

Que fait le soufre dans le vin ?

Volker Schneider

99,5% de tous les viticulteurs affirment que sans SO₂ aucun vin acceptable ne peut être obtenu. Mais en réalité, que font les tristement célèbres sulfites dans le vin ? Ne peut-on y renoncer ? Est-il au moins possible de réduire la quantité de soufre dans le vin ?

Tout d'abord, il faut dire que le vin n'est pas traité avec du soufre, mais au plus avec de l'anhydride sulfureux (SO₂). Le soufre élémentaire est une poudre jaune dont la combustion produit l'anhydride sulfureux qui est employé en vinification. En milieu liquide, il réagit en grande mesure à l'acide sulfureux. Ce dernier est partiellement présent à l'état de ses sels qu'on appelle des sulfites. Les désignations d'anhydride sulfureux, dioxyde de soufre, SO₂, acide sulfureux ou sulfites sont utilisées comme des synonymes, alors que la désignation de soufre ne correspond nullement aux réalités.

La combustion du soufre émane des vapeurs dont l'effet conservateur sur le vin était déjà connu par les cultures de l'Antiquité. Depuis le Moyen Âge au plus tard, cet effet fut employé dans les régions vinicoles du centre de l'Europe. Depuis cette époque aussi, et surtout à partir du XXe siècle, l'utilisation de l'anhydride sulfureux s'est vue de plus en plus restreinte, les doses d'emploi admises étant réduites successivement. Ceci n'a été possible sans préjudice pour la qualité du vin que par un meilleur équipement technique des caves et par des connaissances œnologiques approfondies qui ont permis d'utiliser l'anhydride sulfureux de façon plus raisonnée et précise.

Au début, la croissante délimitation des valeurs maximales permises de SO₂ se devait surtout à des raisons toxicologiques. La justification objective de ce type de considérations n'est pas très solide du fait que le corps humain lui-même, dans le processus de décomposition des protéines, produit près de 2000 mg de SO₂ par jour qui sont transformés en sulfates par voie enzymatique et, comme tels, évacués dans l'urine. Le fait de consommer une bouteille de vin contenant près de 100 mg de SO₂ par jour provoque une augmentation de SO₂ dans le corps humain de 5% seulement, ce qui ne pose guère un problème toxicologique. En tout cas, il ne peut pas être tenu responsable d'une indisposition le lendemain.

L'obligation en vigueur dans l'UE depuis 2005 de déclarer l'anhydride sulfureux sur les étiquettes de vin s'adresse principalement aux personnes allergiques. En effet, un petit pourcentage de la population, spécialement les asthmatiques, se montre sensible à l'absorption orale de l'anhydride sulfureux. Ils doivent également éviter d'autres stimulants et aliments comme les fruits secs, les légumes marinés ou la poudre de pommes de terre, du fait qu'ils contiennent aussi du dioxyde de souffre comme conservateur.

Lorsque les viticulteurs s'efforcent de maintenir le niveau de SO₂ dans leurs crus le plus réduit possible, ils essaient surtout de faire de sorte que leur vin soit considéré comme un produit le

plus naturel possible. Par définition, le vin est obtenu par fermentation du jus issu de raisins frais. Surtout les viticulteurs travaillant d'après des méthodes biologiques ou organiques se laissent guider par cette définition originale et puriste du vin, en réduisant au maximum l'utilisation d'additifs exogènes. Dans ce sens, l'utilisation de l'anhydride sulfureux est mise en question de temps en temps. Les questions qui se posent se résument de la façon suivante: Quelles fonctions doit-il remplir, quand et quelles quantités faut-il en utiliser, comment réduire les doses employées, et comment faire pour produire des vins sans SO₂ ajouté?

La combinaison du SO₂ est responsable des teneurs élevés en SO₂ total

L'anhydride sulfureux joue trois rôles essentiels dans le vin : Une stabilisation microbiologique, une protection face à l'oxydation ainsi que la combinaison de produits secondaires de la fermentation avec activité aromatique.

