

Humidification Isothermique & Adiabatique

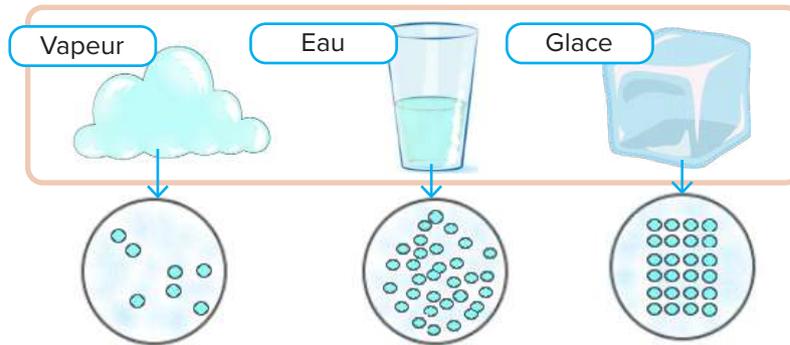
Principes de bases

Qu'est ce que l'humidification ?

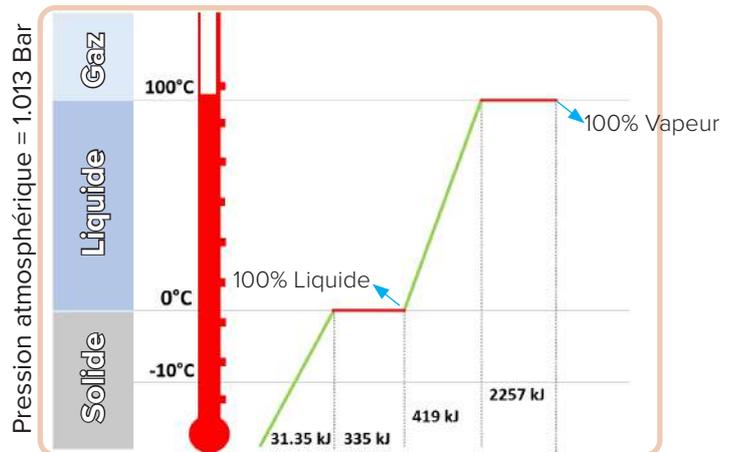
L'humidification est le fait d'ajouter de la vapeur d'eau à l'air.

Air : L'air est un mélange de gaz. Il est normalement incolore, invisible et inodore. Le mélange est constitué d'azote (78%) et d'oxygène (21%) et d'autres gaz (1%), il contient aussi de la vapeur d'eau et de façon variable.

L'eau est le seul élément de l'air qui peut facilement et naturellement changer de phase : liquide, solide et gazeuse.



Pour que l'eau change d'état (ou de phase) elle doit absorber ou libérer de l'énergie. Une forme d'énergie est appelée sensible parce qu'elle permet d'augmenter ou de diminuer la température de l'eau (à n'importe quel état) et une autre forme appelée énergie latente, parce qu'elle permet à l'eau de changer d'état sans variation de température.



En psychrométrie, nous considérons aussi que l'air a deux types d'énergie : énergie sensible & latente.

L'énergie sensible : L'apport d'énergie sensible à l'air augmente sa température et elle mesurable par un thermomètre à bulbe sec.



Thermomètre à bulbe sec

L'énergie latente : correspond à la quantité d'eau dans l'air. Nous rappelons aussi que l'eau est le seul élément de l'air capable de changer de phase. La vapeur d'eau dans l'air est une forme de stockage d'énergie sensible, mesurable par un thermomètre à bulbe sec et humide. Ajouter de la vapeur directement à l'air ne fait pas varier sa température.



Thermomètre à bulbe sec & humide

$$\text{L'énergie totale de l'air (enthalpie)} = \text{énergie sensible} + \text{énergie latente}$$

Il existe deux types d'humidification : isothermique & adiabatique

ISOTHERMIQUE

(ou injection de vapeur)

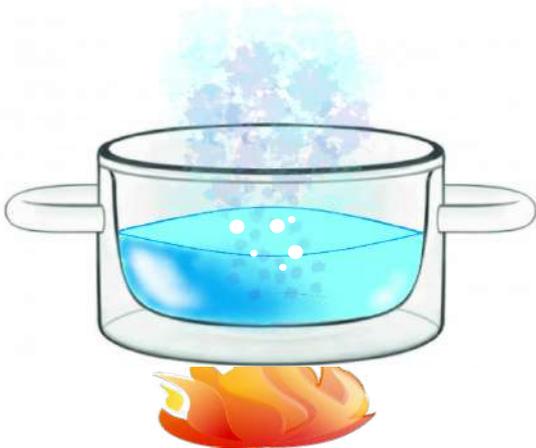
du grec **ἴσος (iso)**
qui signifie «égal»

→ qui se fait à température égale

C'est une humidification qui se fait par apport direct de vapeur provenant d'eau en ébullition. Théoriquement l'air ne subit aucune variation de température (s'il n'y a pas de facteur de condensation de la vapeur d'eau).

