

Master I: Architecture et Environnement

Matière: Sciences Pour L'architecture

COURS N° 01
Troisième partie

PHYSIQUE DE LA CHALEUR

Notions de base

Par: Melle HAMEL khalissa

RÉFÉRENCES

- SZOKOLAY S. V., *Introduction to Architectural Science. The Basis of Sustainable Design*. Architectural Press, AMSTERDAM, BOSTON, HEIDELBERG, LONDON, NEW YORK, OXFORD, PARIS, SAN DIEGO, SAN FRANCISCO, SINGAPORE, SYDNEY, TOKYO, 2008.
- LIÉBARD A. & DE HERDE A., Ed. *Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatiques*, Obser'ER, Paris, 2005.
- CHATELET Alain, FERNANDEZ Pierre, LAVIGNE Pierre, *Architecture climatique, une contribution au développement durable*, Edisud, Aix-en-Provence, 1998.
- COURGEY Samuel, OLIVA Jean-Pierre, *La conception bioclimatique. Des maisons confortables et économes*, Edition terre vivante, Mens, 2006/2007. (cote : AV4/99)
- OLIVA J-P., *L'isolation écologique, conception, matériaux et mise en œuvre*, Edition terre vivante, Mens, 2001.
- GIVONI B., *L'homme, l'architecture et le climat*, Éditions du Moniteur, Paris, 1978.
- CNAM Paris – Ergonomie – Cours B1 – M. Millanvoye - 2002-2003.
- LIEBARD A. & DE HERDE A., *Guide de l'architecture bioclimatique*, Edition Systèmes solaires, Paris, 2002.
- MOREL N. & GNANSOUNOU E., *Energétique du bâtiment*, nouvelle édition du cours précédemment donné par Claude-Alain Roulet et Arnaud Dauriat, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne, 2008.
- TIXIER N., *Bases physiques*, Cours d'environnement thermique et maîtrise énergétique, Ecole d'architecture de Grenoble. (Disponible sur: www.grenoble.archi.fr/etudes/cours-en-ligne-detail.php?ref=tixier-ambiances-thermiques)
- TIXIER N., *L'air en mouvement*, Cours d'environnement thermique et maîtrise énergétique, Ecole d'architecture de Grenoble. (Disponible sur: www.grenoble.archi.fr/etudes/cours-en-ligne-detail.php?ref=tixier-ambiances-thermiques)

3. L'air humide

L'air est un mélange de l'oxygène et de l'azote, mais l'atmosphère autour de nous est l'air humide, il contient des quantités variables de vapeur d'eau.

À n'importe quelle température donnée l'air peut seulement contenir une quantité limitée de vapeur d'eau, puis il tend à être saturée.

3. L'air humide

L'humidité relative

L'humidité relative HR est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air sous forme de vapeur à la température ambiante et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette même température.

Elle dépend:

1. des précipitations,
2. de la végétation et du type de sol,
3. du régime des vents et de l'ensoleillement, qui peuvent favoriser son assèchement.

3. L'air humide

Diagramme de l'air humide

Pour convertir :
 kg d'eau/m³ d'air \approx Coeff x kg d'eau/kg d'air sec

T (°C)	Coeff
-10	1,32
-5	1,29
0	1,26
5	1,23
1	1,20
15	1,17
20	1,14
25	1,11
30	1,08
35	1,05
40	1,02
45	0,99
50	0,96