Pour que le SO₂ puisse remplir ces fonctions dans le vin, il doit se trouver sous sa forme libre. Cependant, cela n'est le cas que partiellement. Une quantité variable et souvent élevée se trouve à l'état combiné dans le vin. La somme des deux formes, SO₂ libre et SO₂ combiné, donne le SO₂ total. Voilà à quoi se rapportent les niveaux maximaux autorisés par la loi. Pour que les niveaux de SO₂ se maintiennent le plus bas possible, on a intérêt à réduire le niveau de SO₂ combiné. Il n'a aucune utilité pour la stabilisation et la conservation du vin. La seule manière de le réduire consiste à baisser la concentration des composés du vin qui sont responsables de sa combinaison. Pour cela, plusieurs possibilités œnologiques sont disponibles. Afin de comprendre leur action, il s'impose une analyse plus détaillée des substances susceptibles de combiner du SO₂.

Combinaison du SO₂ par l'acétaldéhyde

L'acétaldéhyde est le plus important des composés qui réagissent avec le SO₂. Un mg est responsable de la combinaison de 1,45 mg de SO₂. Seulement à partir du moment où l'acétaldéhyde se trouve complètement combiné au SO₂, il peut y rester du SO₂ sous sa forme libre. Le SO₂ libre et l'acétaldéhyde libre s'excluent l'un à l'autre. La caractéristique principale de l'acétaldéhyde libre est son odeur typique à purée de pommes ou vin de sherry considéré comme un défaut dans les vins fruités.

L'acétaldéhyde est issu du métabolisme des levures et constitue un produit secondaire de la fermentation alcoolique. Sa synthèse dépend des conditions de la fermentation. Plus la fermentation est lente et réprimée, plus il s'accumule dans le vin et, par conséquent, plus il faudra employer du SO₂ pour sa saturation. Dans des conditions de fermentation optimales, les niveaux à atteindre peuvent être de 3 mg/L ou moins. Par contre, si la fermentation est languissante, les concentrations produites peuvent être bien supérieures. Les raisons les plus fréquentes de fermentations languissantes sont une température trop basse, un débourbage trop

poussé, des carences nutritionnelles des levures, un levurage trop faible ou avec une souche inadaptée ainsi que de forts taux de sucre. Surtout quand une fermentation inachevée reprend plus tard de façon incontrôlée, des concentrations extrêmes d'acétaldéhyde peuvent être produites. Ces reprises de fermentation postérieures dans des vins avec du sucre résiduel sont, le plus souvent, responsables d'une consommation excessive de SO₂. Dans ce cas-là, il s'agit des vins qui n'accusent du SO₂ libre que lorsque les limites légales de SO₂ total sont dépassées.

Si l'on ajoute du SO₂ en phase préfermentaire comme c'est souvent le cas, la levure le conçoit comme toxique et essaie de s'en débarrasser. À cette fin, elle synthétise une quantité équivalente d'acétaldéhyde pour le combiner. Le SO₂ combiné à l'acétaldéhyde est sans aucun effet sur les levures. Par exemple, si l'on ajoute, dans un cas typique, 50 mg/l de SO₂ avant le départ en fermentation, près de 25 mg/L en seront éliminés du système par oxydation aux sulfates. Les 25 mg/L qui restent se combinent à l'acétaldéhyde et augmentent, dans tous les cas, le niveau de SO₂ total dans le vin achevé.

D'autre part, les levures sont capables de produire de l'acétaldéhyde même après la fin de la fermentation alcoolique si le vin non filtré absorbe de l'oxygène atmosphérique. Ceci est dû à l'oxydation enzymatique de l'éthanol par une enzyme appelée 'aldéhyde déshydrogénase' constitutive des levures. S'il y a suffisamment de cellules de levure en suspension dans le vin jeune, celles-là seront capables de consommer l'oxygène et de l'empêcher de réagir avec le vin. Par contre, si après quelques mois, cette capacité des levures à consommer de l'oxygène est épuisée, il sera utilisé dans la synthèse d'acétaldéhyde. Aussi bien l'état biochimique des levures en phase post-fermentaire que la quantité d'oxygène dissoute après la fermentation sont d'importance considérable pour la consommation de SO₂ par les vins blancs.

