Le gerbage des vins effervescents

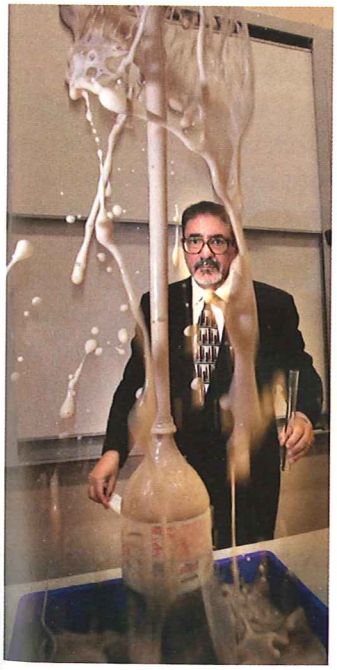
Partie 1/2 : L'origine du phénomène et quelques solutions pratiques pour y remédier

Gérard Liger-Belair[1], Jacques-Emmanuel Barbier[2], Guillaume Polidori[3], David Chaudruc[4], Bertrand Robillard[2]
[1] *Équipe Effervescence, Champagne et Applications - GSMA (UMR CNRS 7331) - Université de Reims Champagne-Ardenne - Reims - France.*
[2] *Institut Œnologique de Champagne - Epernay - France.*
[3] *Laboratoire de Thermomécanique - GRESPI (EA 4694) - Université de Reims Champagne-Ardenne - Reims - France.*
[4] *Champagne Moët & Chandon - Epernay - France.*

Introduction

L'apparition de bulles dans une flûte reste l'un des moments les plus attendus par les amateurs de vins effervescents. Sans bulles, ces vins perdraient une grande partie de leur caractère et de leur intérêt... Cependant, au cours de l'élaboration des vins effervescents, l'effervescence peut devenir un réel problème lorsqu'elle apparaît de façon excessive et incontrôlée à l'ouverture de la bouteille, notamment au stade du dégorgement. Ce type de comportement, hautement indésirable, est appelé gerbage. En effet, il arrive parfois que le vin jaillisse hors du col de la bouteille sous la forme d'une mousse plus ou moins intense et perturbe le bon déroulement du travail sur chaîne. La photographie de la ***figure 1*** illustre la production de mousse qui accompagne la chute d'un bonbon Mentos® dans une bouteille de soda light. C'est un cas désormais célèbre de gerbage qui a fait le tour du monde ! Notons que les pilotes de formule 1 provoquent intentionnellement ce phénomène en secouant la bouteille avant de l'ouvrir. Cette agitation vigoureuse a pour effet de déformer considérablement l'interface (initialement plane lorsqu'elle est au repos) entre le champagne et le gaz sous pression dans le col de la bouteille. Cette très grande déformation de la surface du champagne force le gaz carbonique présent sous le bouchon à se mélanger au reste du liquide, permettant ainsi l'emprisonnement de milliers de bulles de gaz sous la surface. Au moment de l'ouverture, la chute brutale de la pression provoque une telle expansion de ces bulles qu'elles envahissent la bouteille, entraînant avec elles le liquide hors de la bouteille sous la forme d'un puissant jet de mousse.

Figure 1 : Illustration d'un cas de gerbage spectaculaire et désormais célèbre, lorsqu'un bonbon Mentos® est plongé dans une bouteille de soda light. C'est le professeur Richard Zare, chimiste de l'université de Stanford, qui se livre à cette facétie.



© RICHARD ZARE/UNIVERSITÉ DE STANFORD.

Bien que ce genre d'épisode puisse accompagner de façon festive une arrivée de Grand Prix, les élaborateurs de vins effervescents se préoccupent au contraire de prévenir ce phénomène qui peut s'avérer parfois très problématique. En effet, il arrive quelquefois que les bouteilles gerbent à l'ouverture, sans même qu'elles aient été agitées. Le gerbage se produit généralement au cours du dégorgement, avant l'étape de dosage. Outre la perte de vin qu'il occasionne, le gerbage peut ralentir la cadence de production de manière très significative. On évoque souvent la présence de cristaux de sels tartriques dans le liquide susceptible de produire des bulles en grande quantité au moment du débouchage de la bouteille. Il semblerait cependant que tous les effervescents ne soient pas logés à la même enseigne concernant le risque de gerbage. Plusieurs élaborateurs rapportent d'avantage d'observations de cuvées « gerbeuses » sur les effervescents rosés. Les brasseurs rencontrent également ce phénomène à l'ouverture de certaines bières (en brasserie, on parle plutôt de « giclage »). Ceux-ci évoquent l'action combinée d'une infection fongique (issue de la matière première) ou la présence de cristaux de sels de calcium pour expliquer cette production excessive de bulles à l'ouverture de la bouteille. Le cas le plus dramatique de gerbage reste bien entendu celui qui se produit directement chez le client, lorsque celui-ci débouche sa bouteille. Il est très dommageable pour l'image du produit et de la marque : le consommateur s'en souvient toujours.

Devant la croissance continue du marché des vins effervescents dans le monde et la demande qualitative accrue des consommateurs, le gerbage mérite d'être traité avec rigueur. Nous proposons ici un article de synthèse sur ce qui est connu du phénomène dans le monde des vins effervescents, ainsi que quelques solutions pour y remédier.