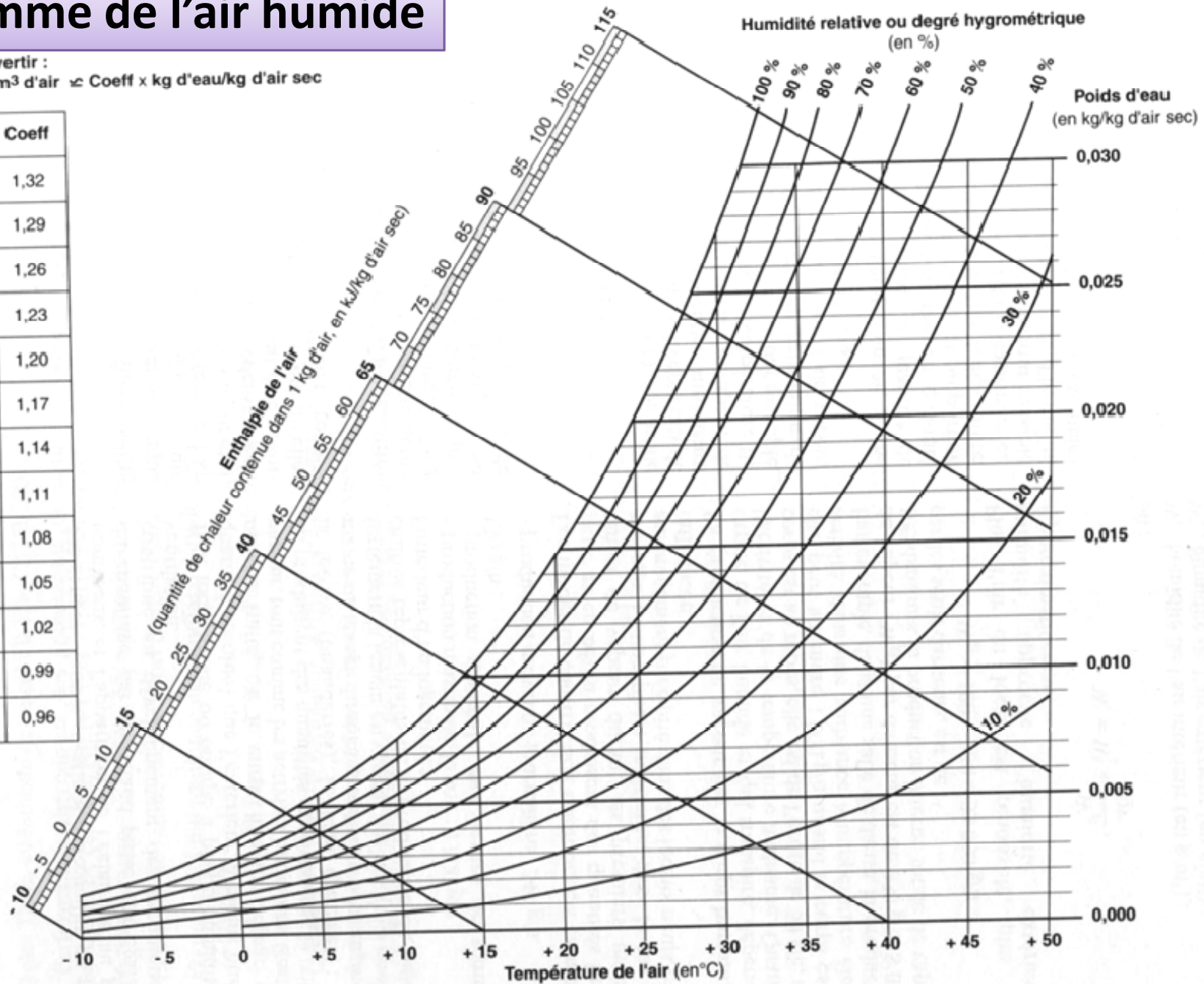


Diagramme de l'air humide

3. L'air humide

Le diagramme de l'air humide donne de nombreux renseignements sur l'air divers états de température et d'humidité.

➤ la courbe supérieure du diagramme indique les quantités de vapeur de saturation correspondant à chaque température de l'air.

Sur le diagramme en face, par exemple, le point A indique que la saturation de l'air se situe à 10°C et que la quantité de vapeur maximale contenue dans l'air est de 7,6g.

