

Cetie

Des espaces de tête



Nicholas Harris

Délégué Général
Cetie (Centre Technique
International de
l'Embouteillage)

C'est un fait de la nature que, à quelques exceptions près, les substances se dilatent quand la température augmente. Par ailleurs les liquides se dilatent en général bien plus que les solides pour une même augmentation de la température. C'est pour cela que, quand on conditionne un liquide dans un contenant rigide il faut tenir compte de ce qui se passe quand la température augmente après le bouchage, d'autant plus que les forces développées par la dilatation thermique d'un corps liquide ou solide sont effectivement irrésistibles. Cela implique de prévoir un volume vide au-dessus du produit contenu dans la bouteille bouchée – l'espace de tête. Nous rappelons ici quelques principes de base à ce sujet.

La température d'un produit contenu dans une bouteille fermée peut varier, soit d'une façon contrôlée lors d'un traitement thermique de pasteurisation ou de stérilisation, soit de façon moins contrôlée lors du transport et de stockage, par exemple dans un camion garé ou un coffre de voiture en plein soleil. Quand la température monte la dilatation du liquide comprime le gaz contenu dans l'espace de tête. Selon la température maximale anticipée, la valeur de l'espace de tête doit donc être déterminée de façon à limiter la surpression qui en résulte afin de prévenir la perte d'étanchéité du bouchage ou le risque d'éclatement de la bouteille. Ceci est d'autant plus critique que la pression monte très vite quand la dilatation devient importante par rapport au volume de l'espace de tête.

Les volumes de remplissage nominaux étant définis réglementairement à 20°C,

les espaces de tête sont également définis à cette température, quelle que soit la température réelle de remplissage. La valeur de l'espace de tête est généralement considérée en pourcentage du volume nominal de produit (donc à 20°C), car ses effets sont essentiellement proportionnels au volume.

Pour illustrer le phénomène la figure 1 ci-dessous montre l'augmentation théorique de la pression relative dans une bouteille en verre remplie d'eau à 20°C et à pression atmosphérique pour différentes valeurs de l'espace de tête. Pour cet exemple nous faisons l'hypothèse simplificatrice qu'il n'y a pas d'échange entre le gaz de l'espace de tête et le liquide, c'est à dire que le niveau de liquide agit simplement comme un piston. On indique également (lignes verticales «contact bouchage») la température à laquelle le liquide remplit entièrement l'espace de tête pour des valeurs de 1 %, 2 % et 3 %. Évidemment dans ces cas soit le bouchon, soit la bouteille céderait inéluctablement.

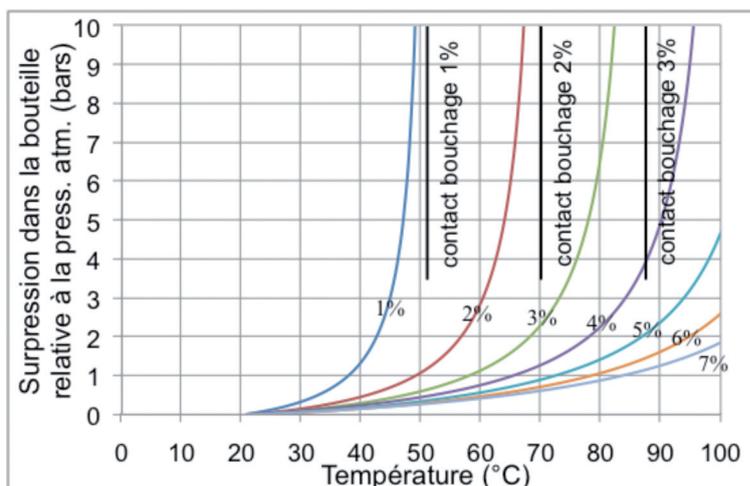


Figure 1 : Augmentation théorique de la pression dans une bouteille en verre remplie d'eau en fonction de la température pour différentes valeurs de l'espace de tête.

« Dans la pratique les recommandations d'espaces de tête doivent être basées sur l'expérience industrielle pour chaque famille de produit. »

Bien que l'augmentation de la pression en fonction de l'espace de tête dépende notamment de la composition du produit et la possibilité des gaz à se dissoudre dans le liquide, la forme générale de ses courbes sera toujours la même, avec une forte dépendance de la montée en pression sur la valeur de l'espace de tête.