Mécanisme d'apparition des bulles en phase liquide

Suite à une seconde fermentation alcoolique en milieu clos (prise de mousse ou PDM), les vins effervescents se chargent en gaz carbonique (CO_2) dissous. Pour mémoire, la concentration en CO_2 du vin (en g/l) en fin de PDM est équivalente à la moitié de la concentration en sucre (en g/l) utilisé pour provoquer la PDM. Par exemple, un vin de base tiré à 24 g/l de sucre au moment de la PDM sera susceptible de dissoudre environ 12 g/l de gaz carbonique en son sein. C'est bien entendu cette concentration en CO_2 dissous dans le vin qui sera la force motrice du mécanisme de gerbage. Conformément à la loi de Henry, en fin de PDM, la concentration c_L en gaz carbonique dissous dans le vin est proportionnelle à la pression partielle P_B de CO_2 dans le col de bouteille :

$c_L = k_H P_B$ **(1)**

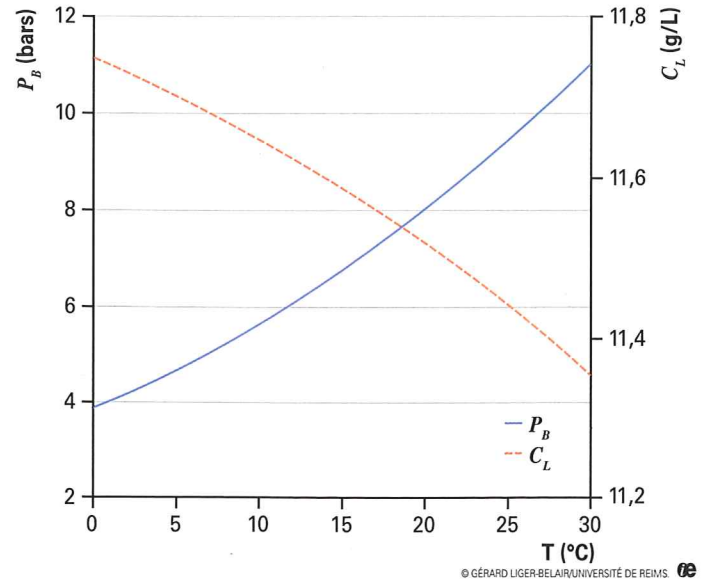
où k_H est la constante de Henry du CO_2 dans le vin (i.e., sa solubilité).

Or, la solubilité du gaz carbonique dans le vin étant très sensible à la température (plus le vin est froid et plus le gaz carbonique est soluble), la pression dans la bouteille sera aussi très sensible à la température. Sur le graphique de la ***figure 2***, on peut voir de façon concomitante l'évolution de la pression dans une bouteille de champagne de 75 cl (tirage à 24 g/l de sucre) ainsi que sa concentration en CO_2 dissous, en fonction de la température du vin *(Liger-Belair et Rochard, 2008).*

Des micro-bulles stabilisées dans le vin ?

Avant d'entrer dans le vif du sujet, attardons-nous un moment sur le mécanisme d'apparition et de croissance des bulles dans un liquide chargé en gaz carbonique dissous. Vins effervescents et boissons carbonatées en général ne contiennent pas assez de gaz dissous pour permettre l'apparition spontanée de bulles en leur sein, *ex nihilo*. C'est la raison pour laquelle le mécanisme dit de nucléation homogène demeure improbable pour des raisons thermodynamiques. Afin de permettre la croissance de bulles de gaz, il faut nécessairement que le liquide héberge des embryons de bulles dont le rayon est supérieur à une taille dite critique. On parle alors de nucléation hétérogène. L'apparition de bulles dans une bouteille suppose donc l'existence de germes gazeux emprisonnés en phase liquide et stable dans le temps. Nous reviendrons un peu plus loin dans l'article sur leur origine probable ou supposée... La stabilité de ces germes gazeux dans les bouteilles encore closes n'est cependant pas triviale. En effet, compte tenu de sa courbure naturelle, il existe au sein d'une bulle de gaz une surpression inversement proportionnelle à son rayon (c'est la loi de Laplace). Cette surpression devrait logiquement forcer le gaz de la bulle à se dissoudre dans la phase liquide par diffusion du gaz vers le vin. De toute évidence, si cette rétro-diffusion du gaz des bulles vers le vin ne s'opère pas jusqu'à dissolution complète des bulles, c'est donc qu'un mécanisme bloque la diffusion, stabilisant ainsi des micro-bulles dans la phase liquide. L'une des hypothèses couramment admise pour expliquer ce phénomène est la présence autour des bulles d'un film qui les recouvre, bloquant ainsi la diffusion du gaz hors de la bulle *(Ward, 1982; Wilt, 1986; Franc et coll., 1995).* Plusieurs catégories de molécules présentes dans le vin, dites tensioactives, sont susceptibles de recouvrir ces micro-bulles, les protégeant ainsi de la redissolution ***(figure 3).*** En brasserie, les molécules tensioactives identifiées comme étant la principale source de gerbage sont des hydrophobines. Ces dernières sont de petites protéines fongiques qui présentent un fort pouvoir tensioactif (et donc une très forte capacité à recouvrir la surface d'une bulle) *(Sahu et coll., 2006; Stübner et coll., 2010; Deckers et coll., 2010; Lütterschmid et coll., 2010).* Ces polypeptides, d'une centaine d'acides aminés et riches en cystéine, sont sécrétés par divers champignons infectieux des orges ou d'autres céréales utilisées comme matière première en brasserie. Les hydrophobines sécrétées par *Aspergillus*, *Penicillium* ou *Fusarium* sont très actives, puisque moins de 1 ppm peut suffire à induire du gerbage *(Aastrup et coll., 1996).* On soulignera qu'aucune molécule de ce type n'a été rapportée au sujet des vins effervescents.

