

Air comprimé et croissance de microorganismes

Tony Beeckmans

Segment Mgr. Agroalimentaire - Pharma

Les clients et les utilisateurs d'air comprimé, en particulier dans les applications critiques, sont normalement les mieux placés pour définir la qualité et la pureté requises des outils comme l'air comprimé.

Ils sont donc chargés de délivrer les spécifications correctes pour le fournisseur d'équipement d'air comprimé. Le fournisseur, de son côté, est chargé de fournir l'équipement en fonction de la pureté requise.

Dans les applications sensibles à l'hygiène comme l'agroalimentaire, un point de rosée sous pression (PDP) de l'air comprimé de -40 °F/°C est très souvent indiqué.

Il faut comprendre que le besoin en énergie pour atteindre de faibles points de rosée dans une installation d'air comprimé peut représenter une partie importante des coûts totaux d'énergie. En principe, plus le point de rosée requis est bas, plus les besoins énergétiques augmentent.

Pour économiser l'énergie dans les installations, on a étudié pourquoi les applications sensibles à l'hygiène spécifient très souvent un PDP de -40 °F/°C , également appelé classe 2 selon la norme ISO 8573-1. Les entreprises agroalimentaires utilisent par exemple l'air comprimé en contacts directs et indirects.

L'air en contact direct est un processus dans lequel l'air comprimé est utilisé comme une partie du produit lui-même et/ou le processus de production, y compris l'emballage et le transport d'une production alimentaire sécurisée. L'air sans contact est le processus dans lequel l'air comprimé n'est pas en contact direct avec le produit alimentaire, mais il peut l'être, s'il est libéré dans l'atmosphère locale de préparation, transformation ou stockage alimentaire.

La différence n'est pas toujours évidente.

Les applications sensibles à l'hygiène, telles que dans les entreprises agroalimentaires, essayent de réduire le risque de croissance de microorganismes dans le produit final et donc également d'éliminer les sources potentielles de contamination par des outils tels que l'air comprimé. Les entreprises alimentaires d'aujourd'hui sont à juste titre préoccupées par la sécurité alimentaire

Théorie de la croissance des microorganismes et utilisation pratique de l'air comprimé

La littérature décrit les mécanismes de croissance des microorganismes et des champignons ainsi :

"Pour soutenir la croissance des microorganismes, il est nécessaire de créer les conditions qui permettent la reproduction de l'organisme. Tous les microorganismes ont besoin des conditions suivantes pour rester viables et croître dans un milieu de culture :

- 1) *Nutriments*
- 2) *pH approprié*
- 3) *Température appropriée*
- 4) *Gaz*
- 5) *Humidité*

Les 1) 2) et 4) ne sont en principe pas concernés par le processus de compression de l'air, à condition d'utiliser un compresseur sans huile avec refroidisseur final.

Les 3) et 5) peuvent être liés à, ou influencés par la compression de l'air atmosphérique.

3) Température appropriée

Les bactéries mésophiles et les champignons se développent de manière optimale à des températures entre 25 °C/77 °F et 40 °C/104 °F. Les microorganismes thermophiles, ou attirés par la chaleur, se développent à des températures de plus de 45 °C/113 °F jusqu'à environ 90 °C/194 °F. La chaleur est mortelle pour les microorganismes, mais chaque espèce présente sa propre tolérance à la chaleur. Dans un processus de destruction thermique, comme la pasteurisation, le taux de destruction est logarithmique, comme le taux de croissance. Ainsi, les bactéries soumises à la chaleur sont tuées à un taux qui est proportionnel au nombre d'organismes présents. Le processus dépend à la fois de la température d'exposition et de la durée nécessaire à cette température pour atteindre le taux de destruction désiré. La haute température dans les éléments à compression sans huile (>180 °C/356 °F) est suffisante pour réduire considérablement la présence de microorganismes. Cependant, l'air reste à cette température élevée dans les pièces du compresseur pendant une trop courte durée pour être considéré comme stérilisé.

Toutefois, une température descendue en-dessous de 18 °C/64 °F réduit également la croissance. L'activité des microorganismes s'arrête presque entièrement autour du point de congélation de l'eau. Des études ont indiqué que la croissance des microorganismes (champignons et bactéries) est également considérée comme étant arrêtée entièrement lorsque la température est inférieure à -10 °C/14 °F à -18 °C/0 °F selon l'organisme. (Ref 1)

5) Humidité

La quantité d'eau (vapeur) nécessaire à la croissance ou la reproduction dépend du type de champignon ou de bactéries, mais elles ont toutes besoin d'eau pour se reproduire. La majorité nécessite une humidité relative de 75 % ou plus.

