# L'EMBOUTEILLAGE STÉRILE A FROID DES VINS TRANQUILLES, PERLES ET MOUSSEUX

H. MÜLLER-SPÄTH

Laboratoire Œnologique et Microbiologique, Seitz-Werke
Bad-Kreuznach (République Fédérale d'Allemagne)

Par suite du grand nombre de méthodes d'embouteillage recommandées depuis ces dernières années, la notion d'embouteillage stérile à froid a perdu de sa précision. Habituellement elle signifie embouteillage à la température ambiante avec suppression des levures et des bactéries par filtration stérilisante. Le terme technique « embouteillage stérile à froid » a été déformé et désigne, également aujourd'hui, un embouteillage à froid présentant une faible teneur en microorganismes, avec utilisation de Baycovin (ester diéthylique de l'acide pyrocarbonique) et l'acide sorbique, lorsque l'emploi de ces deux produits est autorisé.

Pour l'embouteillage à chaud du vin et des boissons sans alcool on parle souvent d'embouteillage stérile. Dans différents pays on emploie pour cette méthode l'expression « thermolisation ». L'embouteillage « normal » est celui qui est suivi d'une pasteurisation en bouteille.

Les considérations qui vont suivre se rapportent principalement à l'embouteillage stérile à froid après filtration sur plaques stérilisantes éliminant totalement les levures et les bactéries susceptibles de provoquer l'altération du vin en bouteille.

## INTRODUCTION

Autrefois, après la vinification et avant sa commercialisation, le vin était conservé pendant des années afin d'obtenir sa totale stabilisation. De nos jours, cette longue conservation est seulement réservée à certains vins de qualité ; aujourd'hui, pour des raisons économiques évidentes, ainsi que pour tenir compte d'une évolution du goût du consommateur, la stabilisation doit se faire en un temps relativement court. On dispose à cet effet de divers procédés, qui varient en fonction des circonstances pratiques. Plus que jamais, le consommateur exige des vins jeunes et frais ainsi que des vins mousseux dont le mœlleux a été intentionnellement accentué.

La mise sur le marché de vins contenant une certaine quantité de sucres résiduels, a l'avantage de faciliter leur vente mais, en contrepartie, présente l'inconvénient d'une éventuelle altération biologique si l'on ne prend pas les mesures nécessaires pour en assurer la stabilité.

Des vins ayant une teneur résiduelle en sucres réducteurs d'environ 3 g par litre peuvent se troubler par fermentation secondaire au point d'être refusés par la clientèle. Dans les vins peu acides et pauvres en alcool — même dans ceux ne contenant plus de sucre — les bactéries peuvent provoquer des altérations biologiques.

Le champagne et les vins mousseux, quand ils sont traités avec soin, ne présentent guère le risque de telles altérations en bouteille ; ceci n'est cependant pas toujours le cas. On ne peut garantir par exemple la stabilité de l'**Asti spumante** que si l'on a utilisé une des méthodes d'embouteillage mentionnées ci-dessus. Dans le cas du champagne et des vins mousseux contenant beaucoup d'alcool et de gaz carbonique, les levures et bactéries sont pratiquement incapables de se multiplier, surtout si le nombre de cellules est faible ; Il y a quelques années, le suisse BOHI avait recommandé de stabiliser les jus de raisin par addition de 15 grammes d'acide carbonique par litre. Dans le cas des vins tranquilles ou mousseux quelques grammes de $CO_2$ peuvent être compensés par l'action toxique de l'alcool sur les levures et les bactéries. Des vins mousseux comme l'**Asti spumante** d'une teneur en sucres d'au moins 90 g par litre ne sont pas nécessairement stables malgré la présence d'alcool et de gaz carbonique. Les vins mousseux ayant été tranvasés peuvent également refermenter, si après transvasement, la teneur en gaz carbonique a diminué et si le nombre de levures provenant de la bouteille vide est élevé.

## LA PREPARATION DU VIN POUR L'EMBOUTEILLAGE

Il est aujourd'hui suffisamment connu que l'embouteillage stérile à froid, comme d'ailleurs toute autre méthode d'embouteillage, ne constitue pas un remède universel contre les risques de troubles en général. Les vins doivent donc être stabilisés physiquement et chimiquement avant la mise en bouteilles.

Avec cette technique, la présence de protéines thermo-sensibles, nuisibles vis à vis de la qualité, gêne moins que dans le cas de l'embouteillage à chaud ou dans celui de la pasteurisation en bouteille ; de même, pour les vins mousseux, on a montré que la tenue de mousse peut être

influencée défavorablement par les traitements à la bentonite. Il importe cependant de diminuer, avant l'embouteillage, la teneur en sels de métaux lourds de façon à la rendre la plus faible possible.