■ Figure 2: Évolution de la pression et de la concentration en CO_2 dissous dans une bouteille de 75 cl de vin effervescent (tirée à 24 g/l de sucre), en fonction de la température du vin.



© GÉRARD LIGER-BELAIR/UNIVERSITÉ DE REIMS

Au moment du débouchage de la bouteille (initialement sous une pression de plusieurs bars, en fin de PDM), la pression chute instantanément pour rejoindre la pression atmosphérique (de l'ordre de 1 bar, pour peu que nous ne soyons pas trop éloignés du niveau de la mer). Cette brusque détente a une conséquence immédiate sur les germes gazeux stabilisés dans le vin qui voient leur volume multiplié par un facteur équivalent à la chute de pression. C'est la loi de Boyle-Mariotte qui s'exprime de la façon suivante :

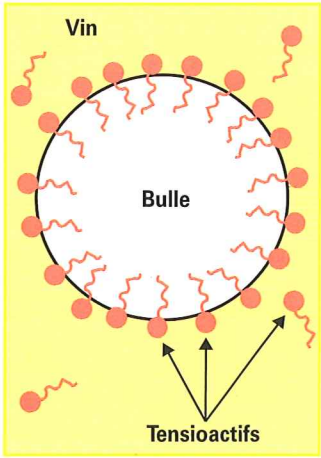
$$V_f = V_i \times \left(\frac{P_B}{P}\right) \quad (2)$$

où V_i est le volume initial de la bulle stabilisée dans le vin de la bouteille encore close, V_f est le volume final de la bulle après le débouchage, P_B est la pression qui règne dans la bouteille encore close, et P est la pression ambiante.

Après débouchage de la bouteille, le rayon d'une bulle stabilisée prend donc la forme suivante :

$$r_f \approx \left(\frac{V_f}{4}\right)^{1/3} \approx \left(\frac{V_i P_B}{4P}\right)^{1/3} \approx r_i\left(\frac{P_B}{P}\right)^{1/3} \quad (3)$$

■ Figure 3: Schéma de principe qui illustre la façon dont les molécules tensioactives présentes en solution sont susceptibles de tapisser la surface d'une bulle et d'empêcher ainsi sa redissolution par diffusion.



GÉRARD LIGER-BELAIR/UNIVERSITÉ DE REIMS

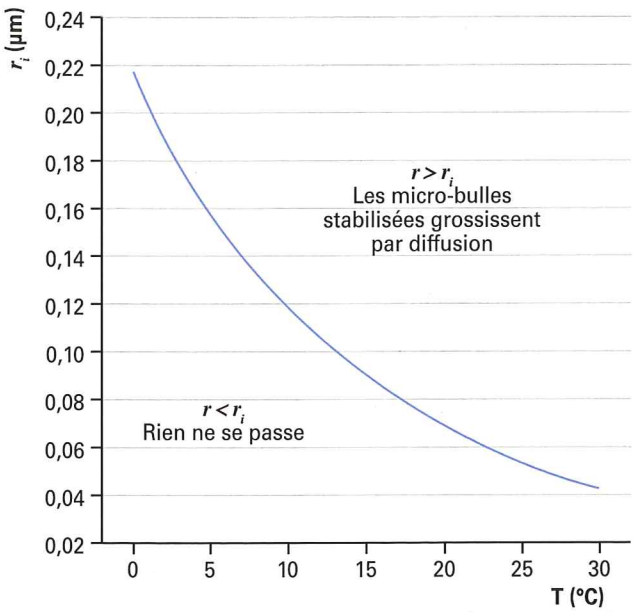
Notons que la pression P_B qui règne dans la bouteille close augmente avec la température du vin *(Liger-Belair et Rochard, 2008).* Elle varie *grosso modo* de 4 à 11 bars (entre 2 °C et 30 °C, pour un vin tiré à 24 g/l de sucre). À partir de l'équation qui précède, on remarque qu'une augmentation de la température du vin, et donc de la pression qui règne dans une bouteille, entraîne une augmentation de la taille des germes gazeux préexistants (par déplétion) après le débouchage de la bouteille.

Une fois la bouteille ouverte, nous sommes donc en présence d'un vin qui contient des petites bulles dont le rayon est donné par l'équation (3). La présence de micro-bulles stabilisées dans le vin est une condition nécessaire, mais néanmoins pas suffisante pour permettre l'apparition et la croissance de bulles au moment du débouchage de la bouteille. Pour que ces bulles puissent grossir par diffusion du gaz carbonique dissous du vin vers les bulles, encore faut-il remplir une condition essentielle décrite dans le paragraphe qui suit.

La notion de rayon critique

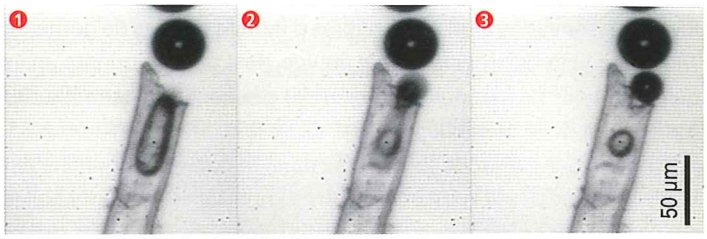
Pour qu'une bulle de gaz carbonique puisse croître librement

Figure 4: Rayon initial des micro-bulles stabilisées dans le vin, avant ouverture de la bouteille, requis pour permettre aux bulles de grossir par diffusion après ouverture de la bouteille, en fonction de la température du vin (pour un vin tiré à 24 g/l de sucre).