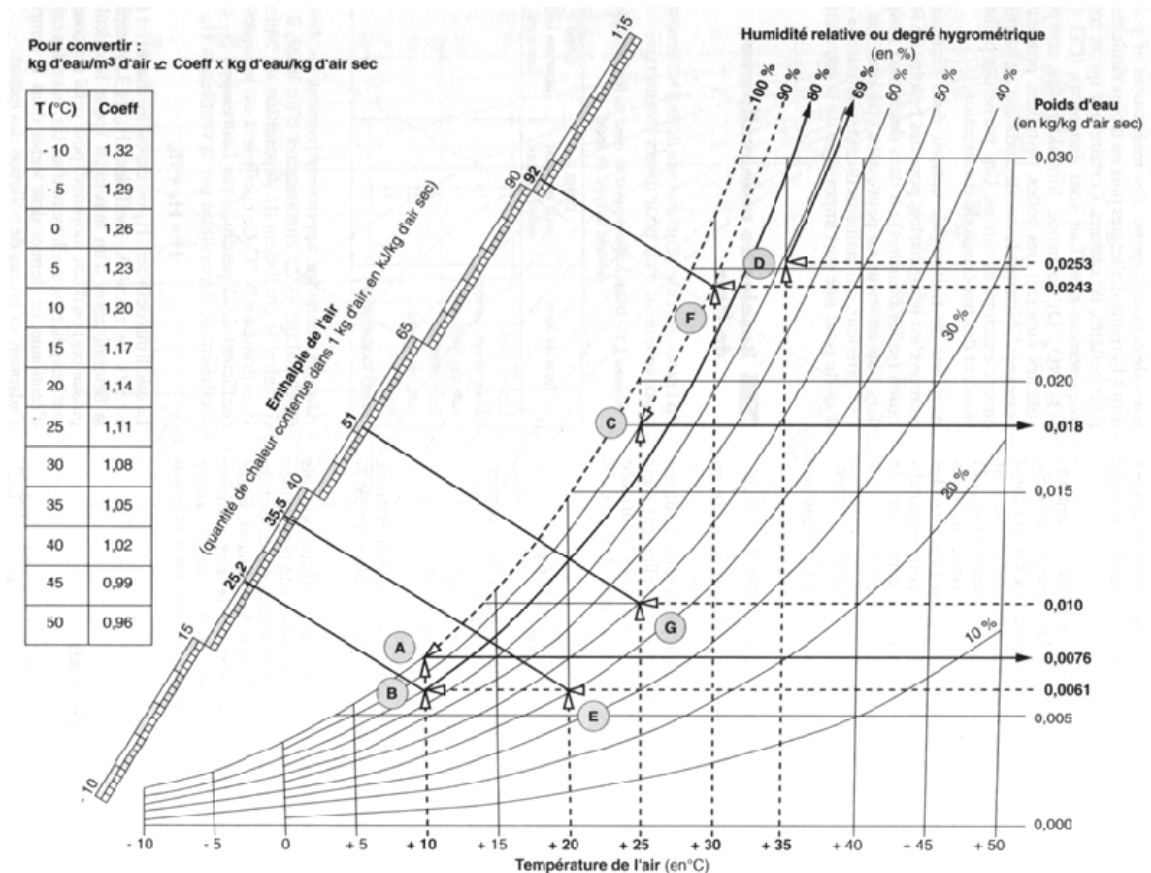
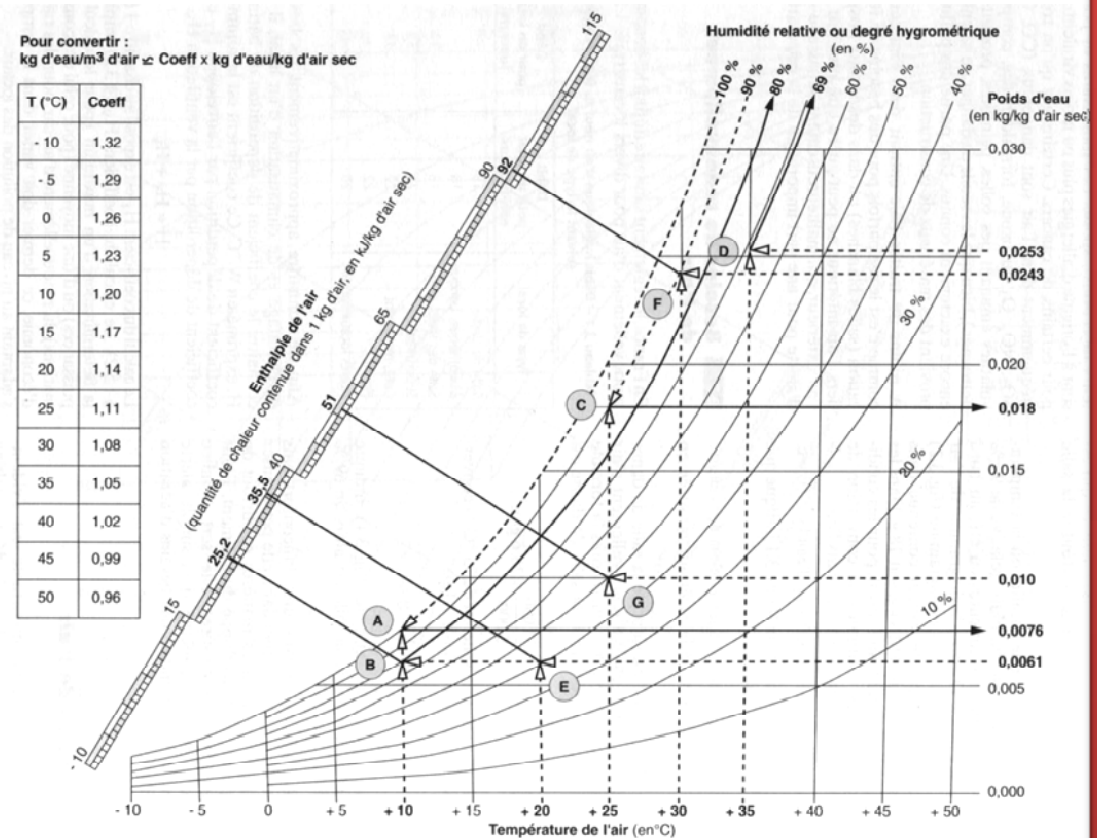


Diagramme de l'air humide

3. L'air humide

Il est intéressant de décrire l'état d'un air à une température donnée en précisant la quantité de vapeur d'eau qu'il contient non pas en quantité absolue (en g/kg, par exemple) mais en proportion de l'humidité de saturation à la même température, appelée « **humidité relative** » (HR) et exprimée en pourcentage.