Un problème délicat et restant encore partiellement non résolu est celui de l'oxydation prématurée, entraînant un vieillissement du vin. On a fait souvent des efforts importants pour éliminer au maximum l'influence de l'oxygène au cours de l'embouteillage ; l'oxydation, en effet, entraîne d'irréparables dommages. Si le mot bien connu de PASTEUR : « C'est l'oxygène qui fait le vin » possède encore aujourd'hui de la valeur, c'est à l'œnologue qu'il appartient de rechercher la teneur optimale d'$O_2$ à ne pas dépasser. Il faut d'ailleurs insister sur le fait qu'on doit éviter le contact entre le vin et l'oxygène bien avant l'embouteillage. (GEISS, 1965, 1966 ; JACOB et SCHRODT, 1966).

Depuis longtemps, on sait que dans le vin le glucose n'est pas la principale substance responsable de la combinaison de l'anhydride sulfureux. Au début du siècle, on a découvert la combinaison de l'anhydride sulfureux avec l'éthanal du vin (RIPPER, 1900 ; SCHMITT, 1912 ; KERP, 1907). De même Von der HEIDE et SCHIMITTHENNER (1922), ainsi que d'autres savants renommés ont signalé l'importance de la combinaison du $SO_2$ avec l'éthanal.

RIBÉREAU-GAYON et PEYNAUD (1961) ont étudié en détail la combinaison de l'anhydride sulfureux et cité de nombreux chercheurs ayant réalisé d'importants travaux sur ce sujet.

On sait que selon les années et par suite de circonstances encore partiellement inconnues, l'anhydride sulfureux peut se combiner jusqu'à 70 p. 100 à l'éthanal. Si la vendange n'est pas mûre, cette proportion est plus faible : on ne trouve plus que 30 à 40 p. 100 d'anhydride sulfureux combiné d'éthanal, les 60 p. 100 restant étant désignés comme « $SO_2$ restant ». Ceux-ci sont combinés à d'autres substances ; certaines d'entre elles ont été récemment mises en évidence et dosées par BLOUIN (1966). Cependant, il reste encore des substances inconnues fixant l'anhydride sulfureux ; la combinaison avec le glucose ne représente donc qu'un faible pourcentage.

D'après ce qui précède, il faut donc s'efforcer d'éviter l'augmentation de la teneur en éthanal dans les vins, tranquilles ou mousseux. Dans certains pays, cependant, on apprécie parfois un léger goût d'éthanal auquel est habitué le consommateur. Si le moût est fortement sulfité, on a, dans le vin, un pourcentage relativement élevé en éthanal restant

(KIELHOFER et WURDIG, 1960). Sachant que l'anhydride sulfureux se combine principalement avec l'éthanal, les vins ayant une teneur élevée en éthanal libre ont tendance à s'oxyder davantage, car il n'existe plus d'anhydride sulfureux pour les protéger (STUHRK et MULLER, 1960).

On a même émis l'hypothèse que l'éthanal libre exerce une influence favorable sur la saveur des vins mousseux (PAUL, 1961) ; par contre l'éthanal combiné n'a aucun effet organoleptique.

Pour fixer 44 mg d'éthanal, il faut 64 mg d'anhydride sulfureux. Par un faible sulfitage du moût on a trouvé dans le vin environ 40 mg par litre d'éthanal. Partant d'un même produit de base et sulfitant le moût à raison de 200 mg par litre, la teneur en éthanal a été portée à 170 mg par litre. Si l'anhydride sulfureux ne s'était combiné qu'à l'éthanal, il aurait fallu dans ce cas environ 245 mg par litre d'anhydride sulfureux ; mais, comme une proportion relativement élevée se combine à d'autres substances (dont certaines sont encore inconnues), l'obtention du potentiel rédox optimal aurait, suivant les calculs, exigé près de 400 mg par litre de $SO_2$. La teneur en anhydride sulfureux total étant, dans de nombreux pays, limitée à 200 mg par litre, cette méthode de travail présente des difficultés insurmontables.

Il faut à nouveau ajouter que, dès la vendange et le pressurage, on doit opérer avec le plus grand soin et la plus grande rapidité pour empêcher une oxydation prématurée du moût. Il en est de même pour le vin au cours du vieillissement ou lors de la mise en bouteilles.

Des essais récents effectués à GEISENHEIM, ainsi que dans d'autres instituts, confirment l'importance de la formation d'éthanal dans les vins contenant encore du sucre.

Quand il se produit une fermentation secondaire en bouteille, même avec un développement relativement faible de levures, il faut toujours craindre une augmentation de la teneur en éthanal et une combinaison de l'anhydride sulfureux. C'est pourquoi l'embouteillage stérile à froid est particulièrement recommandé, non seulement pour éviter les troubles ultérieurs d'ordre biologique, mais également pour conserver sa fraîcheur au vin (TROOST, 1961). Cet auteur écrit également : « Etant donné que, selon KIELHOFER, près de 80 p. 100 de l'anhydride sulfureux est destiné à se combiner à l'éthanal formé dans le vin et que l'addition de l'anhydride sulfureux est conditionné par cette présence et cette quantité, c'est véritablement la teneur en éthanal qui constitue le facteur essentiel pour le sulfitage ». Tel est, avant tout, le cas pour les

fermentations secondaires : au début de chaque nouvelle fermentation, même dans le cas d'une légère refermentation, il se produit toujours une nouvelle formation d'éthanal qui combine le $SO_2$.