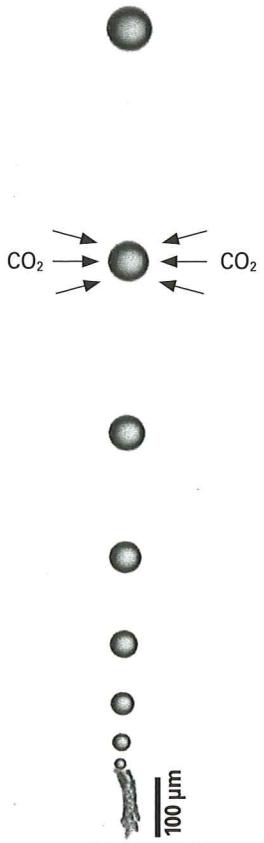
© GÉRARD LIGER-BELAIR/UNIVERSITÉ DE REIMS.

Figure 5: Gros plan sur la naissance d'une bulle au sein d'une fibre de cellulose adsorbée à la surface d'une flûte; 1 ms sépare chaque cliché.



© GÉRARD LIGER-BELAIR/UNIVERSITÉ DE REIMS.

Figure 6: Train de bulles nucléées au sein d'une fibre de cellulose adsorbée à la surface d'une flûte de champagne.



© GÉRARD LIGER-BELAIR/UNIVERSITÉ DE REIMS.

dans un vin chargé en gaz carbonique dissous, la théorie nous apprend que le rayon de la bulle en question doit nécessairement être supérieur à un rayon dit critique, définit comme suit:

$$r_c \approx 2\gamma \left(\frac{k_H}{c_L - k_H P} \right) \quad (4)$$

où γ est la tension de surface du vin (de l'ordre de 50 mN/m), k_H la solubilité du gaz carbonique dans le vin, c_L la concentration en gaz dissous dans le vin et P la pression qui s'exerce sur le liquide.

Dans la bouteille encore bouchée (sous une pression P_B), la concentration en gaz dissous vérifie l'équilibre de Henry $c_L = k_H P_B$. Le dénominateur de l'équation précédente est nul et le rayon critique est donc infini. La croissance d'un germe gazeux dans la bouteille close est donc physiquement impossible (ce qui est vérifié par l'expérience commune). À l'ouverture de la bouteille, la pression chute et le rayon critique prend une valeur finie. Notons que la solubilité du gaz carbonique dans le vin est très fortement dépendante de la température: plus la température du vin est élevée, plus la solubilité du gaz carbonique est faible. On pressent donc une fois encore l'importance du rôle joué par la température sur le phénomène d'apparition et de croissance des bulles.

Imaginons une population de bulles microscopiques stabilisées et de tailles diverses dans les bouteilles encore closes et sous pression. Celles qui deviendront génératrices de bulles macroscopiques (et potentiellement initiatrices de gerbage) dans la bouteille débouchée seront celles dont le rayon final dépasse le rayon critique. Ainsi, en combinant les équations *(3)* et *(4)*, il devient possible de sélectionner (à partir de la condition $r_f > r_c$) le rayon initial des bulles qui pourront croître par diffusion du gaz carbonique dissous du vin vers les bulles après le débouchage. Ainsi, les bulles qui pourront croître librement sont celles dont le rayon initial dépasse la valeur suivante:

$$r_i > 2\gamma \left(\frac{k_H}{c_L - k_H P} \right) \left(\frac{P}{P_B} \right)^{1/3} \quad (5)$$

Le graphique de la ***figure 4*** donne, en fonction de la température du vin, la valeur du rayon initial des bulles stabilisées dans une bouteille close qui seront capables de grossir après le débouchage de celle-ci. Une fois la bouteille ouverte, plus la température du vin est élevée et plus des germes gazeux de petite taille pourront grossir par diffusion. À l'ouverture d'une bouteille initialement sous pression, tous les germes gazeux initialement présents en solution et dont le rayon est supérieur au rayon défini par l'équation *(5)* vont grossir par diffusion pour devenir des bulles macroscopiques.

Lorsque des bulles grossissent sur des particules immergées (ou très exceptionnellement sur des anfractuosités la paroi du verre) qui contiennent une ou plusieurs poches de gaz dont la taille dépasse cette taille critique, on parle de nucléation hétérogène non-classique. Une bulle de gaz carbonique se détache alors de la particule, mais un germe gazeux reste généralement présent dans la particule, permettant ainsi au phénomène de se répéter ***(figure 5)***. Des bulles se détachent alors périodiquement de leur site de nucléation sous forme de trains de bulles très caractéristiques ***(figure 6)***.

Définition du gerbage

Ces bulles qui naissent dans la phase liquide remontent sous l'effet de la poussée d'Archimède, tout en continuant de grossir par diffusion en cours d'ascension. Elles atteignent la surface du vin où elles s'accumulent, créant ainsi une légère mousse dans le col de la bouteille. Habituellement cette mousse est instable car la durée de vie des bulles est faible et le vin ne gerbe pas. Le phénomène rentre dans un pseudo-équilibre où les trains de bulles continuent d'acheminer des bulles dans le col de la bouteille lors de son convoyage le long de la ligne de dégorgement, sans pour autant que la mousse ne sorte du col de la bouteille. En fait, il est très rare de ne pas observer quelques trains de bulles à l'ouverture d'une bouteille contenant 5 à 6 bars de pression. En méthode traditionnelle, au moment du dégorgement (après remuage et congélation des lies), il est courant d'observer de l'ordre de 4 à 10 trains de bulles au sein de la phase liquide, sans que le vin ne soit chassé hors du col de la bouteille.