Certains peuvent survivre et se multiplier au-dessus de 50 % HR. En dessous de cette humidité relative, ou $aw < 0,5$ (Ref 2 activité de l'eau), aucune prolifération microbienne n'est normalement possible.

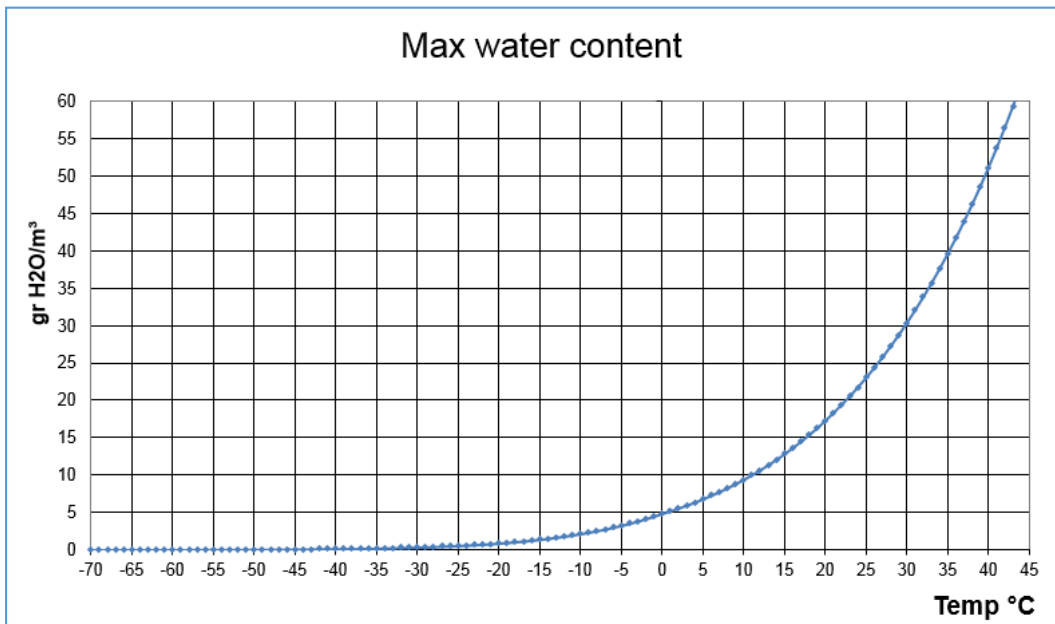
En d'autres termes, la baisse des températures et de l'humidité, ou l'humidité relative, réduisent la possibilité de créer une atmosphère viable pour les microorganismes.

Définition du point de rosée

La température du point de rosée, ou point de rosée, est la température à laquelle une concentration donnée de vapeur d'eau dans l'air forme de la rosée ou, en d'autres termes, c'est la température à laquelle l'air doit être refroidi pour atteindre la saturation. Il s'agit d'une mesure d'humidité dans l'air.