L'énergie sensible est théoriquement restée égale, tandis que l'énergie latente a augmenté, **l'énergie totale de l'air a donc augmenté.**

Dans ce procédé l'air est passif, l'apport de vapeur est forcé (jusqu'à saturation, voire condensation), l'air ne perd pas d'énergie, au contraire, il en gagne.



La vapeur est produite par l'ébullition, provoquée par apport direct d'énergie à un volume d'eau.

ADIABATIQUE

(ou évaporation)

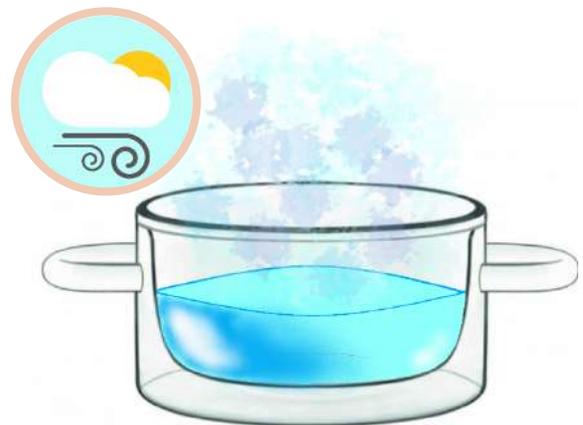
du grec **ἀδιάβατος (adiabatos)**
qui signifie «infranchissable»

→ qui se fait sans perte ou gain d'énergie totale

C'est une humidification qui se fait en évaporant de l'eau en surface libre, par apport d'énergie sensible de l'air.

L'air est refroidi et humidifié : il a perdu de l'énergie sensible et il a gagné de l'énergie latente, **l'énergie totale est restée égale.**

Dans ce procédé, l'air est actif et échange son énergie sensible avec l'eau (la saturation est normalement jamais atteinte, sauf s'il y a un post-refroidissement).



La vapeur est produite à la surface libre de l'eau par apport d'énergie sensible de l'air.

Humidification sur diagramme psychrométrique

HUMIDIFICATION PAR INJECTION DE VAPEUR

Exemple 1

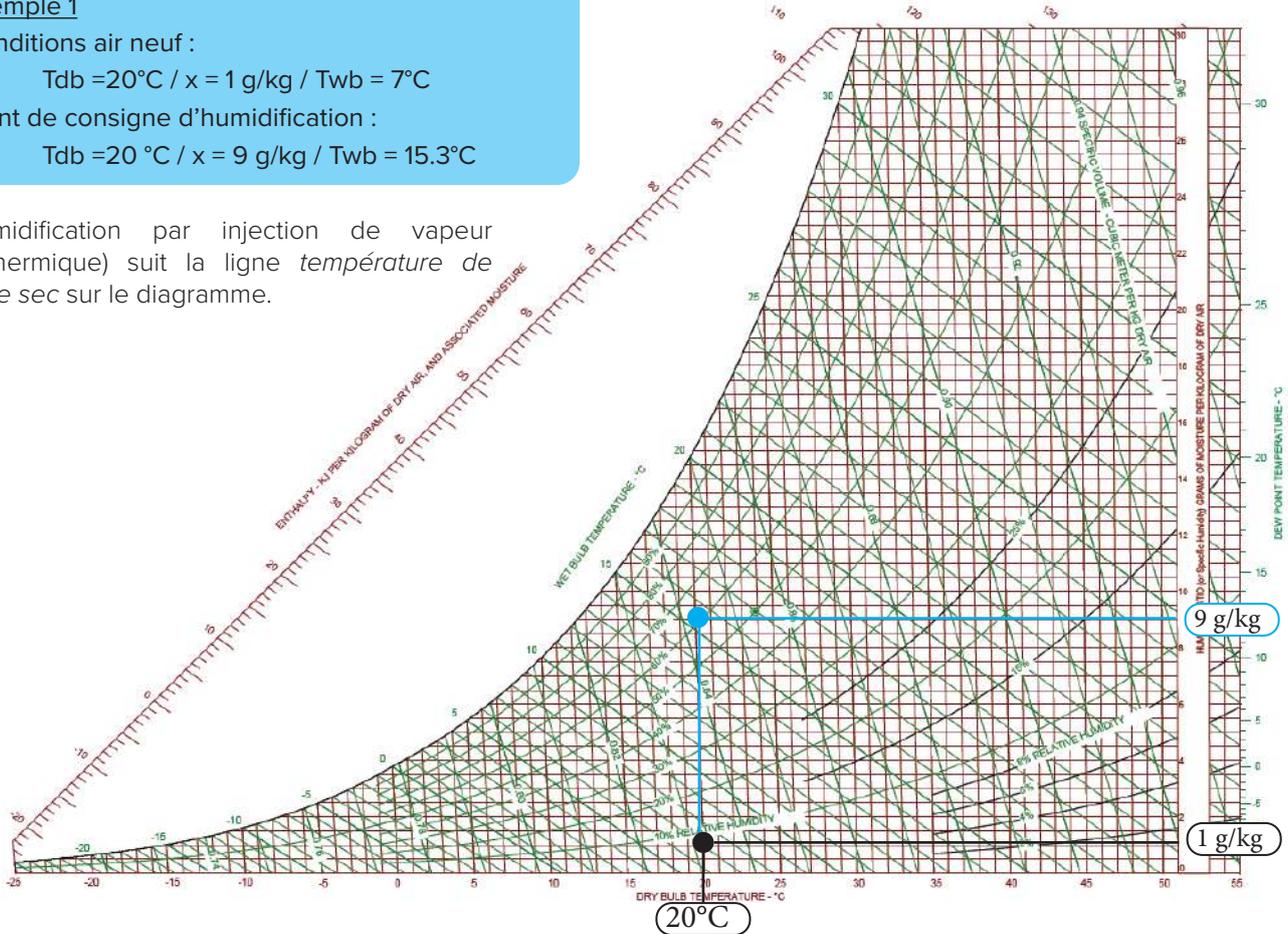
Conditions air neuf :

