

# PRÉFACE

La vie moderne fait souvent naître des besoins factices résultant du seul désir de ceux qui les ont inventés d'en tirer profit, le consommateur, quant à lui, n'étant pas toujours conscient du caractère artificiel de ces besoins.

Mais il arrive aussi parfois que le contraire se produise, à savoir que le consommateur ne soit pas conscient que certains produits ou matériels disponibles sur le marché seraient susceptibles de résoudre des problèmes spécifiques auxquels il se trouve confronté, que ces problèmes concernent sa santé ou son activité professionnelle.

Ainsi en est-il tout particulièrement des humidificateurs d'air.

En effet, nombreux sont ceux d'entre nous qui, en hiver et en demi-saison, souffrent chez eux, au travail ou ailleurs (rappelons que l'homme moderne passe en gros 90 % de son temps en local fermé) de maux divers : sécheresse des voies nasales, saignements de nez, irritation et infection des voies respiratoires, inconfort oculaire (surtout dans le cas de porteurs de lentilles) etc. Or, ces symptômes sont à mettre sur le compte d'une trop grande sécheresse des différentes muqueuses de l'organisme, sécheresse résultant elle-même de ce que le taux d'humidité de l'air ambiant est trop faible.

C'est ainsi par exemple que les muqueuses de l'arbre trachéo-bronchique, lorsqu'elles sont trop sèches, ne sont plus en mesure d'assurer, à partir de l'épithélium bronchique et via l'escalator mucociliaire, l'épuration normale de l'air inhalé, d'où l'apparition d'une inflammation locale communément dénommée bronchite.

De même, de nombreux process industriels ne peuvent se dérouler correctement que moyennant des conditions d'hygrométrie ambiante bien précises. Dans l'industrie de l'imprimerie par exemple, il est impératif d'éviter l'apparition de charges électrostatiques, ce qu'on obtient grâce à une humidification suffisante de l'air ambiant. Dans l'industrie textile, les opérations de peignage, cardage, tissage, apprêtage et autres ne peuvent se dérouler convenablement que moyennant un taux d'humidité adéquat. Les chambres froides, les animaleries, les laboratoires etc. exigent des conditions ambiantes précises et dans pratiquement toutes les branches industrielles, les différents process ne peuvent évoluer normalement et les machines-outils ultra-sophistiquées fonctionner correctement que si l'air ambiant est suffisamment humidifié.

L'on sait aussi que dans les bibliothèques assurant la conservation de documents et d'ouvrages précieux, il est nécessaire de maintenir un taux d'humidité constant et surtout stable tout au long de l'année. C'est ainsi qu'à la Bibliothèque Nationale de France, le taux d'humidité de consigne des magasins de stockage est de  $55 \% \pm 5 \%$ . Dans les musées, il s'agit non seulement de présenter au public des œuvres d'art mais également de les préserver des altérations du temps ce qui nécessite, outre le maintien d'une certaine température, d'assurer une humidité ambiante suffisante.

L'humidification de l'air est donc une nécessité vitale en même temps qu'un impératif économique et fait appel à des considérations tant techniques qu'hygiéniques.

Les considérations techniques sont aussi nombreuses que variées ne serait-ce déjà qu'au niveau du calcul de la puissance du ou des humidificateurs. Et ce tout particulièrement dans les nombreux cas où l'on doit tenir compte du facteur humain de la production, c'est-à-dire assurer des conditions ambiantes – donc entre autres d'humidité – à la fois propres au bon déroulement d'un process et en même temps satisfaisantes pour l'organisme humain, ce qui peut se révéler une véritable gageure lorsque ces conditions ne se recoupent pas. À quoi s'ajoutent les questions de principe d'humidification, à savoir directe ou indirecte, de sélection du matériel (il existe des humidificateurs à pulvérisation d'eau atomisée dont des modèles à centrifugation, à buse rotative, à ultrasons etc., des humidificateurs à évaporation et des humidificateurs à vapeur dont des modèles non autonomes ou autonomes et dans ce dernier cas à électrodes ou à résistances), de parcours minimal d'humidification, de traitement d'eau et de régulation. Sans oublier bien entendu les aspects coût d'investissement et coût d'exploitation.