On n'est pas encore parvenu à remplacer, en œnologie, l'anhydride sulfureux par un autre produit fortement réducteur. On a depuis longtemps constaté que l'acide l-ascorbique doit être considéré simplement comme un complément de l'anhydride sulfureux. Depuis quelques années. il a été reconnu que l'acide l-ascorbique n'a d'action anti-oxygène qu'en présence de 15 à 25 mg de $SO_2$ libre ; si cette teneur est plus faible, l'acide ascorbique risque de se décomposer très rapidement avec formation d'importantes quantités d'eau oxygénée ; celle-ci n'étant pas stable dans le vin, il se dégage de l'oxygène ; c'est précisément le contraire de ce que l'on veut obtenir, si l'on ne dispose pas d'une quantité suffisante de $SO_2$ libre pour le fixer. Des additions excessives d'acide ascorbique en l'absence d'anhydride sulfureux peuvent avoir pour conséquence d'augmenter l'oxydation au lieu de la diminuer.

Par traitement avec la poudre de polyamide, produit expérimenté dans la pratique depuis un certain temps, on parvient, dans une large mesure, à éliminer du vin les polyphénols, sans constater une notable diminution de la qualité (KISSOCK et JOHNSON). Ce traitement n'est cependant autorisé que dans un petit nombre de pays seulement.

## LA FILTRATION

Les plaques stérilisantes utilisées pour la filtration ont uniquement pour but de retenir les microorganismes. Une préfiltration serrée est donc nécessaire pour éliminer les troubles colloïdaux. Après le collage du vin, on le clarifie.

Dans les entreprises modernes, la clarification se fait par centrifugation suivie d'une filtration sur kielselghur. La dernière filtration avant la stérilisation est destinée à rendre le vin limpide et le plus pauvre possible en microorganismes. Pour les vins mousseux fabriqués selon le procédé de la cuve close, la clarification peut également s'effectuer par centrifugation suivie d'une filtration sur plaques.

Le succès de la filtration stérilisante n'est assuré que si l'on utilise des filtres remplissant les conditions exactement nécessaires et pouvant être stérilisés par la vapeur ou par de l'eau très chaude. Tous les autres produits stérilisants ont l'inconvénient d'agir trop lentement ou d'être difficilement éliminés du filtre ; il n'est également pas rare qu'ils aient une influence organoleptique néfaste sur le vin à filtrer.

Assez rarement, la filtration stérilisante est remplacée par la flash-pasteurisation. Pour les boissons troubles, il n'existe pas d'autres possibilités, si l'embouteillage doit ensuite se faire à froid.

## LE PROBLEME DES BOUTEILLES.

Les verreries modernes sont équipées pour livrer des bouteilles « stériles pour le vin » et pouvant être remplies sans lavage. Il peut cependant survenir des contaminations tant lors du trajet entre la verrerie et l'utilisateur que chez ce dernier lui-même. Une série de vérifications biologiques et de contrôles divers dans les entreprises ont montré que si l'emballage des bouteilles est convenablement réalisé (par exemple sur palettes à plateaux), on ne décèle, dans les bouteilles, la présence d'aucune levure. Il a cependant été démontré que dans les groupes alimentés à la main, les bouteilles neuves peuvent cependant être contaminées. Les risques de contamination sont particulièrement augmentés si, dans un chai, on utilise non seulement des bouteilles neuves mais également des bouteilles de reprise. En utilisant des dépalettiseurs à plateaux entièrement automatiques ou des installations analogues, le risque de contamination des bouteilles vides est très faible. Dans certains cas, en fonctionnement soit manuel soit automatique, l'embouteillage stérile à froid a été réalisé avec succès sans stérilisation préalable des bouteilles ; néanmoins, comme le risque de contamination de la verrerie neuve reste considérable, il est recommandé, par mesure de sécurité, d'intercaler, avant la tireuse, un stérilisateur de bouteilles.

Il n'existe malheureusement pas de produit efficace pour remplacer l'anhydride sulfureux pour stériliser les bouteilles. Des essais d'utilisation de l'ozone ont donné parfois d'intéressants résultats ; cependant, en se décomposant, l'ozone dégage une trop grande quantité d'oxygène dans le liquide à embouteiller. La stérilisation par utilisation de l'air chaud ou de la vapeur ne peut convenir, car le réchauffement et le refroidissement du verre demandent beaucoup de temps et nécessitent des installations trop importantes. Même dans le cas où la température de l'air chaud dépasse 300° C, il faut beaucoup plus de temps qu'avec l'anhydride sulfureux gazeux. Un traitement des bouteilles à chaud dans une rinceuse ou une laveuse et la possibilité de les garder à température relativement élevée, jusqu'à la tireuse, peut être intéressant car on maintient ainsi la stérilité des bouteilles et le remplissage peut se faire à la température ambiante.