Respecter une espace de tête suffisante est donc un facteur très important pour garantir la qualité des produits commercialisés et d'éviter des pertes pouvant affecter des quantités importantes. Ceci est particulièrement le cas quand le système de bouchage n'est pas conçu pour résister à la surpression, comme par exemple les ROPP pour produits plats qui généralement ne seraient pas prévus pour des pressions supérieures à 1 bar.

La composition du produit intervient sur son coefficient de dilatation. L'alcool en particulier a un coefficient de dilatation volumique nettement plus important que celui de l'eau et cela se traduit par une montée en pression plus rapide. Ceci est indiqué dans la figure 2, établie sur la même base théorique que la figure précédente et en comparant le comportement de l'eau avec celui d'un mélange eau/éthanol à 20% vol, pour différentes valeurs de l'espace de tête.

On voit que l'alcool décale la montée en pression à des températures significativement plus basses. Par exemple, un mélange à 20% vol. d'alcool requerrait un espace de tête de presque 3% pour retrouver la même montée en pression que celle observée pour l'eau avec 2% d'espace de tête. Parmi les autres ingrédients courants des boissons, le sucre a également un effet dans le même sens, bien que moindre.

La réalité est évidemment plus complexe car il y aurait toujours une interaction entre le gaz de l'espace

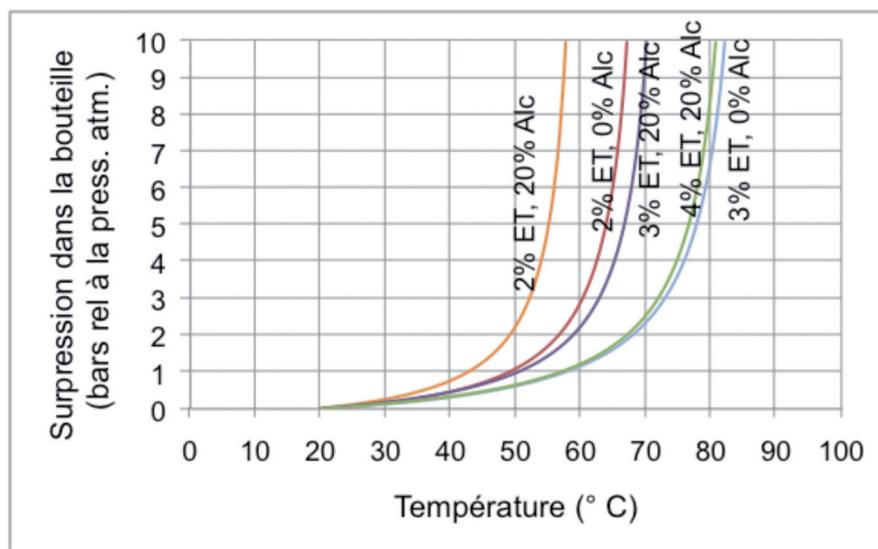


Figure 2 : Augmentation théorique de la pression de l'eau et de l'eau + 20% vol. d'éthanol dans une bouteille en verre en fonction de la température, pour différentes valeurs de l'espace de tête (ET).

de tête et le liquide, soit physique si le gaz est inerte, comme l'azote, soit chimique s'il y a une réaction avec le produit, comme pour le gaz carbonique qui réagit avec l'eau pour former l'acide carbonique. Pour des produits sensibles à l'oxydation, évidemment un balayage de l'espace de tête à l'embouteillage avec de l'azote ou du gaz carbonique prévient ce risque. Même si ces interactions tendraient, à l'équilibre, à diminuer dans certaines limites la pression atteinte elles impliquent une cinétique qui peut être bien plus lente que la dilatation thermique et ainsi engendrer dans ce cas une montée en pression transitoire qui suivrait les figures ci-dessus.

Dans la pratique les recommandations d'espaces de tête doivent être basées sur l'expérience industrielle pour chaque famille de produit. Celle-ci tient compte notamment des températures maximales rencontrées dans les phases de transport et de stockage, estimés entre 40° C et 50° C. Les modèles catalogue des bouteilles en verre traduisent cette pratique, et en particulier la hauteur de remplissage en récipient mesure tient compte de l'espace de tête adéquat. Il appartient toutefois à l'embouteilleur de bien respecter l'espace de tête prévu, tenant compte de la température du produit au remplissage.