Dans le vin filtré, on connaît aussi une oxydation purement chimique d'éthanol en acétaldéhyde s'il y a dissolution d'oxygène. Cette oxydation est catalysée par des substances phénoliques et peu importante dans les vins blancs généralement pauvres en composés phénoliques. Pourtant, elle joue un rôle majeur pendant la micro-oxygénéation des vins rouges ou leur conservation en conditions semi-oxydatives sous bois. Dans les vins rouges riches en tanins, l'acétaldéhyde ainsi produit se voit simultanément éliminé par combinaison aux tanins. Du fait de cette réaction, les vins rouges ont tendance à contenir moins d'acétaldéhyde et de SO₂ combiné que les vins blancs. Dans l'ensemble, la formation purement chimique d'acétaldéhyde a peu d'effet sur la capacité des vins de combiner du SO₂.

Combinaison du SO₂ par d'autres sous-produits de la fermentation alcoolique

Au-delà de l'acétaldéhyde, le vin contient d'autres composés carbonylés capables de combiner du SO₂. Cependant, ces combinaisons sont moins stables et se trouvent en équilibre dynamique avec le SO₂ libre. Elles représentent un dépôt susceptible de fournir du SO₂ libre

en cas de diminution de celui qui existe, par exemple pendant l'oxydation lente lors de la conservation des vins. Dans ce sens, elles sont plus utiles pour le bilan du SO₂ que l'acétaldéhyde qui forme une combinaison stable avec le SO₂.

Parmi les composés produisant des combinaisons moins stables avec le SO₂ se trouvent aussi l'acide pyruvique et l'acide cétoglutarique. Ils sont également des produits secondaires de la fermentation alcoolique dont la synthèse peut être réduite considérablement par des ajouts de thiamine (vitamine B1). Ces ajouts contribuent à une réduction du besoin en SO₂ dans les vins blancs; ils sont pratiquement indispensables dans le cas des moûts issus de vendange botrytisée dans lesquels la thiamine a été épuisée par l'action de la moisissure.

Pendant la fermentation malolactique (FML), les acides pyruvique et cétoglutarique sont dégradés par les bactéries impliquées. C'est une des raisons pour lesquelles les vins rouges, inconcevables sans FML, tendent à accuser des teneurs en SO₂ total plus faibles que les vins blancs.

Une combinaison de SO₂ plus accentuée se produit systématiquement dans des vins issus de vendanges botrytisées. Dans ce cas, ce n'est pas seulement le botrytis comme tel qui est à l'origine de ce comportement. Sur les baies affectées, des levures se multiplient pour fermenter le jus qui sort des tissus endommagés et produire des composés mentionnés avant, susceptibles de combiner du SO₂. De plus, certaines bactéries commencent à dégrader les sucres par voie oxydative qui amène à l'accumulation de nombreux composés carbonylés combinant du SO₂. Uniquement dans les vins très sucrés de type vin doux naturel, le sucre joue un rôle dans la combinaison du SO₂.

Combinaison du SO₂ par des composés non issus de la fermentation

Un autre des composés carbonylés est la xylosone. Elle surgit par l'oxydation de l'acide ascorbique, contenu naturellement dans le moût ou ajouté au cours de la vinification, en acide déhydroascorbique qui, à son tour, se transforme en xylosone en présence de SO₂. La xylosone est responsable des besoins en SO₂ légèrement plus élevés dans des vins qui ont subi des ajouts d'acide ascorbique avant ou après la fermentation alcoolique.