Si l'on utilise des bouteilles de reprise pour l'embouteillage stérile, il est indispensable de les nettoyer très soigneusement. Si la durée de traitement est suffisante, si la concentration en lessive est conforme aux prescriptions et si les températures sont correctement fixées, les bouteilles sont « pauvres en germes » dans les laveuses modernes. Cependant, on ne peut obtenir une stricte stérilité. L'efficacité du traitement dépend en partie de facteurs difficilement contrôlables. On obtient toujours une plus grande sécurité si le lavage des bouteilles, surtout celles de reprise, est suivi d'une stérilisation.

Avec la verrerie neuve, il est possible que les bouteilles qui restent stockées des semaines ou des mois chez l'utilisateur se contaminent plus ou moins fortement, surtout si l'emballage est défectueux. Des contrôles dans les entreprises ont montré que les bouteilles entreposées en palettes-casiers couverts d'une feuille de plastique étaient déjà très contaminées après trois semaines de stockage. Les contaminations sont encore plus intenses dans le cas de halls de stockage exposés aux courants d'air et dans lesquels se trouve également de la verrerie de reprise. En pareil cas, comme il peut parvenir non seulement des microorganismes mais également de la poussière sur les bouteilles, ainsi qu'à l'intérieur, le dépoussiérage à l'air comprimé et le rinçage à l'eau froide ne sont généralement pas suffisants. Les bouteilles fortement chargées de poussière seront nettoyées de préférence dans des laveuses à trempage et injection de lessive. Depuis quelque temps les bouteilles neuves arrivant de la verrerie sont à nouveau rincées avant remplissage. Pour le vin perlé et le vin mousseux, on obtient ainsi un remplissage plus calme ; en effet, les petits éclats de verre, les particules de poussière et les fragments de carton peuvent provoquer dans les bouteilles un dégagement de gaz carbonique et un débordement de mousse.

Le dépoussiérage par l'air comprimé ne donne pas le même résultat que le rinçage, surtout s'il existe une différence de température entre les bouteilles et l'air ambiant. Si par exemple la verrerie neuve arrive à une température de 10° C, alors que la température de la salle d'embouteillage est de 20° C les bouteilles se couvrent de buée, de sorte que la poussière et les fins éclats de verre peuvent rester collés, même si on sèche les bouteilles avant le tirage.

## LE PROBLEME DES BOUCHONS.

De toute évidence les bouchons doivent eux aussi être stérilisés. Certains fournisseurs livrent sous emballage plastique des bouchons de

liège « stériles pour le vin ». Il n'y a ainsi aucun travail supplémentaire à faire ; de plus, les bouchons ont généralement été traités de façon qu'il n'y ait ni « coulant » ni goût de bouchon.

On stérilise également les bouchons de liège en les laissant tremper quelques heures dans une solution d'anhydride sulfureux à 1,5 p. 100 et en les séchant avant usage de la façon la plus complète possible par centrifugation.

Les bouchons en matière plastique sont stérilisés soit par une solution d'anhydride sulfureux, soit par l'alcool ou le formol. Dans le cas des obturateurs métalliques on emploie, dans la plupart des pays, le formol gazeux ; si les joints sont résistants à la chaleur, on peut également utiliser l'air chaud.

## LES MACHINES

Dans les groupes semi-automatiques on stérilise les bouteilles au moyen d'une solution d'anhydride sulfureux à 2 p. 100. Par suite du fonctionnement manuel, la cadence est limitée à environ 1.500 bouteilles à l'heure. Autrefois, la solution d'anhydride sulfureux était transvasée d'une bouteille dans une autre ; l'intérieur était donc complètement mouillé ; on rinçait ensuite à l'eau stérile et on laissait égoutter une vingtaine de minutes. Avec les petits stérilisateurs dans lesquels on pulvérise finement dans la bouteille 20 ml d'une solution d'anhydride sulfureux, le dégazage s'effectue généralement par égouttage. Il subsiste dans celle-ci un résidu d'anhydride sulfureux d'environ 15 mg par litre ; on veillera donc à laisser entre le goulot des bouteilles et le sol un espace libre d'environ 30 cm pour permettre à l'air de bien circuler et à l'anhydride sulfureux qui s'échappe d'être évacué. En humectant le sol on évite les émanations.

Dans les stérilisateurs plus volumineux l'intérieur des bouteilles reçoit également une fine pulvérisation de 20 ml d'une solution d'anhydride sulfureux. On laisse agir un certain temps ; le $SO_2$ est ensuite chassé par pulvérisation d'eau préalablement filtrée sur plaques stérilisantes. Les bouteilles arrivent donc à la tireuse stériles et sans anhydride sulfureux.