Il existe cependant des cas extrêmes qui induisent une situation de

gerbage, lorsque le volume de cette mousse qui envahit le col de la bouteille dépasse le volume du col de la bouteille ou que la mousse formée au sein du liquide chasse le liquide situé au-dessus d'elle. Plusieurs situations sont susceptibles d'induire des cas de gerbage:
1/Lorsque l'effervescence dans le liquide n'est pas importante, mais que la stabilité de la mousse est grande, elle peut finir par déborder hors du col de la bouteille;
2/Lorsque la stabilité de la mousse dans le col de la bouteille est faible, mais que l'effervescence est très importante, le flot de bulles qui parvient dans le col entraîne un débordement du vin hors du col de la bouteille. Le gerbage peut alors être défini comme **un équilibre rompu entre l'instabilité de la mousse dans le col d'une bouteille et la formation des bulles au sein du liquide;**
3/Néanmoins, les cas de gerbage les plus graves sont généralement la conjonction de deux phénomènes: (i) l'apparition d'une effervescence très soutenue au cœur de la phase liquide (qui a pour origine la désorption rapide du gaz carbonique dissous dans le vin par le biais de très nombreux germes gazeux présents en solution) et (ii) une longue durée de vie des bulles - liée à la présence de tensioactifs naturels du vin *(Dambrouck et coll., 2003)* - lorsqu'elles rejoignent la surface et s'accumulent dans le col de la bouteille. Ainsi, des bulles à longues durées de vie n'éclatent que tardivement, ce qui entraîne naturellement la formation d'une mousse stable qui envahit rapidement le col et chasse du vin hors de la bouteille, comme illustré sur la ***figure 7***, par exemple. Dans quelques cas extrêmes, le volume de vin perdu au moment du gerbage peut atteindre plus de 50 % du volume initial de la bouteille.

Localisation et causes de gerbage

Le gerbage peut survenir à différents moments de l'ouverture de la bouteille:

Sur les sites de production

Juste à l'ouverture: on rapporte des incidents de gerbage dans la seconde qui suit l'ouverture de la bouteille (mais on relève parfois un délai de quelques secondes entre l'ouverture et l'apparition du gerbage). La source de ce gerbage (outre un excès de gaz carbonique dû à une teneur en sucre au tirage trop élevée) relève dans bon nombre de cas de la présence de cristaux de sels tartriques (potassique ou calcique) mais aussi dans d'autres cas de la présence excessive de levure (mauvais remuage, ratio levures en fin de PDM/colle de tirage inadéquat) ou d'une fermentation malolactique en bouteille. Une température trop élevée des bouteilles est une cause supplémentaire de gerbage; sa diminution est parfois une des solutions.

Au dosage: l'introduction de liqueur est aussi rapportée comme cause de gerbage. Les causes majeures sont la présence de cristaux ou d'autres particules (la filtration de la liqueur est souvent une bonne garantie...). Hors filtration, des cas de gerbage sont observables par manque d'hygiène: bactéries ou levures présentes sur le matériel vinaire sont entraînées par le flux de liquide et peuvent servir de site de nucléation. À noter que la liqueur et son introduction dans le vin peut créer des bulles (durant la filtration, des bulles peuvent se former et - de par sa viscosité - rester un temps suffisant dans le liquide pour y créer par la suite du gerbage).

Au vin de remploi: comme précédemment, la présence de particules explique souvent le gerbage à ce moment du process. Ces dernières proviennent essentiellement d'un mauvais nettoyage; les soucis de gerbage peuvent être facilement résolus par une hygiène plus stricte.

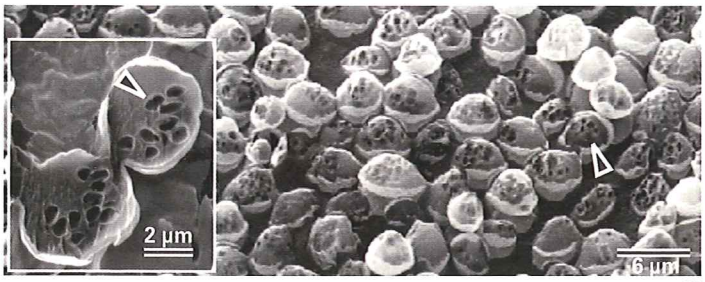
Chez le client

Mauvaises manipulations (chocs ou agitation inappropriée) et températures trop élevées sont les causes classiques de gerbage chez le client. Dans certains cas, ce dernier est dû à la présence de particules comme le tartrate de calcium (typique des cuvées premium, résultant d'un long séjour en caves) ou du bitartrate de potassium quand la stabilisation tartrique n'est pas suffisante. Ces sels tartriques formés lors du repos sur lies en cave peuvent n'être évacués qu'en partie lors du remuage et générer du gerbage par la suite. On ne peut pas négliger le bouchon dans la mesure où il n'est pas rare de retrouver des particules de liège dans des bouteilles terminées; ce liège - très hydrophobe (par sa matière elle-même et les agents glissants qui le recouvrent) - est potentiellement capable de créer du gerbage. On peut classer en deux grandes catégories les origines de gerbage lorsque celui-ci est dû à la présence d'objets identifiés ou suspectés.