Le corps humain est surtout sensible à l'humidité relative; de même le taux d'humidité des matériaux hygroscopiques (bois par exemple) en dépend.



3. L'air humide

L'humidité relative

L'air est sec lorsque $HR=0\%$; il est saturé pour $HR=100\%$.

Entre 30% et 70%, l'humidité relative influence peu la sensation de confort thermique mais elle reste importante car, dans des conditions de température données, les échanges thermique ont lieu surtout par évaporation à la surface de la peau. Aussi, dans une ambiance saturée où il n'est plus possible de transpirer, le corps est la plupart du temps en situation d'inconfort.

La quantité maximale de vapeur d'eau pouvant être absorbée est fonction de la température: plus l'air est chaud, plus il peut contenir d'humidité. À saturation, de l'air à 20°C contient 14g d'eau sous forme de vapeur. À 30°C , il en contient 27g (ces valeurs sont indiquées sur les diagrammes de l'air humide).

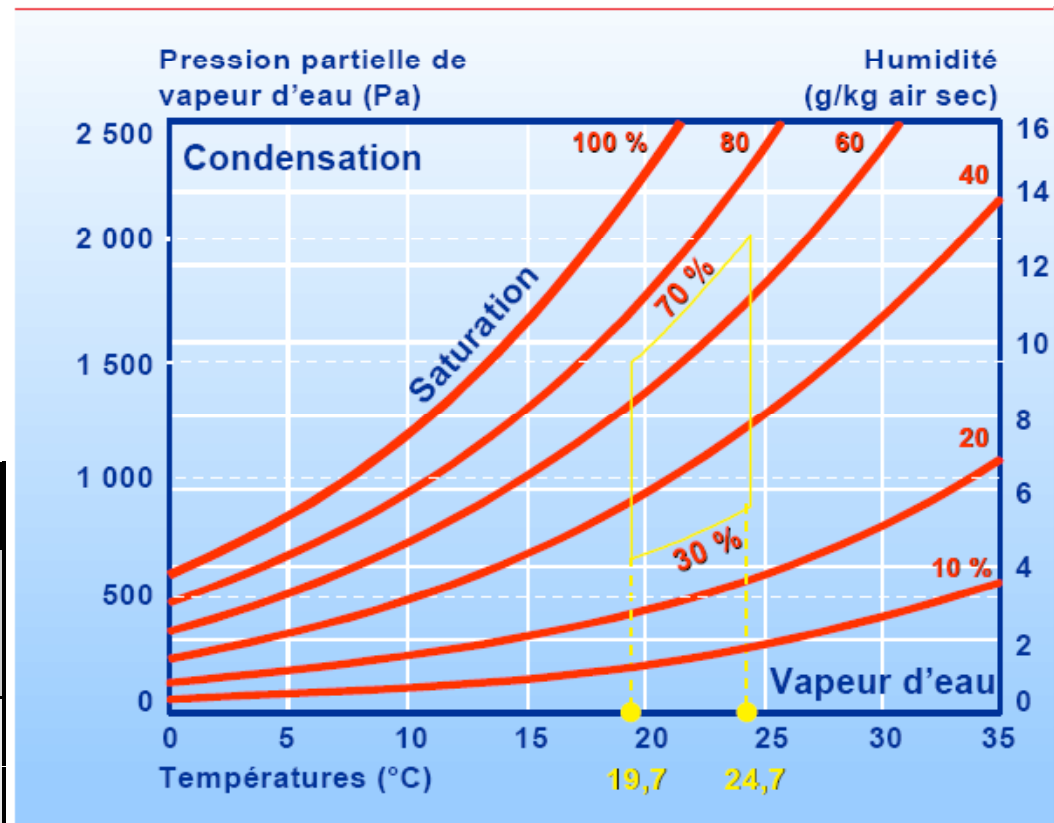
3. L'air humide

Mesure de l'humidité

Le discours sur la ventilation apparait au XIXe siècle dans les textes médicaux étudiant le logement de la classe ouvrière ou l'hôpital.

Tout local habité ou occupé a plus d'humidité (en quantité absolu) que l'extérieur, à moins que l'air ne soit traité, car le corps humain dégage de la vapeur, tout comme les activités humaines.

Production maximale le soir	1800 g/h
Production minimale aux heures de sommeil	130 g/h
Production moyenne journalière	340 g/h



Plage de confort pour une activité de bureau.

