

Lettre Technique | 06

Introduction

La concentration en dioxyde de carbone (CO₂) dissous dans le vin influence grandement ses caractéristiques organoleptiques. Le CO₂ souligne en général les perceptions de fraîcheur et d'acidité, gomme la sucrosité, intensifie l'amertume et l'astringence et peut conduire à une sensation de picotement. Selon le vin, en quantité trop faible, le CO₂ peut rendre les vins blancs plats et à l'inverse, en quantité trop importante, il peut rendre les vins rouges rugueux et tanniques.

C'est pourquoi le CO₂ est un paramètre très important à gérer pour que les œnologues puissent garantir une concentration adaptée dans leurs vins. Cependant, il convient de rappeler qu'il est toujours difficile de gérer les gaz dans le vin, et ceci est encore renforcé dans le cas du CO₂, car les appareils de mesure ne sont ni très précis ni très simples à utiliser. En outre, l'incertitude règne également quant à la façon de protéger le CO₂ lorsque le vin est mis en bouteille.

Cette courte lettre d'information technique vise à apporter des informations utiles sur le CO₂ dans le vin.

Le CO₂ dans le vin

Le CO₂ est un gaz naturellement produit par les levures lors de la fermentation, et comme tous les gaz, il est capable de se dissoudre dans les liquides. Le CO₂ est beaucoup plus soluble dans le vin que l'oxygène (environ 40 fois plus). La solubilité d'un gaz dans un liquide spécifique est mesurée par sa concentration à saturation. La loi d'Henry est utilisée pour quantifier la solubilité des gaz. La solubilité d'un gaz dans un liquide est directement proportionnelle à la pression partielle de ce gaz au dessus du liquide. Cette relation est exprimée par l'équation :

$$P_{CO_2} = H_{CO_2} \cdot C$$

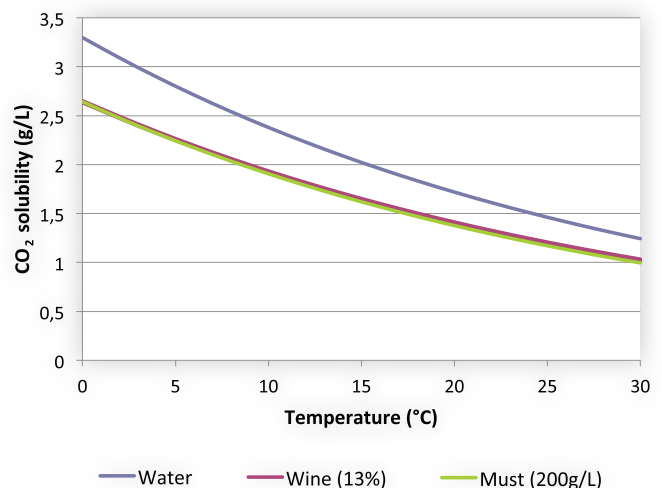
dans laquelle P_{CO_2} est la pression partielle d'oxygène, C la concentration et H_{CO_2} la constante de solubilité, également connue sous le nom de constante de Henry. Ce paramètre clé est affecté par la température et la composition du milieu liquide. Ainsi, la quantité de CO₂ présente dans un liquide à une pression donnée (par exemple, la pression atmosphérique) diffèrera en fonction de la température et du type de liquide. Dans le cas du vin, ces paramètres ont été étudiés par Lonvaud-Funel et Matsumoto en 1979.

La température exerce un effet très important sur la solubilité. Lorsque la température s'élève, le CO₂ perd en solubilité. Les concentrations en alcool et en sucres exercent également un effet puisqu'elles font diminuer la quantité de CO₂ dissous (Figure 1).

Dans l'eau, le CO₂ forme l'acide carbonique (H₂CO₃), qui est un acide faible. Néanmoins, cette réaction favorise la forme du CO₂, et, en raison de la gamme de pH du vin, le H₂CO₃ formé n'est pas capable de se dissocier pour former du carbonate d'hydrogène (HCO₃⁻). (Liger-Belair 2005: JAF 53 2788-2802).

Comme l'air contient de petites quantités de CO₂ (~0,03%), la concentration en CO₂ dans le vin tend à diminuer au cours du processus œnologique, mais aussi au cours du stockage jusqu'à ce qu'un équilibre avec l'air soit atteint (environ 0,5 mg/l de CO₂ dissous dans le vin).