Pour ce qui est des considérations hygiéniques, on ne doit jamais perdre de vue que tout système ou matériel d'humidification d'air met en œuvre de l'eau qui, dans certaines conditions et en certains endroits de l'installation, peut favoriser la multiplication de bactéries, endotoxines, algues et autres que l'on retrouvera inévitablement dans l'air inhalé. Il peut alors en résulter d'éventuelles conséquences sur la santé comme la maladie des légionnaires, la fièvre de Pontiac, la fièvre du lundi ou encore l'alvéolite extrinsèque lorsque l'humidificateur et les différents matériels en contact avec l'air traité ne font pas l'objet d'une maintenance préventive efficace ou encore que leur conception n'est pas correcte.

C'est en vue de cerner dans le détail – avec de nombreux exemples d'applications – ces multiples considérations que le présent ouvrage a vu le jour. Puisse le lecteur considérer qu'il remplit parfaitement ce rôle.

Jean-Louis CAUCHEPIN

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1. Données fondamentales</b> .....	3
<b>1.1 Généralités sur les mélanges de gaz et de vapeurs</b> .....	3
<b>1.2 Le mélange d'air sec et de vapeur d'eau dénommé air humide</b> .....	6
1.2.1 Définition et composition.....	6
1.2.2 Teneur en humidité ou humidité absolue .....	8
1.2.3 Humidité relative et degré de saturation .....	9
1.2.4 Capacité thermique massique et enthalpie.....	17
1.2.5 Volume massique, masse volumique, masse molaire moléculaire et constante particulière de l'air humide.....	20
1.2.6 Diagramme de l'air humide .....	27
1.2.6.1. Intérêt et présentation .....	27
1.2.6.2. Exemples d'utilisation du diagramme de l'air humide.....	32
<b>2. Humidification et santé ou pourquoi humidifier dans les installations de climatisation</b> .....	43
<b>3. Le syndrome des bâtiments malsains</b> .....	53
<b>4. Humidification et process industriels ou pourquoi humidifier dans les installations de conditionnement d'air</b> .....	57
4.1 Nécessité d'une humidification de l'air dans tout process mettant en œuvre des matériaux hygroscopiques.....	58
4.2 Industries de la fabrication du papier et de l'imprimerie .....	59
4.3 Industries du bois.....	62
4.4 Industries du cuir.....	66
4.5 Industries textiles.....	67
4.6 Salles de traitement de données informatisées.....	71
4.7 Musées, bibliothèques, théâtres .....	71
4.8 Hôpitaux .....	78
4.9 Autres branches industrielles .....	81

<b>5. Les différents matériels d'humidification de l'air</b> .....	85
<b>5.1 Généralités</b> .....	85
<b>5.2 Humidificateurs à pulvérisation d'eau atomisée</b> .....	86
5.2.1 Humidificateurs-laveurs à pulvérisation d'eau atomisée par buses fixes .....	86
5.2.2 Humidificateurs à pulvérisation d'eau atomisée par centrifugation .....	92
5.2.3 Humidificateurs à pulvérisation d'eau atomisée par buse rotative .....	102
5.2.4 Humidificateurs à pulvérisation d'eau atomisée par buses fixes à eau pressurisée .....	104
5.2.5 Humidificateurs à pulvérisation d'eau atomisée par buses fixes alimentées en eau et air comprimé .....	108
5.2.6 Humidificateurs à pulvérisation d'eau atomisée par ultrasons .....	115
5.2.7 Humidificateurs à pulvérisation d'eau atomisée par infrasons .....	119
<b>5.3 Humidificateurs à évaporation</b> .....	120
<b>5.4 Humidificateurs à vapeur</b> .....	127
5.4.1 Humidificateurs à vapeur non autonomes à raccorder sur un réseau de vapeur existant .....	127
5.4.2 Humidificateurs à vapeur autonomes du type humidificateur-générateur à électrodes .....	136
5.4.3 Humidificateurs à vapeur autonomes du type humidificateur-générateur à résistances .....	144
<b>6. Calcul des installations d'humidification directe, c'est-à-dire dans le cas où l'humidificateur est placé dans le local même à humidifier</b> .....	147
<b>6.1 Calcul du débit-masse d'eau d'humidification</b> .....	147
<b>6.2 Exemples d'application</b> .....	148
6.2.1 Cas d'un système d'humidification à vapeur .....	148
6.2.2 Cas d'un système d'humidification à buses fixes alimentées en eau et air comprimé .....	152
6.2.3 Cas d'un système d'humidification à évaporation .....	157
6.2.4 Cas d'un système d'humidification à ultrasons .....	157
<b>7. Calcul des installations d'humidification indirecte, c'est-à-dire dans le cas où l'humidificateur est placé en caisson de centrale de traitement d'air ou en conduit aéraulique</b> .....	161
<b>7.1 Calcul du débit-masse d'eau d'humidification</b> .....	161
<b>7.2 Parcours minimal d'humidification</b> .....	162
<b>7.3 Exemples d'application</b> .....	165
7.3.1 Cas d'un système d'humidification type laveur .....	165