Les matières organiques

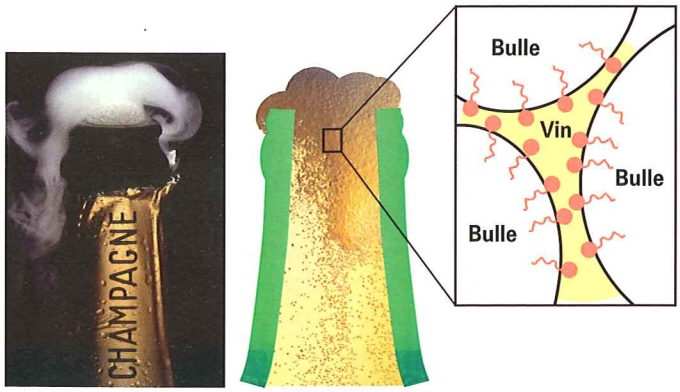
Sans que les mécanismes ou des preuves expérimentales ne soient clairement établis, l'expérience montre que des fermentations malolactiques ou des mauvais remuages (se traduisant *in fine* par une présence importante de levures) peuvent être responsables de gerbage. Récemment, Swart et *coll.* (2012) montraient la présence de dioxyde de carbone sous forme de germes gazeux dans la levure en fermentation ***(figure 8)***. On peut fort bien imaginer que celui-ci reste sous une forme stable durant plusieurs mois, et si quelques levures contenant du CO_2 sous forme gazeux sont oubliées lors du remuage, le grossissement de ces micro-bulles peut se faire (pour

■ Figure 8: Mise en évidence de bulles de gaz carbonique au sein des cellules de levures en fermentation, par microscopie électronique à transmission.



© SWART ET COLL/UNIVERSITY OF THE FREE STATE (AFRIQUE DU SUD).

■ Figure 7: Photographie d'une situation de gerbage léger (collection CIVC) et schéma de principe du rôle stabilisateur des tensioactifs du vin.



Les molécules tensioactives du vin tapissent la surface des bulles présentes dans le col et stabilisent les bulles, induisant ainsi une situation de gerbage.

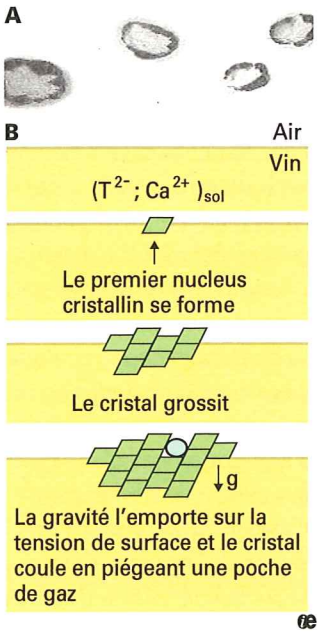
© GÉRARD LIGER-BELAIR.

peu que leur rayon dépasse le rayon critique défini plus haut) et initier un gerbage au moment du dégorgement. Sur le cliché de la ***figure 8,*** le rayon de ces germes gazeux est de l'ordre de quelques dixièmes de microns, ce qui semble compatible avec la condition de dépassement du rayon critique de la ***figure 4.***

Les matières minérales

Les sels tartriques représentent la majorité des objets que l'on retrouve dans les vins lors des contrôles post-dégorgement ou dans les bouteilles sur les gondoles. Si la représentation quantitative de ces cristaux est insuffisante (parfois ils demeurent invisibles à l'œil), on peut avoir recours à l'observation fine par microscopique électronique à balayage couplée à une microsonde RX permettant l'identification sans ambiguïté du sel tartrique. Un cristal de tartrate de calcium et son identification par RX apparaissent sur la ***figure 9.*** Les sels tartriques sont souvent pointés du doigt pour être responsables du gerbage en méthode traditionnelle. Or, la théorie (cf. paragraphe sur la notion de rayon critique) nous dit que les bulles ne peuvent grossir puis se détacher que si et seulement si des poches de gaz préexistent. Ceci sous-entend que les cristaux initiateurs de gerbage doivent contenir ces poches (un cristal totalement mouillé par le liquide ne peut pas créer de bulles) et il n'est pas évident d'imaginer un mécanisme de création de ces poches de gaz si les cristaux naissent au sein du liquide, dans le vin. Nous avons fait l'expérience de sursaturer un vin en tartrate de calcium puis, après l'avoir placé en boite de Piétri, nous avons observé sa surface via une loupe binoculaire. Dans le temps, on observe la formation de cristaux à la surface du vin (cette formation est équivalente à celle de la fleur de sel). Ces cristaux grossissent progressivement (car le vin est sursaturé en TCa), puis

■ Figure 10: A: Photographie de cristaux à la surface du vin; Après prélèvement et analyse par MEB/EDS, la composition montre qu'il s'agit essentiellement d'un mélange tartrate de calcium et d'hydrogénotartrate de potassium.
B: Schéma de principe du phénomène qui conduit au piégeage d'une poche de gaz dans un cristal, puis à son immersion dans le vin.