Dans les vins rouges, les anthocyanes interviennent dans l'équilibre complexe entre le SO₂ libre et le SO₂ combiné. Les anthocyanes se combinent de façon hautement réversible au SO₂ en se transformant en produits d'addition incolores. Contrairement à la combinaison acétaldéhyde-SO₂, ces produits se décomposent rapidement après acidification du vin de manière que lors de la titration iodométrique du SO₂ libre, le SO₂ combiné aux anthocyanes est déterminé en tant que SO₂ libre. De même, au cours du vieillissement des vins rouges, du SO₂ est libéré de cette combinaison au fur et à mesure que les anthocyanes diminuent par polymérisation avec les tanins, produisant des pigments avec moins d'affinité au SO₂.

Méthodes pour réduire la teneur en SO₂

Comme démontré par les explications précédentes, des teneurs élevées en SO₂ total se doivent, avant tout, à des concentrations élevées de produits secondaires de la fermentation alcoolique susceptibles de combiner du SO₂. Ce n'est qu'à partir du moment où ces produits sont saturés de SO₂ qu'il y reste du SO₂ sous sa forme libre souhaitée. Seulement le SO₂ libre protège contre l'oxydation, la dégradation microbiologique et l'odeur caractéristique à l'acétaldéhyde libre.

Le premier pas pour économiser du SO₂ passe, logiquement, par une réduction des sous-produits de la fermentation alcoolique qui combinent du SO₂ par moyen d'une optimisation des conditions de fermentation. Cette démarche inclut :

- un approvisionnement nutritionnel adéquat du levain,
- une parfaite gestion du régime thermique de la fermentation,
- la prévention de re-fermentation postérieure dans des vins avec fermentation inachevée,
- réduction ou absence des apports de SO₂ en phase préfermentaire
- une fermentation malolactique si compatible avec le type de vin à produire.

Ainsi, dans des conditions optimales, on peut produire des vins dont la teneur en SO₂ libre correspond à plus de 50 % de leur teneur en SO₂ total, par exemple 40 mg/L de SO₂ libre pour 60 mg/L de SO₂ total.

Tandis que les mesures à prendre pour optimiser la cinétique fermentaire sont largement connues, on observe une certaine insécurité en ce qui concerne les apports de SO₂ en phase préfermentaire. Bien que ces apports augmentent le SO₂ combiné dans les vins, ils sont très propagés et employés dans de vastes secteurs de la production vinicole. La justification a recours à deux arguments :

- La perte d'arômes par oxydation du moût. Dans ce cas, on s'attend à retrouver dans le vin les phénomènes sensoriels connus des moûts oxydés. Cette conclusion erronée se doit à la méconnaissance totale des différences entre l'oxydation du moût et celle du vin. L'oxydation des moûts blancs agit même contre l'oxydation des vins par élimination de polyphénols oxydables et stabilisation de l'arôme fruité (voir aussi : <http://www.ithaka-journal.net/die-kunst-gezielter-oxydation-teil-1-mostoxidation>, en langue allemande).
- La formation d'acidité volatile et / ou d'acétate d'éthyle par la flore spontanée de levures et bactéries. Le SO₂ devrait, alors, inhiber les micro-organismes nuisibles et induire une sélection des levures dites positives. Cette démarche est justifiée dans le cas d'une vendange pourrie ou de fermentation spontanée. Cependant, on ne doit pas ignorer que les micro-organismes néfastes qui colonisent le moût sont uniquement de nature aérobiose : Leur activité exige la présence d'oxygène dissout. Celui-ci est consommé immédiatement par les levures à partir du moment où le moût entre en fermentation. Un départ en fermentation rapide, assuré par un fort

levrage afin de réduire la phase critique de latence, est le moyen le plus sûr pour garantir la stabilité microbiologique avant la fermentation.

Combien de SO₂ libre le vin exige-t-il ?