Les stérilisateurs automatiques fonctionnent à l'anhydride sulfureux gazeux. Leur construction est semblable à celle des tireuses. La partie de traitement se divise en trois zones : dans la première, l'anhydride

sulfureux pénètre dans la bouteille en chassant la presque totalité de l'air ; dans la deuxième zone, l'anhydride sulfureux gazeux séjourne environ huit secondes dans la bouteille ; dans la troisième, il en est expulsé par injection d'air stérile. La consommation d'anhydride sulfureux est d'environ 2,5 g par litre, ce qui correspond à une concentration de 50 p. 100 d'anhydride sulfureux gazeux, pesant environ 3 grammes par litre. Le volume d'une bouteille d'un litre, dans la troisième zone, est renouvelée environ une quinzaine de fois par injection d'air stérile. Il l'est nettement plus dans le cas des petites bouteilles. Par contre, pour les bouteilles de deux litres, il faut réduire la cadence afin d'obtenir la même efficacité. En ce qui concerne les bouteilles de reprise, celles-ci sont toujours soumises à un lavage, donc restent imprégnées d'humidité ; des essais effectués ainsi avec des bouteilles très sales ayant été envoyées au stérilisateur sans nettoyage préalable ont révélé dans la plupart des cas une stérilisation efficace, ce qui prouve l'action rapide et intensive de l'anhydride sulfureux gazeux. Si l'intérieur des bouteilles est fortement incrusté, sa durée d'action est insuffisante pour pénétrer dans l'intégralité de la saleté et détruire les microorganismes qu'elle renferme. C'est pourquoi il est indispensable de nettoyer convenablement la verrerie au préalable.

Dans le cas des vins tranquilles, on peut utiliser non seulement les tireuses à surpression mais également celles à légère dépression. Les tireuses à pression différentielle, connues sous le nom de tireuses sous vide à deux chambres, ne peuvent être utilisées que de façon limitée. Depuis de nombreuses années, les tireuses à légère dépression sont employées avec un total succès dans des centaines d'entreprises, pour l'embouteillage stérile à froid des vins tranquilles.

Des contrôles microbiologiques ont permis de constater que, dans l'atmosphère, se trouvent de nombreux spores de moisissures, mais peu de levures ; celles-ci sont d'ailleurs généralement peu dangereuses car elles ne peuvent pas se développer dans le vin. Cependant, s'il s'agit d'un local exposé aux courants d'air, on peut craindre la contamination provoquée par les levures présentes dans l'air.

Les vins perlés et les vins mousseux sont toujours mis en bouteilles à l'aide de tireuses à surpression, que l'on peut stériliser à la vapeur, comme les tireuses à légère dépression. On peut encore répéter ici ce qui a été dit précédemment au sujet des filtres stérilisants : l'efficacité des produits désinfectants ou stérilisants n'approche pas celle de la vapeur ou de l'eau très chaude.

Il est d'une importance essentielle que les soupapes de remplissage de la tireuse à surpression soient stérilisables et fonctionnent impeccablement. Alors que dans le cas de la tireuse à légère dépression on peut théoriquement parler de contamination par aspiration d'air, dans le cas de la tireuse à surpression, il s'agit surtout de contamination par aspersion ; ceci peut entraîner des difficultés si le fonctionnement ne se fait pas proprement.

Il est très important d'obtenir, dans les tireuses à surpression, un niveau de remplissage précis. Si une bouteille est trop pleine et si du vin est expulsé lors de l'enfoncement du bouchon de liège, il peut se produire à la boucheuse des contaminations par aspersion. L'augmentation de la casse, quand les bouteilles sont trop pleines, nécessite en outre l'intervention directe du personnel et accroît ainsi le risque de recontamination.

Avant le stérilisateur à gaz, il est utile d'installer un dispositif de flambage pour stériliser extérieurement le col des bouteilles. Le stérilisateur est destiné à détruire les microorganismes à l'intérieur des bouteilles ; mais si extérieurement elles ne sont pas stériles — surtout dans la partie supérieure — il peut se produire une contamination des tulipes de centrage du stérilisateur à l'anhydride sulfureux ainsi que de la tireuse.

Dans le cas de bouteilles stérilisées à l'état humide, on peut constater une absorption d'anhydride sulfureux atteignant, pendant le remplissage, 3 mg d'anhydride sulfureux par litre (avec un maximum de 5 mg). Ceci peut être considéré comme négligeable.

Le stérilisateur à l'anhydride sulfureux est équipé d'un dispositif de sécurité : si le minimum nécessaire d'anhydride sulfureux gazeux ou d'air stérile n'arrive pas, un voyant lumineux s'allume ou bien l'ensemble de l'installation s'arrête.

A quelques nuances près on peut considérer comme valable l'affirmation selon laquelle, quelle que soit la méthode de tirage, l'absorption d'oxygène pendant le remplissage ne présente pas une grande importance (BEILIG, 1966). Par contre, l'adsorption d'oxygène provenant de « l'espace de tête » (espace non occupé par le liquide dans le col de la bouteille après bouchage) est bien plus considérable. (MULLER-SPATH 1971).

Dans les tireuses à légère dépression, par suite du guidage bien conçu du liquide et du dégazage provoqué par la légère dépression,

l'absorption d'oxygène reste inférieure à 1 mg par litre ; elle ne dépasse pas 1,5 mg par litre dans les tireuses à surpression équipées de soupapes sans canule, si l'on ne va pas au-delà d'une pression déterminée.