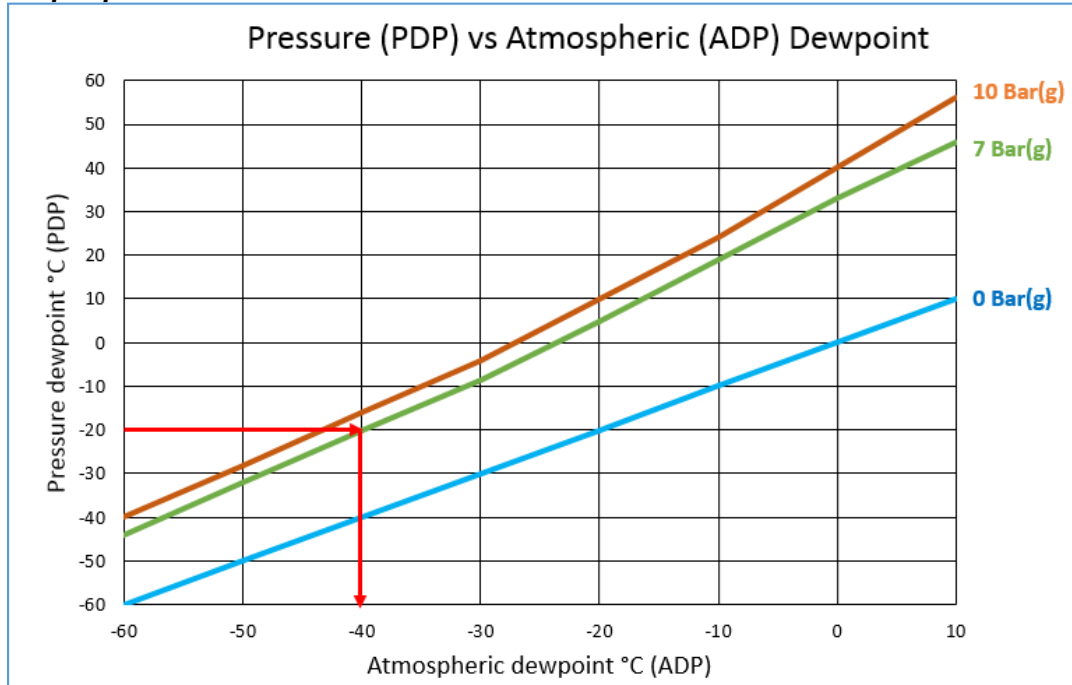
Un point de rosée est exprimé par une température sur l'échelle °C ou °F, et peut également être vu comme la teneur maximale en eau, en gr. ou en oz., pour un volume standard d'air à cette température.

La différence entre -40°C/-40°F et -20°C/-4°F peut sembler importante sur l'échelle de température, mais la différence absolue de teneur en eau en gr. ou oz. est marginale.



Il faut prendre en compte que très souvent, lors de la spécification de l'air comprimé, le PDP, ou point de rosée sous pression, est spécifié. Ce qui signifie la teneur maximale en eau dans l'air comprimé, sous des conditions sous pression. Si l'air entre en contact avec le produit après expansion, ce qui se produit dans la plupart des cas, le point de rosée ou la teneur en eau est beaucoup plus basse. L'humidité relative est réduite d'un facteur : $P(\text{absolue}) / P(\text{atmosphérique})$. (voir Graphique G1) Dans ce cas, le point de rosée de l'atmosphère (ADP) est plus pertinent.

Graphique G1



Exemple : PDP -20 °C/-4 °F @ 7 barg/102 lb/po2 est égal à ADP -41 °C/-42 °F

Le point de rosée en relation avec l'humidité relative

Considérez 2 situations :

1) Température ambiante +20 °C/68 °F avec une humidité relative de 70 %.

L'air atmosphérique entrant a une teneur en eau de 12 grH₂O/m³.

La pression de ligne après le compresseur et le sécheur est 7 bar(g) avec un PDP = -20 °C/-4 °F à température ambiante.

Dans ce cas, l'humidité relative de l'air comprimé dans le conduit sera de 5,1 % et la teneur en eau de 0,9 grH₂O/m³. Après extension, l'humidité relative (ADP) sera de seulement 0,64 % avec 0,11 grH₂O/m³

2) Température ambiante de -15 °C/5 °F, HR de 85 % et température de l'air comprimé au point de rosée de -30 °C/-22 °F.

L'air ambiant entrant a une teneur en eau de 1,18 gr/m³. Dans l'air comprimé après le sécheur, la teneur en eau est de 0,34 gr/m³ et l'humidité relative de 24 %.

Étant donné que la température ambiante est bien en-dessous du point de congélation de l'eau, il n'y aura donc pas d'eau libre et la température est également trop faible pour avoir une incidence sur la croissance des organismes.

Dès que la température ambiante augmente, les organismes peuvent dans certains cas redémarrer l'activité. Toutefois, si la température augmente, l'humidité relative dans l'air comprimé diminue et reste bien en-dessous des conditions atmosphériques viables de HR <40 %.

Solutions de séchage d'air comprimé éco-énergétiques

Pour les exigences de faible point de rosée, différentes technologies peuvent être utilisées comme des sécheurs déshydratants Twin Tower sans chaleur, des sécheurs de type souffleur à chaleur régénérée, des Twin Tower à chaleur de compression, des tambours rotatifs à chaleur de compression, des sécheurs réfrigérants, etc.