Figure 1 : effet de la température sur la solubilité du CO₂ dans différents liquides



Mesurer le CO₂ dans le vin

Mesurer le CO₂ dissous dans le vin représente un défi, bien que des méthodes aient été mises au point.

L'OIV (Organisation Internationale de la Vigne et du Vin) propose deux méthodes de mesure du CO₂ dans le vin.

La première est basée sur le titrage du pH. L'échantillon de vin est fixé à un pH de 10 à 11 et est ensuite titré avec une solution acide standard. La concentration en dioxyde de carbone est calculée à partir du volume d'acide nécessaire pour que le pH passe de 8,6 à 4, correspondant au niveau où le CO₂ passe de la forme bicarbonate à celle de l'acide carbonique. Un dégazage sous vide est réalisé de la même façon pour prendre en compte le titrage d'autres acides présents dans le vin et corriger les résultats en conséquence.

La seconde méthode est basée sur l'augmentation de pression et sa mesure. De l'hydroxyde de sodium est ajouté dans l'échantillon pour fixer le CO₂. Le vin est placé dans une fiole connectée à un manomètre et le CO₂ est libéré par l'acide sulfurique. L'augmentation de pression qui en résulte est ensuite mesurée et comparée à une courbe d'étalonnage.

Ces deux méthodes de référence ne sont malheureusement adaptées qu'à une utilisation en laboratoire et sont difficilement applicables au chai.

C'est le « carbodoseur », un appareil bon marché et simple à utiliser, qui est certainement l'appareil de mesure le plus répandu en cave. L'échantillon de vin (100 ml) est placé dans une éprouvette graduée, qui est agitée pour éliminer le CO₂. Le volume de vin restant et la température sont ensuite mesurés et une table de correspondance traduit les résultats en milligrammes par litre. Le principal défaut de cette méthode est sa précision (+/- 100 mg/l), qui est beaucoup trop faible pour garantir une gestion satisfaisante du CO₂ au chai.

Une autre technique de mesure fréquemment utilisée est la méthode de la Pression/Température. Un volume spécifique de vin est placé dans une chambre de mesure où il est enfermé hermétiquement. Le système force ensuite l'équilibre du CO₂ entre le vin et l'air. Grâce à la plus grande solubilité du CO₂ comparée à celle de l'O₂ ou du N₂, le CO₂ va provoquer l'augmentation de la pression totale mesurée, permettant ainsi d'en mesurer la concentration. Cette méthode ne peut pas être précise, puisqu'elle part du postulat que le seul gaz dissous dans le vin est le CO₂, ce qui n'est jamais le cas. Il est possible d'éliminer cette interférence en procédant à des expansions du volume de la chambre, méthode plus connue sous le nom d'Expansion Volumique Multiple (MVE). L'appareil CarboQC s'appuie sur cette méthode, brevetée par Anton Paar. La méthode MVE permet une reproductibilité d'environ 50 mg/l (selon le fabricant) mais pour atteindre un tel niveau, une maintenance très poussée reste nécessaire.

Une autre technique présente sur le marché est la conductivité thermique (CT). En fait, la conductivité thermique du CO₂ est beaucoup plus basse que celle de

l'O₂ ou du N₂ et peut être mesurée en créant une différence de 1°C entre les deux surfaces. Cette mesure doit être réalisée en phase gazeuse, afin qu'une membrane de diffusion spécifique sépare le vin du capteur de CT. L'azote est utilisé pour purger le détecteur entre deux mesures. Un calibrage doit être réalisé très fréquemment.

En conclusion, nous pouvons dire que la filière vin est toujours en attente d'une technologie abordable qui permettrait de mesurer précisément et facilement le CO₂.

Le CO₂ en bouteille

Avant la mise en bouteille, la quantité de CO₂ dans le vin est ajustée. Cependant, l'embouteillage et l'élevage en bouteille affectent la concentration en CO₂.

Lors de la mise en bouteille, le vin est transféré de la cuve à la bouteille, impliquant potentiellement un contact avec l'air et entraînant ainsi une perte en CO₂.