$T_{db} = 20^{\circ}\text{C}$ / $x = 1 \text{ g/kg}$ / $T_{wb} = 7^{\circ}\text{C}$

Point de consigne d'humidification :

$T_{db} = 20^{\circ}\text{C}$ / $x = 9 \text{ g/kg}$ / $T_{wb} = 15.3^{\circ}\text{C}$

L'humidification par injection de vapeur (isothermique) suit la ligne *température de bulbe sec* sur le diagramme.



HUMIDIFICATION PAR ÉVAPORATION

Exemple 2

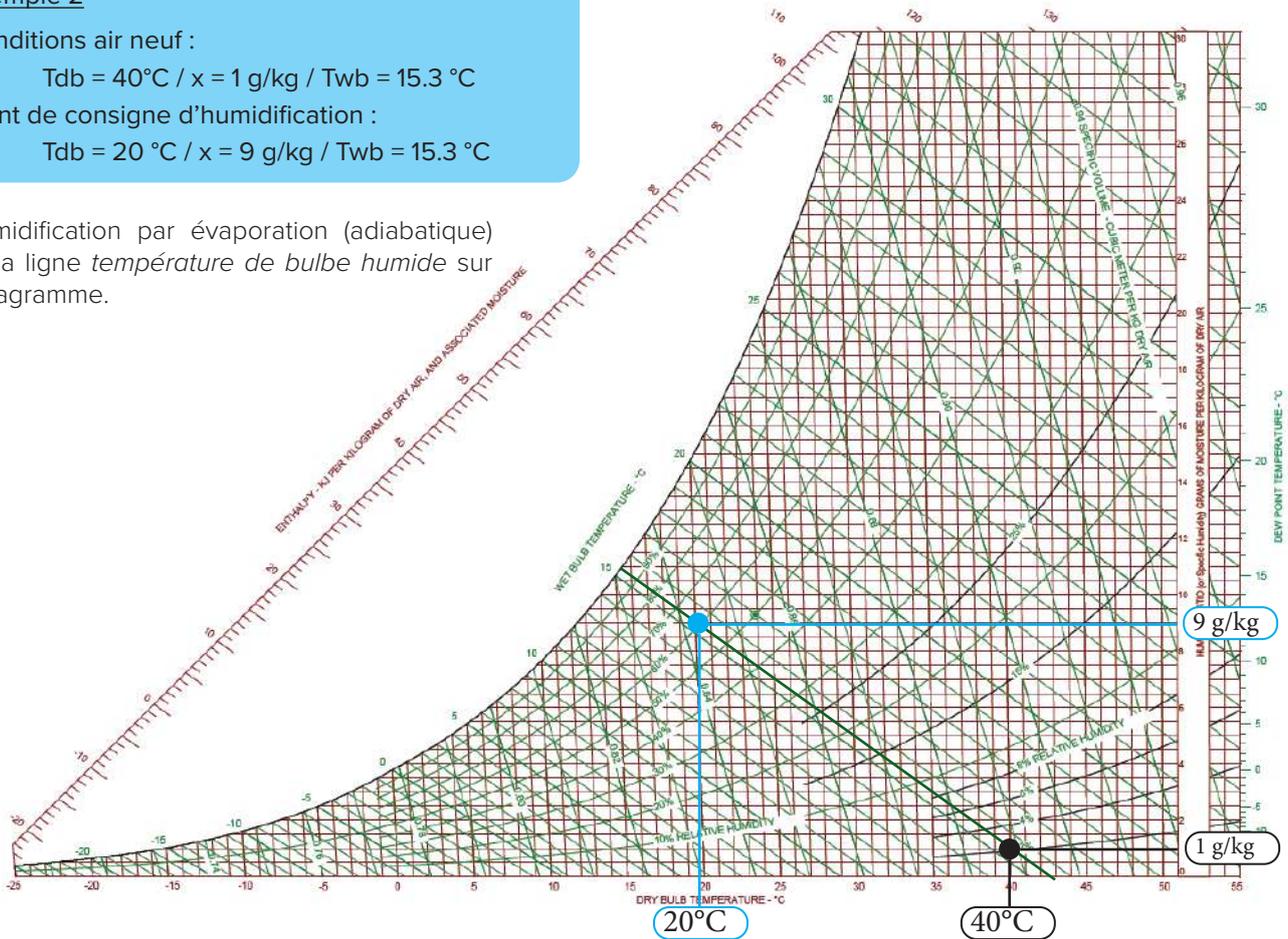
Conditions air neuf :