Certaines technologies de séchage, conçues pour atteindre un point de rosée fixe très bas, peuvent consommer de 10 à 20 % de la puissance du compresseur connecté.

Le coût annuel d'énergie nécessaire pour ces technologies de séchage peut représenter jusqu'à 13 000 Euros par 100 kW de puissance de compresseur installé.

Une humidité relative de 10 à 20 % maximum est dans la plupart des cas suffisamment basse pour avoir une atmosphère dans laquelle la capacité de croissance est évitée pour une population d'organisme. Utiliser une spécification d'humidité relative dans l'air comprimé au lieu d'un PDP sur l'échelle de température peut contribuer à des installations hygiéniques et économiques.

Conclusion :

Lorsque vous spécifiez un point de rosée sous pression, vous devez soigneusement établir la norme, avec la connaissance et la bonne motivation.

Se référer à la norme ISO 8573 PDP classes 4, 3 ou 2 est acceptable mais les écarts entre +3 °C, -20 °C et -40 °C sont grands, surtout compte tenu des besoins énergétiques pour atteindre certains points de rosée.

La teneur réelle en eau, qui devrait être le facteur décisif, est spécifiée pour des températures plutôt stables en-dessous du point de congélation.

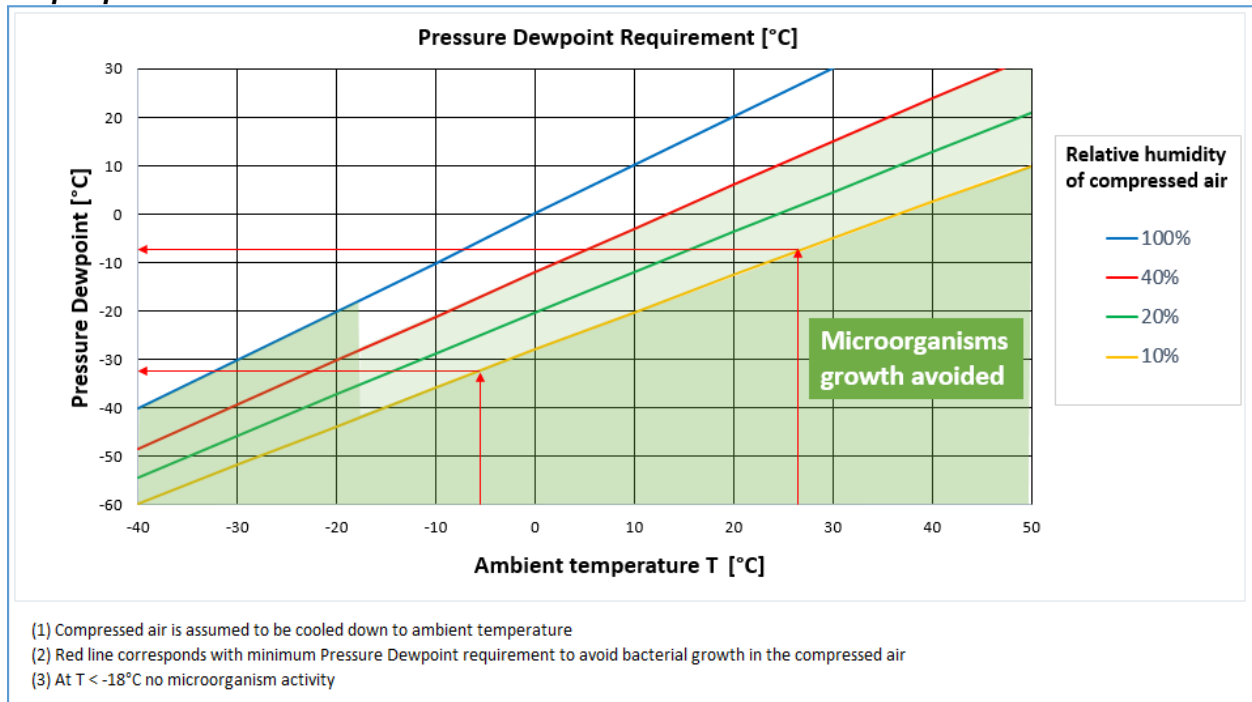
D'importantes économies d'énergie peuvent être obtenues lorsque le point de rosée adapté dans les technologies de séchage disponibles est sélectionné et ce sans compromettre la sécurité alimentaire ou créer des conditions hygiéniques dangereuses.