Le remplissage de la bouteille est l'étape principale au cours de laquelle le CO₂ s'échappe du vin, les pertes les plus importantes survenant au début et à la fin de la mise en bouteille, comme c'est le cas pour l'oxygène. Les bouteilles remplies en premier peuvent potentiellement contenir moins de CO₂ car le vin est mis en contact avec l'air présent dans les tuyaux et les filtres, ce qui entraîne une migration vers l'air du CO₂ contenu dans le vin. De la même façon, les derniers volumes de vin mis en bouteille sont exposés à une plus grande perte en CO₂ car le vin, resté en cuve plus longtemps, est davantage en contact avec l'air.

Ainsi, si aucune précaution n'est prise, les 100 premières et les 100 dernières bouteilles remplies (selon la taille de la ligne d'embouteillage) contiendront plus d'oxygène et moins de CO₂. Pour limiter ce phénomène, l'utilisation d'un gaz inerte est nécessaire. Pour les vins blancs et rosés notamment, l'utilisation d'un mélange de gaz composé à 50% de CO₂ et 50% de N₂ est une solution adaptée.

Après la mise en bouteille, les pressions de CO₂ atteignent un équilibre entre les phases gazeuse et liquide. Si l'espace de tête n'est pas inerté avec du CO₂, une partie du CO₂ présent dans le vin migre dans l'espace de tête. L'espace de tête représentant un volume faible, la diminution de CO₂ dissous reste relativement faible. Cette diminution s'élève à 1% pour les vins avec bouchons insérés et 2% pour les vins sous capsules à vis (Tableau 1). Si l'espace de tête est inerté avec du CO₂, une diffusion de CO₂ de l'espace de tête dans le vin peut survenir, mais l'augmentation de CO₂ dissous due à ce processus est quasiment négligeable.

Tableau 1 : effet de la gestion de l'espace de tête sur le CO₂ dissous (bouteille de 750 ml).

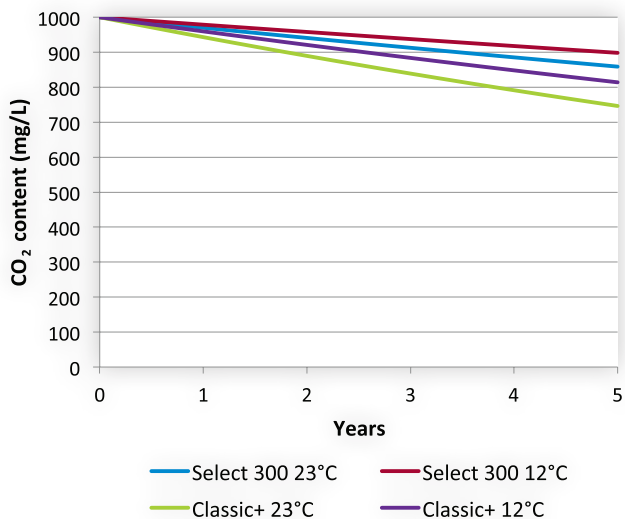
	Bouchon cylindrique		Capsule à vis	
CO ₂ dans le vin à la mise en bouteille (mg/L)	1000	1000	1000	1000
Gestion de l'espace de tête	Vide	CO ₂	Rien	CO ₂
Volume de l'espace de tête (mL)	5	5	15	15
Température (°C)	17	17	17	17
CO ₂ dans le vin à l'équilibre (mg/L)	993	1005	978	1014

Lors du stockage du vin, en raison d'une pression partielle de CO₂ dans la bouteille supérieure à celle de l'air atmosphérique, une perte de CO₂ est fréquemment observée au cours du temps. Cette perte sera régulée par le bouchon grâce à sa perméabilité spécifique. Tout comme dans le cas de la perméabilité à l'oxygène (OTR), les obturateurs ont une perméabilité au dioxyde de carbone, qui est peut être exprimée en taux de transfert du dioxyde de carbone (CO₂ TR).