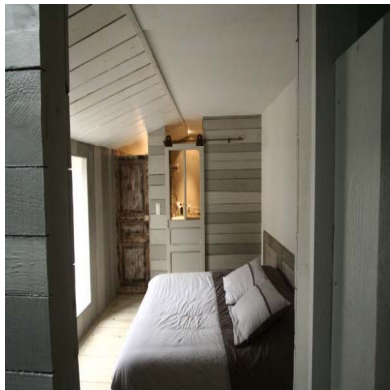
3. L'air humide

Mesure de l'humidité

Les modes de construction traditionnels en maçonnerie et en béton produisent des quantités importantes de vapeur durant les premiers mois de séchage.

La production de vapeur par le corps humain, qui expire de l'air humide et qui transpire, dépend de l'activité et de la température ambiante.

- quand le corps est au repos, elle est de l'ordre de 50 g/h.
- mais elle peut atteindre 1000 g/h quand le corps est en activité.



3. L'air humide

Mesure de l'air humide

L'air de tout local habité ou occupé contient plus d'humidité, en absolu, que l'air extérieur. L'humidité de l'air (W_i), exprimée en g/m³, est obtenue par la formule:

$$W_i = W_e + W_{gl}/q_v$$

Où:

W_e : humidité de l'air extérieur (en g/m³)

W_{gl} : quantité de vapeur globale produite à l'intérieur du local pendant 1 h (en g/h)

q_v : débit d'air neuf (en m³/h)

3. L'air humide

Mesure de l'air humide



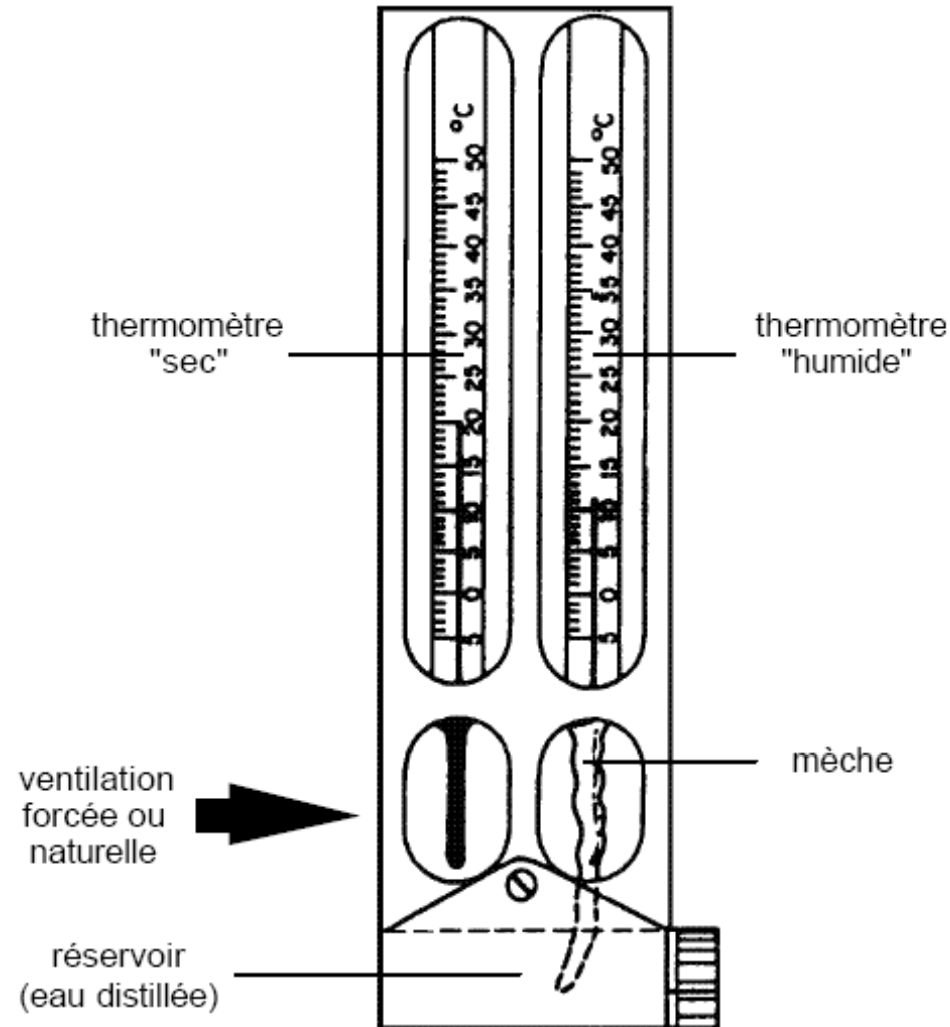
En 1825, après avoir repris plusieurs travaux, **Ernst Ferdinand August** donne le nom de **psychromètre** à un nouvel instrument d'hygrométrie reposant sur le principe d'évaporation de l'eau, d'où cette nouvelle appellation. Pendant très longtemps, le psychromètre reste l'instrument de mesure de l'humidité utilisé dans l'abri météorologique. Un psychromètre est constitué de deux thermomètres. Le premier, le «**thermomètre sec**», mesure la température de l'air. La partie sensible du second, le «**thermomètre humide**», est maintenue mouillée par une mousseline imbibée d'eau en permanence. Le psychromètre utilise le principe de changement d'état de l'eau. Au contact de l'air, l'eau de la mousseline s'évapore.

