

# Le gerbage des vins effervescents

## Partie 2/2 : Vers la construction d'un modèle théorique

Gérard Liger-Belair<sup>1</sup>, Jacques-Emmanuel Barbier<sup>2</sup>, et Bertrand Robillard<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Équipe Effervescence - Champagne et Applications - GSMA (UMR CNRS 7331) - Université de Reims Champagne-Ardenne - Reims - France.

<sup>2</sup> Institut Œnologique de Champagne - Épernay - France.

### Introduction

Au cours de l'élaboration des vins effervescents, la production de mousse peut devenir un réel problème lorsqu'elle apparaît de façon excessive et incontrôlée à l'ouverture de la bouteille, notamment au stade du dégorgement. On parle alors de gerbage. 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.

Outre la perte de vin qu'il occasionne, le gerbage peut ralentir la cadence de production de manière très significative. En outre, lorsque ce phénomène survient chez le client, il est très dommageable pour l'image du produit et de la marque.

Dans la première partie de cet article, publiée dans le numéro précédent de la Revue des Œnologues (Liger-Belair et coll., 2013), nous avons présenté l'origine du phénomène et proposé quelques solutions pratiques à mettre en œuvre pour tenter d'y remédier.

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. Afin de mieux comprendre le rôle joué par les différents acteurs d'un processus scientifique, il est toujours intéressant de pouvoir proposer un modèle théorique.

À partir d'arguments simples, et sur la base des lois physiques qui décrivent la dynamique des bulles dans un vin effervescent (mises en place récemment à l'université de Reims), nous proposons dans la seconde partie de cet article de construire un modèle de gerbage et d'en extraire les principaux paramètres qui ont un rôle à jouer.

### Le gerbage modélisé

Au moment du dégorgement (ou du débouchage de la bouteille par le client), les bulles qui apparaissent 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 dans le col de la bouteille (*photo 1*).

Le volume occupé par la mousse dans le col de la bouteille résulte d'un équilibre dynamique entre les bulles nucléées au sein de la phase liquide et qui parviennent en surface après avoir cheminé dans la bouteille et les bulles qui disparaissent progressivement (par éclatement, coalescence, disproportionnement et résorption).

D'une manière très générale, l'équation différentielle qui régit le nombre  $N$  de bulles qui s'accumulent dans le col prend la forme suivante:

$$\frac{dN}{dt} = f \cdot \frac{N}{T} \quad (1)$$

où  $f$  est la fréquence de bullage générée par l'effervescence au sein de la phase liquide (i.e., le nombre de bulles qui rejoignent la surface du vin chaque seconde) et  $T$  est la durée de vie moyenne d'une bulle en surface (exprimée en seconde).

Si on attribue à chaque bulle qui parvient en surface un volume moyen, noté  $v$ , il devient aisé de raisonner non plus sur un nombre de bulles qui s'accumulent dans le col, mais sur leur volume total, noté  $V$ . On obtient alors l'équation suivante:

$$\frac{dV}{dt} = vf \cdot \frac{Nv}{T} = vf \cdot \frac{V}{T} \quad (2)$$

Cette équation différentielle admet la solution suivante, qui permet donc de suivre l'évolution du volume occupé par la mousse dans le col de la bouteille en fonction du temps:

$$V(t) = vfT \left( 1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right) \right) \quad (3)$$

Le schéma de principe de la *figure 1* donne l'allure de l'évolution de ce volume de mousse avec le temps. Le volume occupé par la mousse croît rapidement pour finalement tendre vers un plateau égal au produit  $vfT$ . Le critère de gerbage relève alors du bon sens. Il y aura gerbage

■ **Photo 1 :** Dès l'ouverture de la bouteille, des bulles de gaz carbonique s'accumulent dans le col.



© JACQUES HONNAULT

si ce volume de mousse  $V(t)$  dépasse le volume de l'espace gazeux du col de la bouteille, noté  $V_c$ .