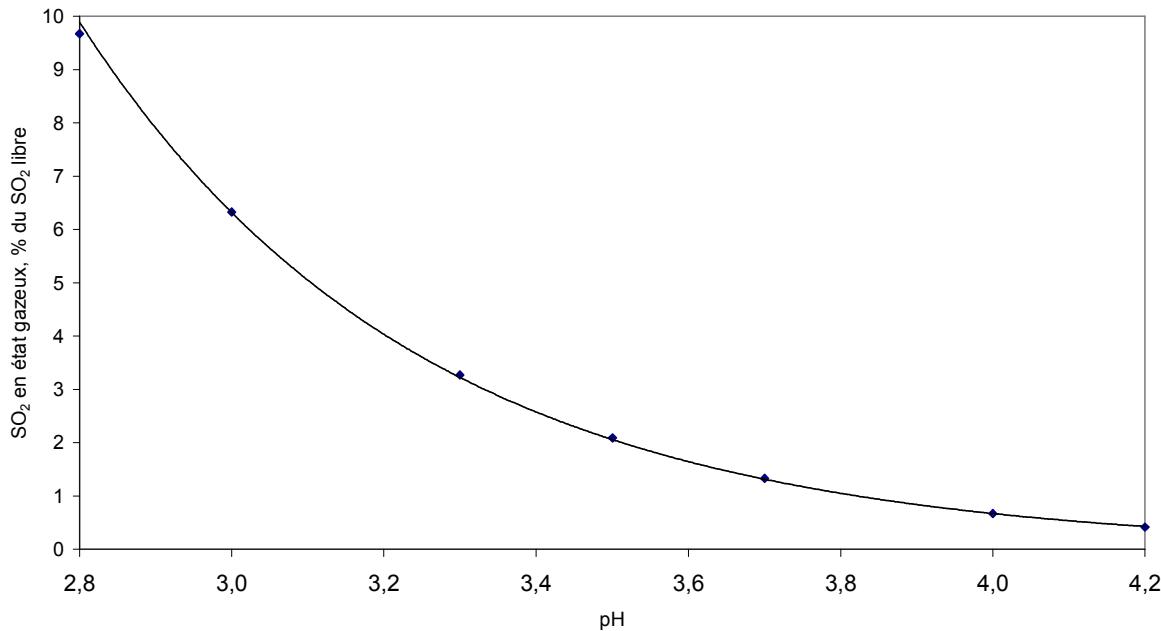
Une autre méthode pour réduire le SO₂ total consiste à loger et embouteiller le vin avec de faibles teneurs en SO₂ libre. Cette démarche peut affecter la stabilité microbiologique du vin aussi bien que sa résistance au vieillissement oxydatif.

La fraction de l'anhydride sulfureux libre qui est à la fois microbiologiquement active et accessible à l'odorat correspond au SO₂ qui se trouve effectivement à l'état de gaz dissout. Les autres fractions de l'anhydride sulfureux libre sont les ions de sulfite (SO₃²⁻) et de bisulfite (HSO₃⁻). Le pourcentage d'anhydride sulfureux libre existant sous forme de SO₂ gazeux dépend strictement du pH, tel qu'il est démontré par la figure 1. Les vins de pH bas sont logiquement favorisés par rapport à leur stabilité biologique car la part microbiologiquement active de l'anhydride sulfureux libre augmente de façon logarithmique quand le pH diminue. Ce comportement est essentiel pour la conservation des vins non filtrés, mais il perd son importance si le vin se conserve à des températures très basses ou après embouteillage en conditions stériles.

Plus difficile à résoudre est la question de la protection contre l'oxydation. L'oxydation suppose l'absorption d'oxygène telle qu'elle se déroule à travers le bouchon après la mise en bouteille. En passant par une chaîne de produits intermédiaires, une part de cet oxygène finit par réagir avec l'anhydride sulfureux libre qui, à son tour, est oxydé en sulfate et sort du bilan du SO₂. Quand l'anhydride sulfureux libre est finalement épuisé en totalité, le vin se trouve exposé à l'oxydation sans aucune protection. En même temps, l'odeur d'acétaldéhyde libre commence à se manifester.