3. L'air humide

Mesure de l'air humide

LE PSYCHROMETRE

D'après Human Thermal Environments. Parsons, P67, K.C. (1993) Taylor and Francis ed.



3. L'air humide

Mesure de l'air humide



L'évaporation (passage de la phase liquide à la phase gazeuse) nécessite une certaine quantité de chaleur (appelée chaleur latente de vaporisation). Cette chaleur latente est puisée par les particules d'eau dans leur environnement immédiat (la mousseline) qui donc se refroidit. Plus l'air est sec, plus l'évaporation de l'eau est importante et donc plus la température diminue. Le thermomètre humide indique donc une température plus faible que le thermomètre sec. La différence de températures entre les deux thermomètres permet de déterminer le taux d'humidité de l'air. On utilise pour cela des abaques ou des tableaux de correspondance entre température et humidité. Cet instrument de mesure est très sensible à la ventilation. Il existe des psychromètres fixes (placés dans l'abri météorologique) et des psychromètres à crécelle (c'est-à-dire à ventilation artificielle).

3. L'air humide

Mesure de l'air humide

Actuellement, suite à l'essor des sondes électroniques, on utilise des hygromètres à sondes capacitives dont les propriétés diélectriques varient en fonction de l'humidité de l'air.

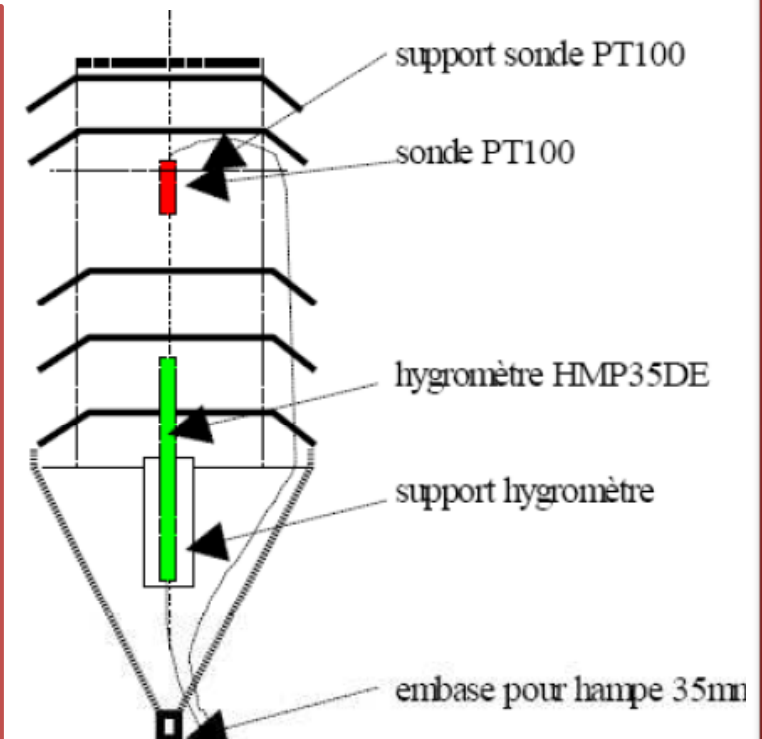


3. L'air humide

Mesure de l'air humide

Installation de l'instrument:

La sonde d'humidité est installée dans un abri météorologique, afin de la protéger du rayonnement solaire et des précipitations. Cet abri doit être installé de façon à ce que la mesure soit effectuée à une hauteur de 1,5 m et respectant ses contraintes d'environnement. Une précaution à prendre est d'éloigner le capteur le plus possible des parois de l'abri. En effet, il s'agit à la fois de s'affranchir des phénomènes extérieurs (notamment le gradient thermique des parois dû au rayonnement) et de maintenir un équilibre thermique au sein de l'abri.



Positionnement des sondes de température (en rouge et en haut) et d'humidité (en vert et en bas) dans l'abri miniature.

4. Le flux d'air

Le flux d'air peut être caractérisé par:

1. Sa vitesse: v (m/s)
2. Le débit massique (m_r) kg/s
3. Le débit volumique (v_r) m³/s ou L/s

Le débit d'air à travers une ouverture d'une zone A est:

$$v_r = v \times A$$

Le vent est un déplacement d'air, essentiellement horizontal, d'une zone de haute pression (masse d'air froid) vers une zone de basse pression (masse d'air chaud). Les différences de température entre les masses d'air résultent de l'action du soleil.