Dans ce modèle, le produit du volume d'une bulle  $v$  par la fréquence  $f$  d'émission des bulles dans la bouteille et par leur durée de vie moyenne  $T$  en surface devient fondamental. Plus ce produit est élevé, et plus le risque de gerbage est élevé.

Sur la base de travaux universitaires rassemblés dans l'ouvrage de Liger-Belair et Rochard (2008), les principaux paramètres responsables du grossissement des bulles et de leur fréquence d'émission dans un vin effervescent ont été référencés. La loi d'échelle qui décrit le volume occupé par une bulle qui remonte dans un vin chargé en gaz

carbonique dissous prend la forme suivante:

$$v \propto \theta^{5/3} (c_L - k_H P) h \quad (4)$$

où  $\theta$  est la température du vin (exprimée en °K),  $c_L$  sa concentration en gaz carbonique dissous (exprimée en g/l),  $k_H$  la solubilité du CO<sub>2</sub> dans le vin (exprimée en g/l/bar),  $P$  est la pression ambiante (exprimée en bar) et  $h$  la distance parcourue par la bulle dans le vin (exprimée en cm).

De même, la loi d'échelle qui décrit la fréquence d'émission des bulles à partir de germes gazeux piégés dans des particules immergées prend la forme suivante:

$$f \propto \theta^2 \frac{(c_L - k_H P)^2}{\eta} \quad (5)$$

où  $\eta$  est la viscosité du vin (exprimée en kg/m/s).

En définitive, en combinant les équations (4) et (5), le produit  $v f T$  prend la forme ci-dessous:

$$v f T \propto \theta^{11/3} (c_L - k_H P)^2 \frac{h}{\eta} T \quad (6)$$

Plus le produit  $v f T$  est élevé et plus le risque de gerbage est grand. L'équation qui précède nous permet donc de discuter de l'influence relative d'un certain nombre de paramètres sur le risque de gerbage. Nous évoquerons chacun d'eux ci-après.

## Discussion

### La température

Si on en croit l'équation (6), la température du vin joue un rôle majeur. Elle apparaît directement via le facteur  $\theta^{11/3}$ , mais est également « cachée » dans la solubilité du CO<sub>2</sub> dans le vin ainsi que dans la viscosité du vin (Liger-Belair, 2006; Liger-Belair et Rochard, 2008). En effet, on sait que la solubilité du CO<sub>2</sub> dans le vin diminue fortement avec l'augmentation de la température (ce qui entraîne une augmentation du paramètre  $v f T$ ). On sait aussi que la viscosité du vin diminue lorsque sa température augmente (ce qui

entraîne également une augmentation du paramètre  $v f T$ ). Pour toutes ces raisons, une augmentation de la température du vin (même de quelques degrés) augmente considérablement les risques de gerbage (figure 2).

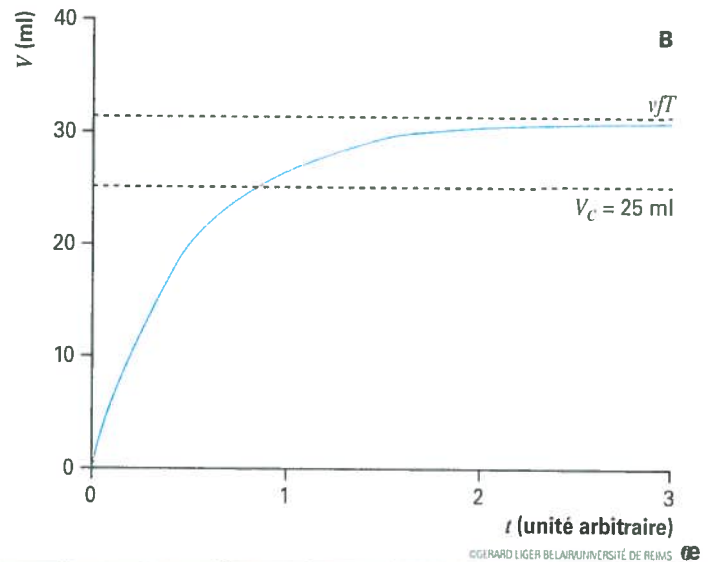
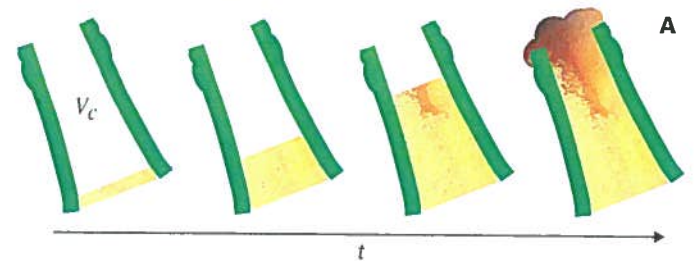
### La concentration du vin en gaz carbonique dissous