En ce qui concerne la protection contre l'oxydation, la teneur absolue en anhydride sulfureux libre est moins importante que sa stabilité dans le temps. Après la mise en bouteille, sa stabilité dépend de l'étanchéité du bouchon. Les capsules à vis dotées de joints avec feuille d'étain offrent une protection presque hermétique contre la diffusion d'oxygène atmosphérique; ils permettent la mise en bouteille avec des taux plus bas de SO₂ libre. La plupart des bouchons synthétiques, à l'état actuel de leur développement, se comportent à l'opposé. Ils exigent un niveau plus élevé de SO₂ libre pour la mise en bouteille. Entre ces deux extrêmes, les bouchons de liège traditionnels occupent une position intermédiaire avec une étanchéité hautement variable. Dans tous les cas, le niveau de SO₂ libre, les bouchons et les conditions de conservation doivent être ajustés les uns par rapport aux autres.

Fig. 1: Pourcentage de la fraction en état gazeux du SO₂ en fonction du pH.



Particularités de l'élaboration de vins sans SO₂ ajouté

Dans le secteur vinicole, de temps en temps apparaissent des aspirations à créer des vins sans aucun ajout de SO₂. Ceci s'explique par des raisons purement éthiques ou par l'intention d'escamoter la déclaration du SO₂ sur l'étiquette en vigueur pour les vins contenant plus de 10 mg/L de SO₂ total. Si l'on utilise des techniques appropriées et prend certaines mesures de précaution, cette démarche peut fonctionner sans que les vins créés s'éloignent trop du goût habituel.

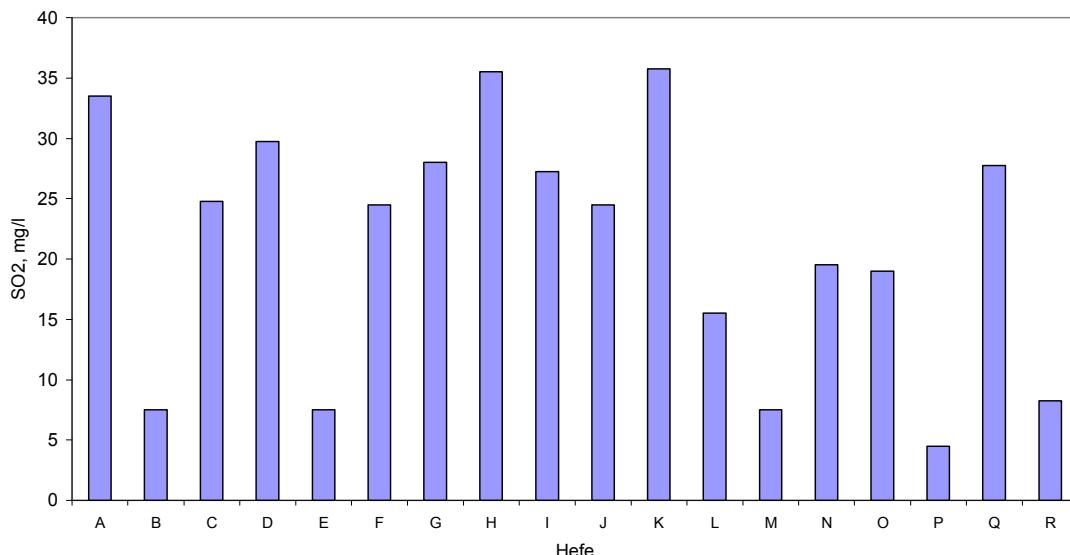
Comme point de départ, il faut prendre en compte que toutes les levures produisent des quantités variables de SO₂. Son précurseur est le sulfate qui se trouve naturellement dans tous les jus à une concentration de 200 mg/L en moyenne. En première approximation, la synthèse de SO₂ dépend de la souche de levure qui contrôle la fermentation, mais la composition du moût a aussi une certaine influence. La figure 2 reprend la moyenne de la production de SO₂ par 18 souches de levures différentes sur quatre moûts de raisin.

