'émergence de techniques physiques comme la microfiltration tangentielle, permet de débarrasser le vin de la biomasse dès le mutage. Très abordables en prestation de service (4 à 5 €/hl), ces techniques permettent de conduire à la stabilisation, jusqu'à la mise en bouteilles, avec des teneurs moindres en SO_2 libre (30 mg au lieu de 50 mg/l) si elle s'accompagne d'une hygiène rigoureuse et d'une filtration stérilisante. Les teneurs finales en SO_2 total, pour certains millésimes combinants, peuvent être ainsi abaissées de 20 à 30 %.



Hygiène en œnologie : Nettoyage – Désinfection – HACCP

Rédigé par une équipe de spécialistes d'ITV France, cet ouvrage donne les clés pour :

- **connaître la réglementation et identifier les souillures**
- **maîtriser les techniques de prévention, de nettoyage et de désinfection**
- **mettre en œuvre un plan d'hygiène, de la vendange à la mise en bouteilles**
- **appliquer des méthodologies éprouvées, comme l'HACCP.**

La collection des cahiers Itinéraires d'ITV France :

N° 1 : L'effeuillage de la vigne ◆ N° 2 : Maîtrise de la fermentation malolactique - L'ensemencement bactérien des vins ◆ N° 3 : La maîtrise du sulfitage des moûts et des vins ◆ N° 4 : L'enherbement permanent de la vigne ◆ N° 5 : Le vignoble dans le paysage ◆ N° 6 : Élevage des vins en fûts neufs de chêne ◆ N° 7 : Maîtrise des tordeuses de la grappe ◆ N° 8 : Gestion des effluents des petites et moyennes caves. ◆ N° 9 : le mutage des vins blancs.

Remerciements :

Claude Cuinier, initiateur de nombreux travaux repris dans cette plaquette.◆ **Partenaires :** J. Bonnet, Vaslin-Bucher à Chalonnes (49) ; M. Bouix, ENSIA Massy ; B. Donèche, Faculté d'œnologie de Bordeaux ; les sociétés Koch, Paetzold SA, Pall et Sofralab.◆ **Domaines :** Société Duluc à Budos (33) ; Société Bonny à Rouffignac (24) ; Château de Fesles à Thouarcé (49) ; Domaine Sainte-Anne à Bressac-Quincé (49) ; Château Turpin à Champs sur Layon (49), Domaine de la Brie à Monbazillac (24) ; Château de la Tour Blanche à Sauternes (33) et aux nombreux viticulteurs des AOC Vouvray (37), Montlouis (37), Touraine et Touraine-Amboise (37) pour leur aimable participation.

Pour plus de renseignements :

Pascal Poupault, ITV Tours, pascal.poupault@itvfrance.com ◆ Emmanuel Vinsonneau et Mickaël Anneraud, ITV Bordeaux, emmanuel.vinsonneau@itvfrance.com ◆ Fabrice Benesteau, ITV Angers, fabrice.benesteau@itvfrance.com ◆ Eric Meistermann, ITV Colmar, eric.meistermann@itvfrance.com

Quelques références :

Bibliographie : Les cahiers Itinéraires d'ITV France : la maîtrise du sulfitage des moûts et des vins, 2002 ◆ J.C. BARBE – La combinaison du dioxyde de soufre dans les moûts et les vins issus de raisins botrytisés, 2003 ◆ E. VINSONNEAU - Mutage sur vins moelleux et liquoreux : synthèse de trois années d'essais d'utilisation de la microfiltration tangentielle, 2004◆ P. POUPAULT – Gestion de la fermentation alcoolique et des opérations de mutage ; optimisation de la gestion du mutage du point de vue microbiologique. ◆

CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONNEL DE LA VIGNE ET DU VIN
19, RUE DU GÉNÉRAL-FOY – 75008 PARIS. www.itvfrance.com