4. Le flux d'air

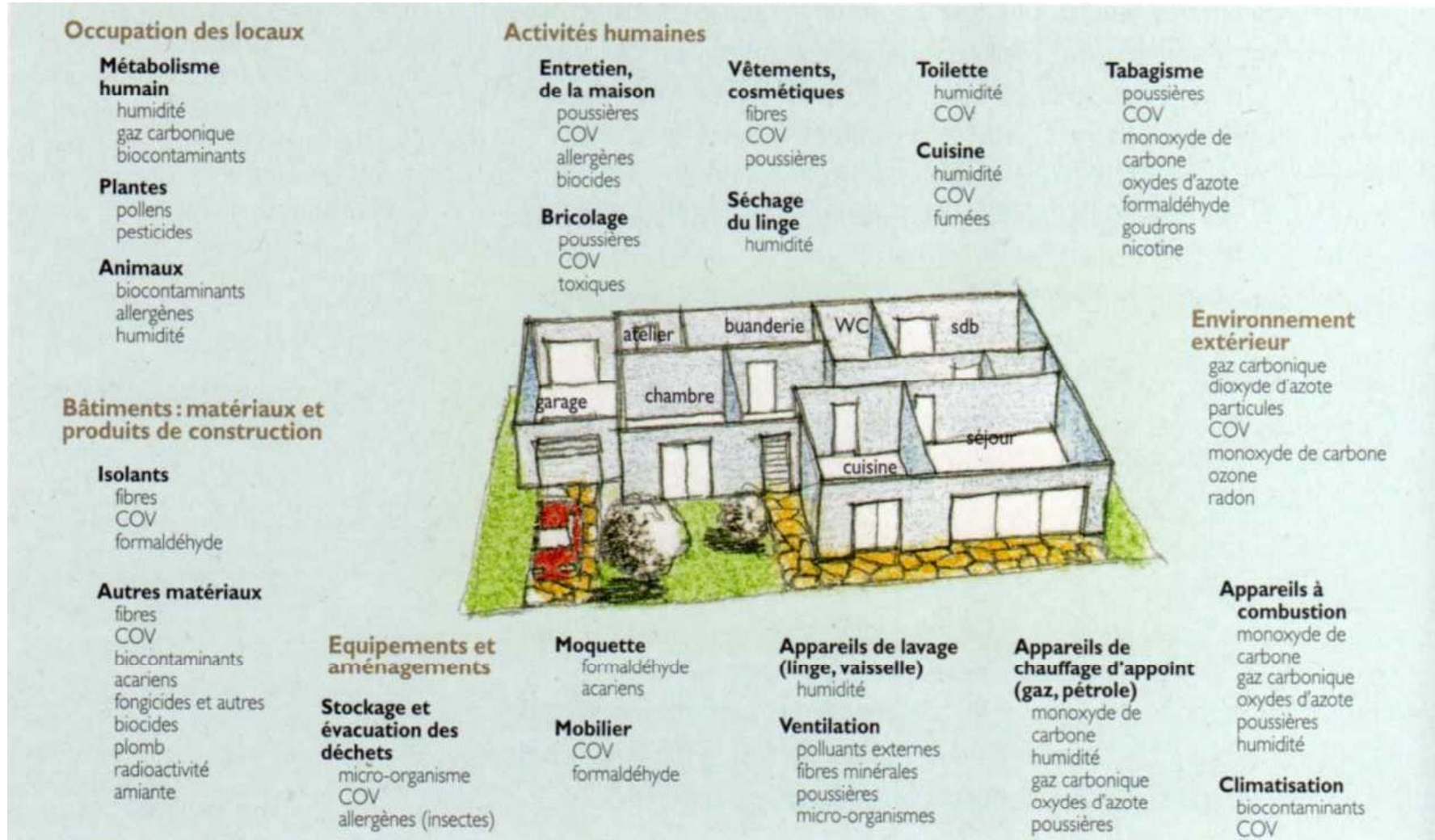
Fonctions du renouvellement de l'air intérieur:

1. Satisfaction des besoins en oxygène
2. Évacuation de la vapeur d'eau
3. Limitation de la pollution intérieure et amélioration du confort en éliminant les odeurs, fumées et autres polluants.

Pour ce faire, les systèmes de ventilation doivent régulièrement remplacer l'air intérieur (ou « air vicié ») par de l'air extérieur (ou « air neuf »).