D'après ces résultats, si les boissons sont sensibles à l'oxydation, il importe soit de limiter le plus possible l'espace de tête en fin de remplissage, soit de saturer celui-ci avec un jet de gaz inerte. L'un des principaux constructeurs de tireuses a conçu à ce sujet une soupape spéciale lancée sur le marché sous le nom de « soupape TRINOX ». Outre l'avantage mentionnée ci-dessus, ce type de soupape permet d'obtenir un niveau de remplissage extrêmement précis à $\pm$ 1,5 mm près. Avec ce mode de fonctionnement, quand la bouteille redescend le tube de retour d'air est complètement vide. On obtient donc un remplissage sans gouttes qui ruissellent, ce qui dans le soutirage stérile à froid supprime pratiquement le risque de contamination par aspersion et égouttage.

Si, malgré les conclusions pratiques, selon lesquelles l'absorption d'oxygène au cours du remplissage est sans importance, on effectue cependant celui-ci avec un gaz inerte ; on peut, dans les tireuses à surpression évacuer l'air de la bouteille avant la zone de mise sous tension. Avec la soupape TRINOX décrite précédemment et qui permet de chasser l'air du col de la bouteille, le gaz inerte excédentaire est recueilli dans le réservoir circulaire. Au lieu d'évacuer directement ce gaz dans l'atmosphère sous l'action du flotteur de purge, on peut le faire écouler sur la bouteille vide pour expulser la majeure partie de l'air avant la mise sous tension. Si avec le gaz inerte on réalise, en même temps, l'élimination de l'air du col de la bouteille, la correction du niveau de remplissage et la contre-pression de la tireuse, on peut, s'il s'agit de gaz carbonique, ou d'azote, chasser avec une faible proportion la quasi-totalité de l'air de la bouteille. Dans le cas des petits flaconnages, on ne consomme pratiquement pas plus de gaz carbonique ou d'azote qu'il n'en faut pour le fonctionnement de la soupape TRINOX précédemment décrite. Des essais pratiques comparatifs TRINOX ont été effectués ; les vins embouteillés sous atmosphère de gaz carbonique se sont révélés, très souvent, plus frais. On attribue ce fait à une absorption de gaz carbonique au cours du remplisage. Une différence de quelques centaines de milligrammes de $CO_2$ provoque en ce qui concerne le vin une nette amélioration, mais dans beaucoup de cas le consommateur peut ne pas apprécier un vin riche en $CO_2$. Grâce à la surface relativement considérable occupée par le vin lors de son admission ainsi que dans les soupapes sans canule, il se produit une certaine saturation ; lors d'un essai, l'absorption de gaz carbonique, dans le cas d'un vin blanc tranquille, a été de 0,5 à 1 g par litre ; un vin rouge, embouteillé

dans les mêmes conditions, a même été refusé par les dégustateurs pour sa trop haute teneur en gaz carbonique.

Si la fraîcheur du vin ainsi constatée était due à l'absorption de gaz carbonique, on pourrait effectuer, à peu de frais, avant la mise en bouteilles, une certaine saturation du liquide à soutirer.

Si l'on emploie l'azote comme gaz inerte, les résultats obtenus sont différents. Il ne se produit pas, comme avec le $CO_2$, de rafraîchissement du vin. Il faut insister à nouveau sur le fait que l'emploi du gaz carbonique ou de l'azote entraîne de notables différences par rapport au soutirage en présence d'air, surtout si le liquide a déjà absorbé tellement d'oxygène que les petites quantités qui s'ajoutent au cours de l'embouteillage aggravent encore plus l'oxydation.

Ce qui a été dit concernant l'absorption de l'oxygène pendant le soutirage peut aussi, dans une certaine limite, être appliqué à toutes les autres méthodes d'embouteillage.

On peut poser comme principe que l'absorption d'oxygène (environ 1 mg par litre), au cours de l'embouteillage du vin à froid, est pratiquement négligeable. Par contre, pour la bière, la limite à ne pas dépasser est de moins de 1 mg par litre ; les brasseurs n'ont malheureusement pas la possibilité d'utiliser pour l'élaboration et l'embouteillage de la bière les produits réducteurs dont l'emploi est autorisé en œnologie.

## LES BOUCHEUSES

Pour l'embouteillage stérile les boucheuses liège sont équipées d'un dispositif de flambage ou d'appareils à air chaud, afin de maintenir le mécanisme de bouchage à une température de 80° C.

A ce stade, il ne peut donc y avoir de contamination. En l'absence de ces dispositifs, les mécanismes de bouchage doivent être stérilisés périodiquement. Cette prescription s'applique pour toutes les boucheuses pour l'embouteillage à froid comme pour l'embouteillage à chaud, ce qui implique que les bouchons stériles ne doivent pas se recontaminer dans les machines. Avant le début de l'embouteillage les réservoirs et bouchons ainsi que les goulottes seront stérilisés au moyen des produits appropriés.