Si on en croit l'équation (6), une augmentation de la concentration du vin en gaz carbonique augmente le paramètre  $v f T$ . La concentration en CO<sub>2</sub> dissous dans le vin augmente avec la quantité de sucre utilisée au moment du tirage. Grosso modo, la concentration en CO<sub>2</sub> dissous dans le vin (en g/L) est égale à la moitié de la concentration en sucre (en g/L) ajoutée au moment du tirage. C'est la raison pour laquelle les vins effervescents riches en gaz carbonique dissous (tirés à 24 g/L de sucre par exemple) ont un plus fort potentiel gerbeur que ceux tirés avec une quantité plus faible de sucre (figure 3). De même, un vin qui aura vieilli longtemps sur lies avant d'être dégorgé aura perdu un peu de son CO<sub>2</sub> dissous via la capsule ou le bouchon de tirage, qui ne sont pas des matériaux parfaitement hermétiques, loin s'en faut (Tribaut-Sohier et Valade, 2001; Valade et coll., 2011). Pour cette raison, un vieux vin présentera donc toujours un risque de gerbage moins important qu'un vin jeune.

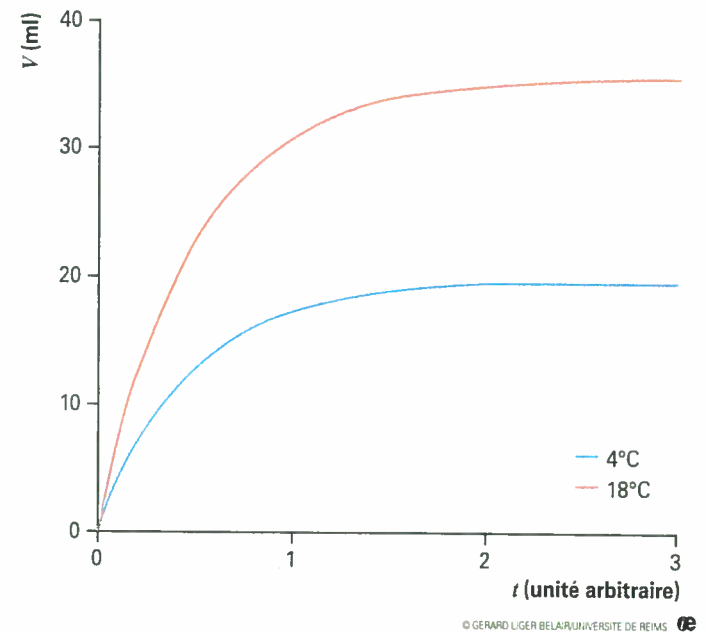
### La pression ambiante

La pression ambiante est fonction des conditions climatiques (pour de petites variations autour d'une valeur moyenne de 1 bar au niveau de la mer), mais surtout de l'altitude. La pression ambiante diminue progressivement selon une loi bien définie lorsque l'on s'élève au-dessus du niveau de la mer,

■ **Figure 1:** A: Schéma de principe qui illustre l'augmentation progressive du volume occupé par la mousse dans le col de la bouteille juste débouchée; B: Le volume  $V$  occupé par la mousse croît avec le temps et la bouteille gerbe si  $V > V_C$ .