$T_{db} = 40^{\circ}\text{C}$ / $x = 1 \text{ g/kg}$ / $T_{wb} = 15.3^{\circ}\text{C}$

Point de consigne d'humidification :

$T_{db} = 20^{\circ}\text{C}$ / $x = 9 \text{ g/kg}$ / $T_{wb} = 15.3^{\circ}\text{C}$

L'humidification par évaporation (adiabatique) suit la ligne *température de bulbe humide* sur le diagramme.



Humidification : calculs d'apport d'humidité

Pour calculer cet apport, nous avons besoin de connaître le débit d'air et sa variation de teneur en eau.

La formule à suivre est la suivante :

$$W \text{ (kg/h)} = Q \text{ (m}^3\text{/h)} \times 1.2 \text{ (kg/m}^3) \times \Delta x \text{ (g/kg)} / 1000$$

W = quantité d'humidité ajoutée ou enlevée à l'air

Q = le débit d'air

Δx = la variation de teneur en eau

Cas pratique :

Calcul de la variation de teneur en eau :

Pour l'exemple 1 on passe de $T_{db} = 20^\circ\text{C} / x = 1\text{g/kg}$ à $T_{db} = 20^\circ\text{C} / x = 9\text{g/kg}$

$\Delta x = 9 - 1 = 8\text{g/kg}$

Pour l'exemple 2 on passe de $T_{db} = 40^\circ\text{C} / x = 1\text{g/kg}$ à $T_{db} = 20^\circ\text{C} / x = 9\text{g/kg}$

$\Delta x = 9 - 1 = 8\text{g/kg}$

Si nous considérons un débit d'air = $10\,000\text{ m}^3 / \text{h}$, pour les deux exemples, l'apport d'humidité est donc : $W = 10\,000 \times 1.2 \times (9 - 1) / 1000 = 96\text{ kg/h}$

Humidification isothermique ou adiabatique ?

Ce choix dépend des sources d'énergie à disposition, de leur coûts et de l'impact environnemental.



ARMSTRONG UNIVERSITY®

Knowledge Not Shared is Energy Wasted.®

NOUS VOUS INVITONS À SUIVRE LES COURS D'HUMIDIFICATION D'ARMSTRONG UNIVERSITY.

Par la conception, la fabrication et l'application d'équipements d'humidification, Armstrong a ouvert la voie à d'innombrables économies d'énergie, de temps et d'argent. Les cours proposés par Armstrong University vous aideront à mieux comprendre les éléments HVAC.

Pour aller plus loin, nous vous recommandons spécialement :

<https://store.armstronginternational.com/product?catalog=evaporative-pad-adiabatic-humidifiers-M2181>



<https://store.armstronginternational.com/product?catalog=fundamentals-of-humidification-M2049>



<https://store.armstronginternational.com/product?catalog=psychrometrics-M2157>



<https://store.armstronginternational.com/product?catalog=hydro-pneumatic-humidifiers-M2058>



<https://store.armstronginternational.com/product?catalog=pressurized-steam-humidifiers-M2134>



<https://store.armstronginternational.com/product?catalog=absorption-distance-M2135>



<https://store.armstronginternational.com/product?catalog=electrode-steam-humidifiers-M2054>



<https://store.armstronginternational.com/product?catalog=resistive-heating-element-steam-humidifiers-M2055>