## LES DISPOSITIONS PRATIQUES.

### Organisation.

Avec un personnel bien entraîné, la préparation du groupe d'embouteillage stérile à froid demande environ une heure. La stérilisation proprement dite par la vapeur demande une demi-heure. On fait ensuite passer de l'eau dans le filtre pour le refroidir et neutraliser le goût. La tireuse et les conduits d'air sont refroidis à l'air stérile. Par crainte de difficultés lors du remplissage, on n'utilise l'eau que dans le cas de vins perlés et des vins mousseux. La stérilisation à l'eau très chaude est possible, mais elle convient moins bien.

S'il se produit des arrêts au cours de l'embouteillage, en particulier dans les cas de casse nécessitant l'intervention du personnel, on veillera à ce que les pièces en contact avec le vin stérile ne soient pas contaminés. Pour cela, il serait bon que le personnel de service dispose d'alcool ou d'une solution d'anhydride sulfureux afin, le cas échéant, de pouvoir se stériliser les mains.

Bien que l'on puisse stériliser même la saleté, la plus grande propreté est la condition essentielle à respecter pour le succès de l'embouteillage stérile. Il n'est pas absolument indispensable de disposer d'un local stérile. Si cependant le groupe est installé dans un hall d'embouteillage où règne un fort courant d'air, il est recommandé de construire un local stérile. Pour l'embouteillage des jus de fruits, il est indispensable que ce local soit ventilé uniquement par de l'air stérile afin de réduire le risque de contamination par des moisissures ; dans le cas du vin, cependant, cela ne s'impose pas ; en raison de sa teneur en alcool, les spores de moisissures ne peuvent s'y développer.

On objecte souvent que l'embouteillage stérile à froid est pratiquement irréalisable. Cette assertion n'est pas justifiée. Ce sont principalement les levures qui provoquent, dans les bouteilles, les troubles de nature biologique. Ils sont heureusement relativement faciles à éviter. Dans le cas de l'embouteillage du vin les recontaminations provoquées par l'air sont pratiquement sans importance. Par contre, les contaminations par contact représentent un danger qu'il ne faut pas sous-estimer.

### Contrôle microbiologique.

Le manque de sécurité provoque la nervosité. Aucune entreprise bien gérée ne peut se permettre de stocker des bouteilles pleines ou de les

expédier, sans être sûre de ne pas risquer de voir leur contenu se troubler ultérieurement. En ce qui concerne le contrôle microbiologique du liquide embouteillé, la méthode de la membrane permet d'obtenir des résultats extraordinaires. On vide le contenu d'une bouteille dans des conditions aseptiques sur une membrane de porosité déterminée. Les microorganismes présents restent retenus par les membranes. Les milieux nutritifs préparés en boîtes Pétri stériles permettent de déceler les levures et les bactéries ; on y dépose les membranes ; s'il existe des microorganismes, ils se développent à la surface de la membrane. Il est facile de les identifier. GEISS a décrit en détail cette méthode due à ZSIGMONDY. Il s'agit d'une méthode de contrôle voisine de la pratique et permettant de constater avec certitude s'il y a des microorganismes et à quelle concentration ils se trouvent. Dans des conditions normales, on obtient au plus tard les résultats en trois jours. Par ailleurs, ce contrôle est à recommander non seulement pour l'embouteillage stérile à froid, mais aussi pour toute autre méthode d'embouteillage et, d'une façon générale, pour le contrôle de la bonne marche générale de l'entreprise. Le stockage d'un vin pendant longtemps en présence d'un grand nombre de cellules de levures peut notamment entraîner l'augmentation de la teneur en éthanal (KIELHÖFER et WURDIG, 1960).

## CONCLUSIONS

Bien que nous ayons surtout étudié, dans ce travail, l'embouteillage stérile des vins tranquilles, perlés et mousseux, cette méthode ne doit pas être systématiquement recommandée dans tous les cas. Chaque procédé d'embouteillage a sa raison d'être. Nous avons traité, au cours d'une autre étude, de toutes les méthodes d'embouteillage connues (MÜLLER-SPÄTH, 1967). Ce qu'a dit TROOST (1961) peut s'appliquer au vin blanc : « L'avantage de l'embouteillage stérile à froid est d'être un procédé naturel et de n'avoir sur le vin qu'une très faible influence négative ».

Le coût de l'embouteillage stérile à froid est légèrement supérieur à celui de l'embouteillage à chaud ; cependant, il est moins élevé que dans le cas de la pasteurisation en bouteille (MÜLLER-SPÄTH, 1967).

Quelle que soit la méthode d'embouteillage choisie, il faut travailler avec soin et en prenant toutes les précautions indispensables. S'écarter des directives prescrites conduit — pas toujours certes, mais très fréquemment — à des échecs et un travail exécuté à la légère revient toujours très cher.

Manuscrit reçu le 1er Juillet 1971.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES


BIELIG H.J., 1966. — Ein Beitrag zur Frage der Sauerstoffaufnahme bei der Abfüllung von Getränken, (Contribution à la question de l'absorption de l'oxygène lors de l'embouteillage des boissons), **Weinberg und Keller,** Band 13.