Les microorganismes ont besoin d'eau pour se développer dans les produits alimentaires. Le contrôle de l'humidité contenue dans les aliments est l'une des plus anciennes stratégies de préservation exploitées. Les microbiologistes alimentaires décrivent généralement les besoins en eau des microorganismes en termes d'activité de l'eau (*aw*) de l'aliment ou de l'environnement. (Réf 3)

Il est important de faire une distinction entre les bactéries et les moisissures. Pour les bactéries, un *aw* minimum de 0,75 (HR 75 %) est généralement accepté (*Staphylococcus aureus*). Pour les moisissures, un *aw* minimum de 0,6 (HR 60 %) est considéré comme sécuritaire (*Xeromyces*) (Réf 4).

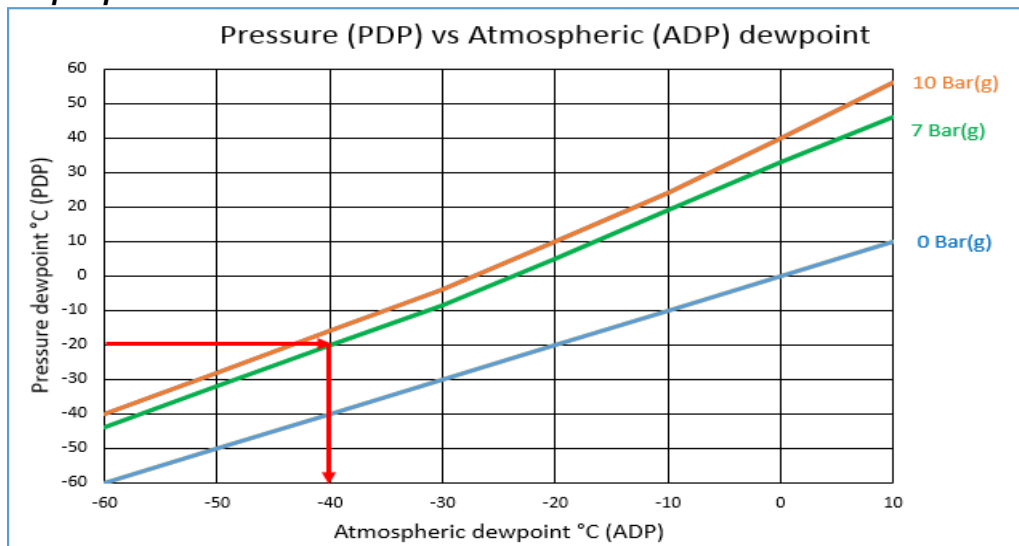
Une spécification de PDP HR ≤10 % ou même ≤20 % peut par conséquent être considérée comme hygiénique et sûre pour les aliments. Grâce au graphique ci-dessous (G2), le point de rosée requis peut être calculé pour atteindre un *aw* spécifique (HR) dans l'air comprimé à une température ambiante donnée.

Graphique G2



Pour calculer le point de rosée de l'atmosphère (ADP) correspondant à partir d'un point de rosée sous pression (PDP) ou l'inverse, le graphique ci-dessous (G3) peut être utilisé.

Graphique G3



Références

- 1) *The microbiological safety and quality of food*, Barbara M. Lund, A.C. Baird, Grahame W. Gould
- 2) L'activité de l'eau, ou aw, est la pression de vapeur partielle de l'eau dans une substance divisée par la pression de vapeur partielle à l'état standard de l'eau. Dans la science de l'alimentation, l'état standard est le plus souvent défini comme la pression de vapeur partielle de l'eau pure à la même température. Dans cette définition, l'eau distillée pure a une activité de l'eau d'exactly un. Quand la température augmente, l'aw augmente généralement, sauf dans certains produits avec du sel ou du sucre cristallisé. Les substances à aw plus élevée ont tendance à accepter plus de microorganismes. En général, les bactéries ont besoin d'au moins 0,91, et les champignons d'au moins 0,7. Rockland, L.B. ; Beuchat, L.R. (1987). *Water Activity: Theory and Applications to Food* (2nd ed.). New York: Marcel Dekker.
- 3) *Evaluation and Definition of Potentially Hazardous Foods - Chapter 3*. FDA <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/094145.htm>
- 4) Prof. Zwietering en réponse au NEN Expertgroup medical gasses 2014