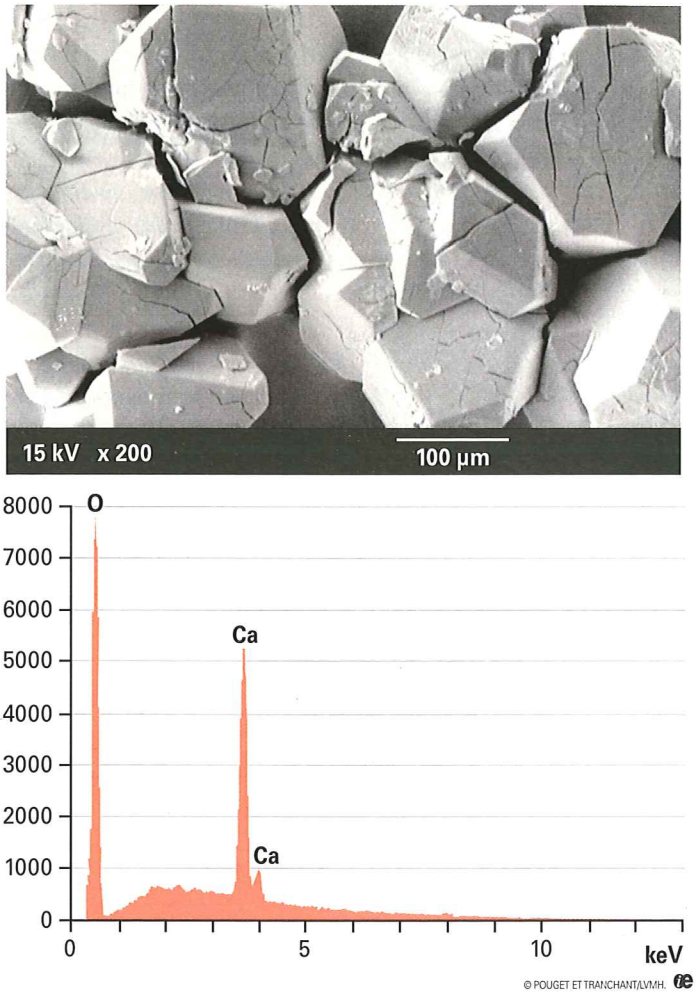


coulent et sédimentent dans le fond de la boîte lorsque l'action de la gravité dépasse la force de tension de surface qui tend à les maintenir à l'interface vin/air *(Chaudruc, 1999).* Sans que nous ayons pu l'observer, on peut très bien imaginer qu'au cours de leur séjour à l'interface vin/air, certains cristaux emprisonnent des bulles d'air en leur sein (ou principalement de gaz carbonique dans la bouteille) et que ces micro-bulles immergées puissent rester stables durant plusieurs mois, si la physique le permet. La ***figure 10a*** montre les cristaux en surface et la ***figure 10b*** donne un schéma de principe du phénomène qui conduit au piégeage d'une poche de gaz dans un cristal, puis à son immersion dans le vin.

Les conséquences du gerbage

Le jugement par le consommateur de la qualité d'un produit est

■ Figure 9: Un exemple de particules retrouvées dans des bouteilles terminées. L'observation se fait après filtration du vin, séchage du filtre et passage en microscopie électronique à balayage (MEB) couplé à une sonde EDS (Electron Dispersive System) permettant d'analyser la composition élémentaire de la particule observée. Par sa structure typique et la présence quasi unique de calcium, la particule ci-dessus est identifiée sans équivoque comme du tartrate de calcium.



© POUGET ET TRANCHANT/LVMH.

une somme de facteurs subjectifs et objectifs. Le gerbage permet un jugement sans ambiguïté de la qualité du produit par le client... nous n'insisterons pas sur ce point.

Quand le vin est encore sur site de production, le gerbage des cuvées au dégorgement se traduit essentiellement par:

- Un ralentissement de la production (la diminution des chocs sur la ligne permet une baisse souvent sensible du gerbage);
- Une hétérogénéité de la teneur en sucres après dosage: des cas de gerbage sont visibles après dosage de la liqueur. Cela génère un manque de liqueur variable qui devient très significatif en dégustation quand celles-ci sont faiblement dosées;
- Une hétérogénéité aromatique du vin: le gerbage entraîne des rentrées plus ou moins importantes, d'oxygène, ce qui se traduit dans le temps par des dérives oxydatives plus ou moins importantes *(Robillard, 2003)*;
- Une dispersion de la teneur en gaz carbonique et des volumes de vin dans les bouteilles bouchées.

Quelques leviers pour résoudre le problème de gerbage

Réduire la concentration en gaz carbonique dissous

La teneur initiale en gaz carbonique reste la force motrice du gerbage.

L'habitude vaut que les concentrations en sucre lors des tirages en méthode traditionnelle soient voisines de 24 g/l. Cependant, il n'est pas rare de constater que certains élaborateurs réduisent cette teneur en sucre, afin de réduire la concentration en CO_2 dissous du vin, pour plusieurs raisons:

- (i) des teneurs élevées en CO_2 dissous sont parfois mal perçues par les consommateurs (picotement du nez ou en bouche par l'acidité du gaz carbonique);
- (ii) de plus, une teneur réduite en CO_2 dissous permet de provoquer une effervescence moins soutenue et des bulles plus fines (c'est le choix délibéré de certaines maisons de champagne qui réalisent des tirages avec des teneurs en sucre plus faible);
- (iii) enfin, une teneur réduite en CO_2 dissous permet de diminuer le risque de gerbage, la condition limite étant d'ordre productif: le retard à l'éjection de l'opercule lors de dégorgements automatisés et à haute cadence.

Refroidir les bouteilles

Un vin dégorgé à 10 °C montre beaucoup moins de risques de gerber que lorsqu'il est dégorgé à 20 °C. À ces températures – en considérant le col de la bouteille comme exclusivement composé de CO_2 – la pression de ce gaz passe, grosso modo, de 8 bars (à 20 °C) à 5 bars (à 10 °C) (à cause de l'augmentation de la solubilité du CO_2 dans le vin à basse température). Cette diminution de la pression à basse température augmente en retour le rayon critique des germes gazeux susceptibles de grossir par diffusion au dégorgement (et donc la probabilité pour le vin de gerber). De plus, à 10 °C le vin présente une viscosité plus importante qu'à 20 °C (de l'ordre de 20 %), ce qui réduit d'autant le rythme de production des bulles dans le vin à partir de particules immergées *(Liger-Belair, 2006)*. Cette méthode se montre toujours efficace dans les limites de l'intensité du gerbage. Aspersion des bouteilles par le glycol à -25 °C ou pièce réfrigérée sont les deux méthodes classiquement rencontrées dans le monde des effervescents.