4. Le flux d'air

Ventiler pour avoir un air intérieur sain



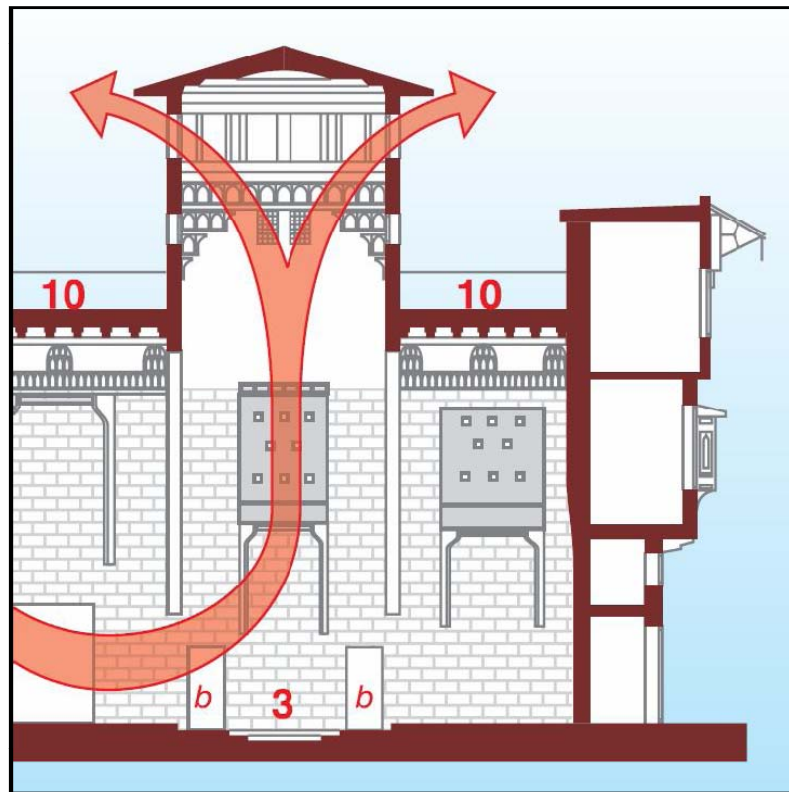
Origine et nature des polluants possibles de l'air intérieur

4. Le flux d'air

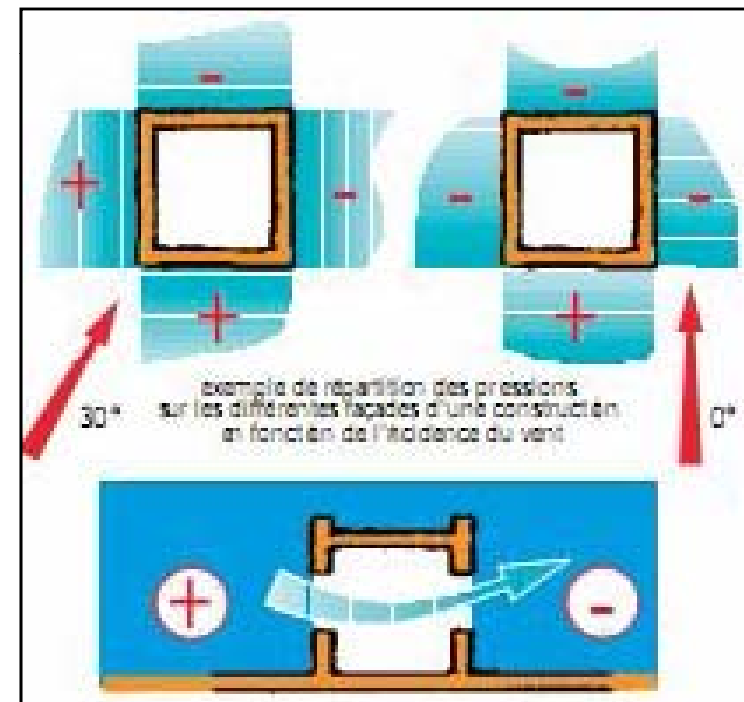
C'est la différence de pression entre deux points qui provoque le mouvement de l'air.

Les différences de pression peuvent être dues à deux effets.

1. **Thermiques** : l'air chaud, plus léger, s'élève, provoquant un appel d'air plus froid.
2. **Mécaniques** : le vent crée des zones de surpression qui favorisent les mouvements d'air.



Cause thermique : Elévation de l'air chaud



Cause mécanique : Zones de pressions différentes

4. Le flux d'air

Pour une circulation d'air à l'intérieur du bâtiment, il convient bien sûr d'avoir au moins une entrée et une sortie d'air et que :

- ✓ Les ouvertures soient situées sur des façades opposées pour favoriser une ventilation traversante ;
- ✓ Le cloisonnement intérieur soit tel qu'il permette la libre circulation de l'air d'une façade à l'autre.

2. Le flux de chaleur