■ **Figure 2:** Accroissement théorique du volume occupé par la mousse au cours du temps selon que le vin est à 4 °C ou bien à 18 °C (pour un nombre de sites de nucléation identique dans les deux cas et des vins contenant 12 g/l de gaz carbonique dissous).



ce qui aura pour effet d'augmenter le volume et la fréquence d'émission des bulles (et donc le produit  $v f T$ ). Le risque de gerbage va donc logiquement augmenter de façon significative avec l'altitude.

### La viscosité

La viscosité d'un vin est essentiellement fonction de sa température. Elle augmente lorsque la température du vin diminue.

Cependant, à température équivalente, il semblerait qu'un vieux vin (après plusieurs années de vieillissement sur lies ou sur bouchon) présente une viscosité légèrement plus importante que lorsqu'il était jeune (Liger-Belair et coll., 2010). Par application de l'équation (6), cette observation irait, là encore, dans le sens d'un risque de gerbage diminué pour les vieux vins.

### La hauteur de la bouteille

La hauteur de liquide  $h$  dans une bouteille est bien entendu fonction du volume du flacon considéré. Plus le flacon est grand, plus cette hauteur de liquide est importante et plus le volume de la bulle qui remonte dans le vin augmente en retour, ce qui a pour conséquence directe l'augmentation du produit  $vT$  et donc le risque de gerbage.

Les grands flacons présentent donc naturellement des risques de gerbage plus importants (notamment le magnum qui présente une grande hauteur de vin pour un volume de gaz dans le col de la bouteille identique à celui d'une bouteille standard ou d'une demi-bouteille).

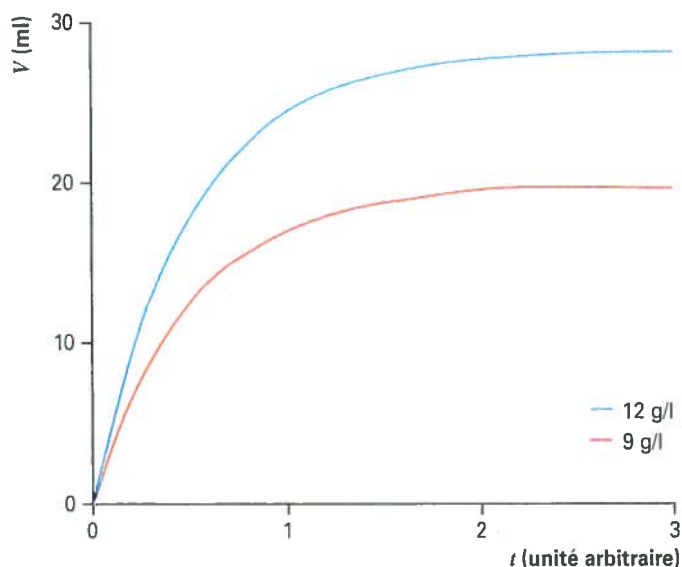
### La durée de vie moyenne d'une bulle dans le col

D'une manière générale, la durée de vie d'une bulle en surface dépend de la vitesse de drainage du film liquide qui constitue les parois d'une bulle. Plus le drainage est rapide, plus le film de vin s'amincit rapidement, et plus les bulles éclatent vite. En conséquence de quoi, plus le drainage est rapide et plus la durée de vie moyenne  $T$  d'une bulle dans le col sera faible.