Afin d'illustrer l'influence de la température du vin sur le risque de gerbage, deux bouteilles de champagne issues d'un même lot, mais stockées à deux températures différentes, ont été filmées au moment du débouchage ***(figure 11)*** *(Liger-Belair et coll., 2013)*. Le débouchage à 18 °C s'accompagne d'un puissant jet de mousse, alors qu'à 4 °C la bouteille n'est pas gerbeuse.

Le coup de marteau

Cet outil permet de frapper à plat la capsule à des pressions oscillant entre 6 et 8 bars. À noter que cette méthode est rarement optimisée par les opérateurs (pression à asséner et délai entre coup porté et ouverture de la bouteille). Ce choc parvient parfois de façon spectaculaire à stopper net un gerbage potentiel à l'ouverture de la bouteille. Le mécanisme rendant compte de cette technique n'est pas décrit. On peut néanmoins émettre l'hypothèse que l'onde de choc transmise par le coup de marteau augmente momentanément et de façon importante la pression autour des micro-bulles stabilisées dans la bouteille close (qui sont véritablement les germes initiateurs du gerbage une fois la bouteille ouverte), forçant ainsi leur redissolution dans le vin.

Autres

- La manipulation des bouteilles est un facteur important de risque de gerbage et l'expérience montre qu'un repos de celles-ci au moins 5 jours avant de l'opération de dégorgement est souhaitable;
- La diminution de la cadence est parfois une solution ultime pour réduire un gerbage de moyenne intensité.

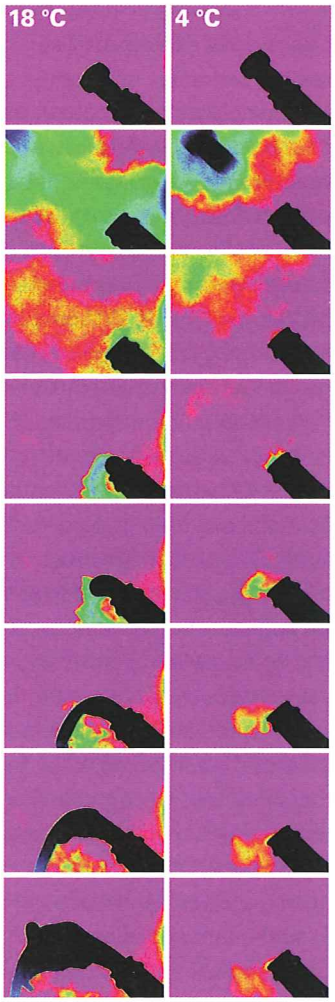
Conclusions

Pour l'élaborateur de vins effervescents, le gerbage fait partie des incidents importants tant en terme de production qu'en terme qualitatif. Même si les mécanismes sont bien déterminés au niveau théorique et souvent compris au niveau pratique, certains cas restent obscurs. Une des raisons est sans doute que le phénomène est multiparamétrique par nature (comme nous le montrerons dans la seconde partie de cet article) et que le gerbage peut être lié à de fines variations des conditions de sa formation. Lors du dégorgement ou du débouchage, quelques bulles supplémentaires au sein du liquide peuvent faire basculer le comportement d'une cuvée nerveuse à un comportement chaotique où les pertes de liquide deviennent importantes et la qualité du produit fini non-recevable. Les hydrophobines d'origine fongique sont de plus en plus décrites dans le monde brassicole comme responsables d'une fréquence importante des gerbages *(Sarlin, 2012)*. Le mécanisme n'est pas élucidé, mais on suspecte ces polypeptides d'être d'excellents tensioactifs capables de stabiliser des micro-bulles. Les micro-organismes listés ci-avant ont déjà été identifiés *(Wang et coll., 2011)* et l'on peut se poser la question de la présence de ces hydrophobines dans le vin. À notre connaissance, aucune n'y a été décrite et cette piste mérite d'être explorée dans l'univers des vins effervescents.

Éviter le gerbage revient essentiellement à une maîtrise complète du process: maîtrise physico-chimique (filtration, stabilités tartriques, remuage, températures) et microbiologique (contrôle de la prise de mousse, maîtrise des FML et une hygiène rigoureuse).

Dans une seconde partie, nous proposerons un modèle mathématique du phénomène afin de cerner au mieux le rôle de chaque paramètre. ■

■ Figure 11: Deux bouteilles d'un même lot sont filmées au moment du débouchage, à l'aide d'une caméra infrarouge qui permet de visualiser le gaz carbonique qui s'échappe (ce sont les volutes colorées); À 18 °C, le champagne gerbe à l'ouverture de la bouteille, alors qu'à 4 °C il ne gerbe pas.



© PRON, LIGER-BELAIR, POLIDORI/UNIVERSITÉ DE REIMS.

Remerciements: *Les auteurs remercient vivement Thierry Pouget et Jean-François Tranchant (LVMH Recherche Parfums & Cosmétique - St Jean de Braye, France) pour les analyses en microscopie électronique à balayage couplé à une détection RX et à l'interprétation des résultats.*

NDLR: *Les références bibliographiques concernant cet article sont disponibles sur simple demande auprès de la Revue des Œnologues.*
- Par courrier: joindre une enveloppe affranchie, avec les références de l'article
- Sur internet: ***www.oeno.tm.fr***

NDLR: *La seconde partie de cette étude sera publiée dans le numéro 148 de la Revue des Œnologues (juillet 2013).*