En accord avec les valeurs théoriques, les mesures réalisées par notre équipe de R&D spécialisée dans le Développement de Produit indiquent un rapport de 1 à 4 entre le CO₂TR et l'OTR. Le CO₂ passe 4 fois plus vite que l'O₂ à travers un bouchon Nomacorc. La gamme de bouchons Nomacorc est basée sur des valeurs spécifiques d'OTR, ce qui peut être facilement converti en valeurs de CO₂TR. Ainsi, puisqu'il est possible de prévoir la quantité d'oxygène qui pénètre dans la bouteille, il est possible de prévoir la quantité de CO₂ qui s'échappe de la bouteille au cours du temps. La Figure 2 montre l'évolution du CO₂ dans une bouteille de vin obturée avec deux bouchons différents et stockée à deux températures différentes (23°C et 12°C). La perméabilité plus élevée de Classic+ entraîne une perte plus rapide de CO₂ dans la bouteille. Il est néanmoins important de souligner que la perte est vraiment minime ; après 2 ans, la perte est inférieure à 100 mg/l (donc inférieure à l'erreur analytique commise par la plupart des méthodes de mesure).

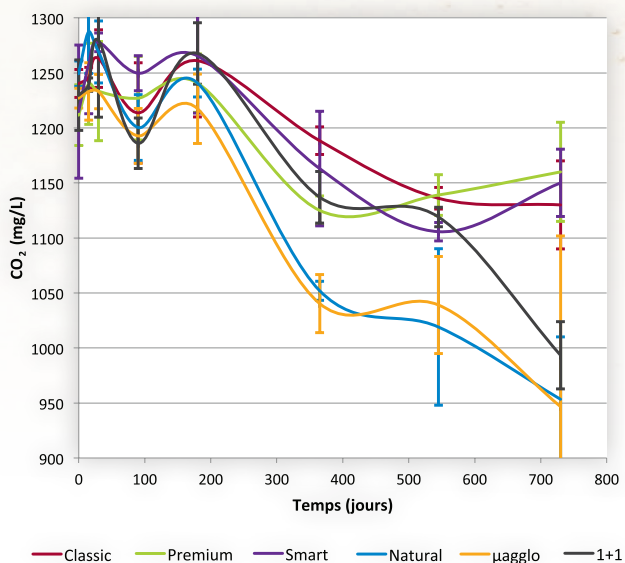
La température peut affecter la perte de CO₂ dans le temps. Le CO₂TR dépend du gradient du CO₂, qui est dans ce cas précis entraîné par la pression de CO₂ dans la bouteille. Une température plus faible accroît la solubilité de CO₂ dans le vin et fait ainsi diminuer la pression de CO₂ dans la bouteille. En conséquence, à température plus faible, la perte de CO₂ sera plus lente.

Figure 2 : évolution du CO₂ en bouteille sous différentes conditions



Des essais sur la rétention du CO₂ dans des vins en bouteille ont été menés par Nomacorc. La Figure 3 montre l'évolution du CO₂ présent dans un vin de Muscadet mis en bouteille avec 1200 mg/l de CO₂ et fermé avec différents bouchons.

Figure 3 : évolution du CO₂ dans un vin blanc issu de Muscadet stocké à 12°C.



En tenant compte de l'écart type inhérent à la mesure du CO₂, les produits Nomacorc se sont comportés de façon très similaire à ce qui aurait pu être prévu grâce à leur CO₂TR régulier et connu. En effet, la concentration de CO₂ dans le vin fermé avec le bouchon Smart aurait dû s'élever à environ 1100 mg/l (1150 mg/l ont été observés), celle du vin sous bouchon Classic à environ 1130 mg/l (ce qui a été observé) et celle du vin sous bouchon Premium à environ 1160 mg/l (ce qui a été observé). Dans cet essai, le bouchon en liège naturel et le bouchon en liège aggloméré ont conduit aux pertes en CO₂ les plus importantes, mais d'autres essais ont montré qu'ils peuvent se conduire de la même façon que les produits Nomacorc, avec toutefois une régularité plus faible d'une bouteille à l'autre.

Conclusion

La gestion du CO₂ est un paramètre clé de la qualité du vin, qui reste difficile à assurer. Cette difficulté est liée au manque de méthodes de mesure du CO₂ qui soient précises et faciles à appliquer au chai, au moment où les œnologues doivent prendre des décisions rapidement comme lorsqu'ils préparent leurs vins à la mise en bouteille. S'il est possible d'obtenir la concentration de CO₂ souhaitée avant la mise en bouteille, l'application de bonnes pratiques de mise en bouteille et le choix du bouchon peuvent influencer sur le niveau de régularité d'une bouteille à l'autre.