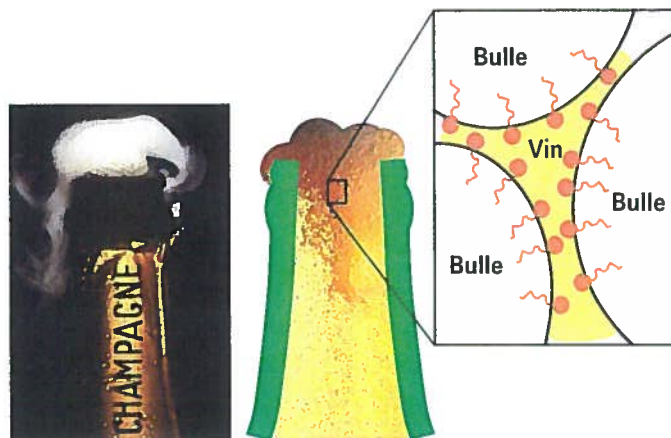
La vitesse de drainage d'un film de vin dépend de facteurs physiques (tels que la température et la viscosité, par exemple), mais surtout de la présence d'une catégorie de molécules dites tensioactives.

Les molécules tensioactives du vin, qu'elles proviennent du raisin ou de la levure (Dambrouck et coll., 2003), sont des molécules amphiphiles qui ont la particularité de se déposer sur les interfaces liquide/gaz (la partie hydrophobe au contact du gaz et la partie hydrophile au contact du liquide). Elles envahissent ainsi le film de liquide qui sépare les bulles présentes dans le col de la bouteille (figure 4).

■ **Figure 3: Croissance théorique du volume occupé par la mousse au cours du temps selon que le vin contient 12 g/l ou 9 g/l de gaz carbonique dissous (pour un nombre de sites de nucléation identique dans les deux cas et des vins à 10 °C).**



■ **Figure 4: Schéma de principe du rôle stabilisateur des tensioactifs du vin qui tapissent la surface des bulles, ralentissent le drainage qui précède la rupture des films liquides, et allongent ainsi la durée de vie moyenne des bulles dans le col.**



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

Or, ces molécules tensioactives ont la particularité de ralentir la vitesse de drainage du film liquide et donc d'augmenter en retour la durée de vie moyenne des bulles en surface.

Plus un vin est riche en molécules tensioactives susceptibles de stabiliser le film des bulles en surface, plus la mousse sera stable, et plus le risque de gerbage sera élevé. On sait par expérience que tous les vins n'ont bien entendu pas la même tenue de mousse (car la durée de vie moyenne d'une bulle en surface peut changer de façon drastique d'un vin à l'autre). Dans la pratique, c'est un paramètre non maîtrisable, chaque cuvée possédant une tenue de mousse qui lui est propre, compte tenu de la chimie de la matière première (l'effet millésime), des conditions de vinifications et des traitements œnologiques... Afin de minimiser le risque de gerbage lorsque l'on est en présence d'un vin qui présente une forte tenue de mousse (et donc un grand  $T$ ), il faudra prendre garde à minimiser les autres paramètres présents dans l'équation (6).

### Conclusions

Le modèle développé dans cet article permet de mieux comprendre l'origine de quelques paramètres clés responsables du phénomène de gerbage et d'évaluer leur importance relative. Ces paramètres seront donc autant de différents leviers potentiels à disposition pour l'élaborateur de vins effervescents afin de tenter de limiter le gerbage lorsque celui-ci est en présence d'une cuvée nerveuse, susceptible de gerber. Cependant, bien que les mécanismes à l'origine du gerbage des vins effervescents semblent compris au niveau théorique, et pour certains, maîtrisés au niveau pratique (Liger-Belair et coll., 2013), certains cas de gerbage restent encore très obscurs.

Une des raisons est sans doute que le phénomène est hautement multiparamétrique par nature, comme le montre le modèle développé ici. ■

**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](http://www.oeno.tm.fr)

**NDLR:** La première partie de cette étude a été publiée dans le numéro 147 de la Revue des Œnologues (avril 2013).