DITTRICH H., 1967. — Acetaldehydbildung bei der Mostgärung und der Süssreservebereitung, (Formation de l'aldéhyde lors de la fermentation du moût et préparation d'une réserve de sucre). **Weinberg un Keller,** Heft 8.

GEISS W., 1965. — Die Bedeutung des Luftsauerstoffes bei der Abfüllung von Wein, (L'importance de l'oxygène de l'air pour l'embouteillage du vin). **Deutsche Weinzeitung,** Nr 10.

GEISS W., 1966. — Letzte Erkenntnisse aus den Forschungsarbeiten über die Sauerstoffaufnahme beim Abfüllen von Wein, (Derniers enseignements des travaux de recherches sur l'adsorption de l'oxygène pendant le soutirage du vin). **Deutsche Weinzeitung,** Nr 10.

GEISS W. — Biologische Kontrolle kaltsteril abgefüllter Weine (nach Prof. Zsigmondy). **Leiter a. D. des weinchemischen und mikrobiologischen Laboratoriums der Seitz-Werke,** GmbH, Bad Kreuznach. (Contrôle biologique des vins soutirés à froid (suivant le professeur Zsigmondy) directeur du laboratoire chimique et biologique pour le vin, Usines Seitz GmbH, Bad Kreuznach.

von der HEIDE C. und SCHMITTHENNER F., 1922. — Der Wein, Weinbau und Weinbereitung, Chemie und Untersuchung des Weines, (Le vin, la culture de la vigne et la vinification). **Druck und Verlag Friedrich Vieweg & Sohn AG,** Braunschweig.

JACOB L. und SCHRODT W. 1966. — Qualitätsbeeinflussung von Weinsswein durch das Abfüllverfahren, (Influence des procédés de soutirage sur la qualité du vin blanc). **Das Weinblatt.**

KERP, 1907). — Arbeiten aus dem kaiserlichen Gesundheitsamt, (Travaux du Service de Santé Impérial). Bd 21 und Bd 26.

KIELHOFER E. und WURDIG G., 1960. — Die an Aldehyd gebundene schweflige Säure im Wein, ((L'acide sulfureux combiné dans le vin). **Weinberg und Keller,** Heft 2 und 3.

Mc KISSOCK A. und JOHNSON A. — New Additive (PVP), (Nouvel additif). Stops Browning, Kauwhata Research Station, Neuseeland.

MULLER-SPATH H., 1967. — Verschiedene Methoden der Abfüllung von Wein und die Abfüllkosten, (Diverses méthodes de soutirage du vin et coût de l'embouteillage). **Der Landwirt,** Bozen.

MULLER-SPATH H., 1967. — Uber verschiedene Abfüllsysteme für Wein, (Divers systèmes de soutirage du vin). **Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau,** Nr. 16.

MULLER-SPATH H., 1971. — Die Bedeutung der Gasaufnahme und Gasverluste bei der Flaschenfüllung der Getränke, (L'importance de l'absorption et de la perte en gaz lors de l'embouteillage des boissons). **Schweizerische Zeitschrift für Obst- un Weinbau.**

PAUL F., 1961. — Chemische Untersuchungen von Schaumweinen III, (Recherches chimiques sur les mousseux. III). **Mitteilungen Rebe und Wein,** Klosterneuburg, XI Jhg., Heft 3.

RIBÉREAU-GAYON und PEYNAUD E., 1961. — Traité d'œnologie, Tome Second, Béranger éditeur, Paris.

RIPPER, 1890. — Die schweflige Säure im Wein, (L'acide sulfureux dans le vin). **Weinbau und Weinhandel,** VII.

RIPPER, 1900. — Aldehyde und deren Verbindungen im Wein. (Aldéhydes et leurs combinaisons dans le vin). **Z. f. ldw. Versuchswesen** III.

SCHMITT, 1892. — Die Weine des herzoglichen nassauischen. (Les vins de la cave ducale de Nassau). **Kabinettskellers,** Wiesbaden.

STUHRK A. und MULLER A., 1961. — Beobachtungen und Versuche über den $SO_2$-Bedarf von 1960er Weissweinen, (Observations et essais sur les besoins en $SO_2$ pour les vins blancs de 1960). **Deutsche Weinzeitung,** Nr. 22 und Nr. 23.

TROOST G., 1961. — Die Technologie des Weines, (Technologie du vin). 3. Auflage.

TROOST G., 1967. — Eigenart und Behandlung des 1967ers, (Nature particulière et traitement du vin de 1967). **Deutsche Weinzeitung,** Nr. 33.

WUCHERPFENNIG K. und KLEINKNECHT E.M., 1965. — Beitrag über die Sauerstoffaufnahme der abzufüllenden Flüssigkeit in verschiedenen Füllsystemen, (Contribution à l'étude de l'absorption de l'oxygène par le liquide dans les différents systèmes d'embouteillage). **Brauwissenschaft,** Jhg. 18, Nr. 8, Seite 286 - 296.