L'élaboration de vins dits « sans sulfites » non pas soumis à l'obligation de déclarer le SO₂ sur l'étiquette requiert l'utilisation d'une levure qui produit moins de 10 mg/L de SO₂. Parmi les souches commerciales, peu en sont capables. En fermentation spontanée, la synthèse de SO₂ n'est ni connue ni calculable car la souche dominante n'est pas connue.

De plus, les conditions de fermentation doivent être maîtrisées de façon que pratiquement aucun acétaldéhyde ne soit produit. Sous sa forme libre, non combinée au SO₂, il serait responsable de l'arôme d'oxydation décrit auparavant. Des traces, jusqu'à 3 mg/L d'acétaldéhyde, sont pourtant acceptables parce qu'elles seront combinées au SO₂ produit

simultanément. Une fermentation malolactique peut se révéler utile pour réduire le taux d'acétaldéhyde, mais elle n'est pas obligatoire.

Fig.: 2: Synthèse d'anhydride sulfureux par différentes souches de levure pendant la fermentation alcoolique. Moyenne de quatre moûts pour chaque souche.



Pour prévenir les déviations aromatiques par oxydation après la fermentation, et surtout après la filtration, la conservation et tous autres traitements doivent se dérouler sous des conditions absolument inertes. A cette fin, on dispose des techniques d'exclusion totale d'oxygène connues de l'industrie brassière, mais pourtant difficiles à mettre en œuvre dans les entreprises vinicoles. Elles comprennent une inertisation systématique de toutes les cuves et de la chaîne technologique au moyen d'un gaz inerte tel que l'azote, le gaz carbonique ou l'argon. En cas de nécessité, des teneurs trop élevées en CO₂ peuvent se réduire par un barbotage d'azote. En filtration finale, des membranes de 0,2 µ sont recommandées pour assurer une stérilité parfaite car il n'y aura aucune protection microbiologique par le SO₂. Des capsules à vis de haute étanchéité s'adaptent à la démarche du conditionnement inerte du vin. Par ailleurs, dans le cas des vins blancs, un traitement nettement oxydatif du moût s'impose parce qu'il contribue à la stabilité du vin futur contre le vieillissement oxydatif. Si ces règles élémentaires ne sont pas respectées dans l'élaboration des vins non sulfités, il peut y avoir d'importantes déviations du profil aromatique habituel des vins fruités et de sérieux problèmes de conservation.

Sous les conditions inertes décrites, les vins rouges ne subissent que très peu de vieillissement tel qu'on le connaît des vins rouges traditionnels. Cependant, leur tanin est capable de combiner des quantités considérables d'oxygène et d'acétaldéhyde sans conséquences sensorielles. Pour cela, les vins rouges non sulfités peuvent supporter un traitement à tendance plus oxydative. Leurs teneurs en tanins, anthocyanes et ellagitanins extraits du bois

conditionnent leur comportement vis-à-vis de l'oxygène et déterminent la quantité qu'ils peuvent en supporter. Une recherche plus poussée dans ce domaine serait souhaitable.

Résumé

Une réduction des ajouts de SO₂ requiert, tout d'abord, une optimisation des conditions de fermentation alcoolique avec le but de minimiser la synthèse des sous-produits de la fermentation susceptibles de combiner du SO₂. Parmi ces derniers, il faut souligner l'importance de l'acétaldéhyde qui, sous sa forme libre et non combinée au SO₂, présente une odeur caractéristique rejetée comme défective dans les vins fruités. La vinification sans ajouts de SO₂ en phase préfermentaire est un deuxième pas. La mise en bouteilles avec des teneurs plus réduites en SO₂ libre n'est possible que si l'on tient compte de la diffusion d'oxygène à travers le bouchon. L'élaboration des vins sans aucun ajout de SO₂ exige, surtout dans le cas des vins blancs, une protection absolue contre l'oxygène atmosphérique après la fermentation telle qu'on la connaît des brasseries afin de ne pas compromettre leur typicité et stabilité. Les vins rouges sans SO₂ libre sont moins sensibles à l'oxydation.