7.3.2	Cas d'un système d'humidification type humidificateur à vapeur autonome .....	167
7.3.3	Cas d'un système d'humidification type humidificateur à vapeur non autonome .....	171
<b>7.4</b>	<b>Humidification dans le cadre d'un procédé de climatisation/conditionnement d'air intégral DEC (Dessicative and Evaporative Cooling).....</b>	<b>175</b>
7.4.1	Introduction.....	175
7.4.2	Description du procédé DEC .....	175
7.4.3	Éléments de calcul d'un procédé DEC .....	177
7.4.4	Fonctionnement d'un procédé DEC.....	178
<b>8.</b>	<b>Régulation d'un humidificateur .....</b>	<b>179</b>
<b>8.1</b>	<b>Mesure de l'humidité.....</b>	<b>179</b>
8.1.1	Hygromètres à mèche de cheveux ou de fibres synthétiques .....	179
8.1.2	Psychromètres .....	179
8.1.3	Hygromètres à cellule hygroscopique.....	180
8.1.4	Hygromètres capacitifs .....	183
8.1.5	Autres appareils de mesure d'une humidité.....	183
8.1.6	Utilisation des hygromètres .....	183
<b>8.2</b>	<b>Régulation de l'humidité.....</b>	<b>184</b>
8.2.1	Concepts de régulation rationnels pour différents systèmes d'humidification .....	184
8.2.2	Particularités de la régulation des laveurs.....	190
<b>9.</b>	<b>Traitement de l'eau destinée aux humidificateurs d'air.....</b>	<b>201</b>
<b>9.1</b>	<b>Considérations générales .....</b>	<b>201</b>
<b>9.2</b>	<b>Adoucissement d'eau par passage dans un échangeur de cations.....</b>	<b>205</b>
<b>9.3</b>	<b>Déminéralisation totale par passage dans un échangeur de cations puis dans un échangeur d'anions .....</b>	<b>206</b>
<b>9.4</b>	<b>Déminéralisation par osmose inverse.....</b>	<b>208</b>
<b>9.5</b>	<b>Procédés d'élimination des algues et bactéries .....</b>	<b>211</b>
<b>10.</b>	<b>Deux maladies infectieuses : la maladie des légionnaires et la fièvre de Pontiac.....</b>	<b>213</b>
<b>11.</b>	<b>Deux maladies allergiques : la fièvre du lundi et l'alvéolite extrinsèque.....</b>	<b>217</b>

---

<b>12. Conseils de maintenance préventive hygiénique des systèmes d'humidification</b> .....	219
12.1 Généralités.....	219
12.2 Recommandations du guide « Climatisation et Santé ».....	221
12.3 Recommandations de l'article « Prévention des légionelloses nosocomiales ».....	222
12.4 Recommandations de l'article « La qualité des ambiances intérieures des locaux de travail ».....	222
12.5 Recommandations du Syndicat Allemand de l'Industrie du Papier et de l'Imprimerie....	223
<b>Index alphabétique</b> .....	233