

La quantité de chaleur échangée au cours de l'évaporation de l'eau (chaleur latente liée au changement d'état) est très importante. Ce phénomène a été largement utilisé dans les pays chauds (Espagne et Mahgreb), pour rafraîchir l'air intérieur des bâtiments.

La récente exposition universelle de Séville est un exemple spectaculaire d'utilisation de ce phénomène.

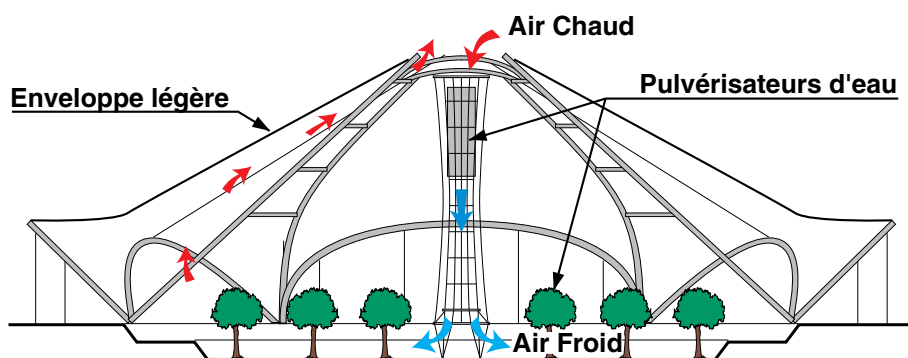
Compte tenu des conditions climatiques de Séville durant l'été, les espaces extérieurs de l'EXPO'92 ont été "conditionnés" de façon à augmenter le confort hygrothermique des visiteurs :

- l'eau a été utilisée pour réduire la température de surface du site, à l'aide de bassins et de cascades (exemple : une cascade de 400 m de long et de 6m de dénivelée le long de Maple Avenue).

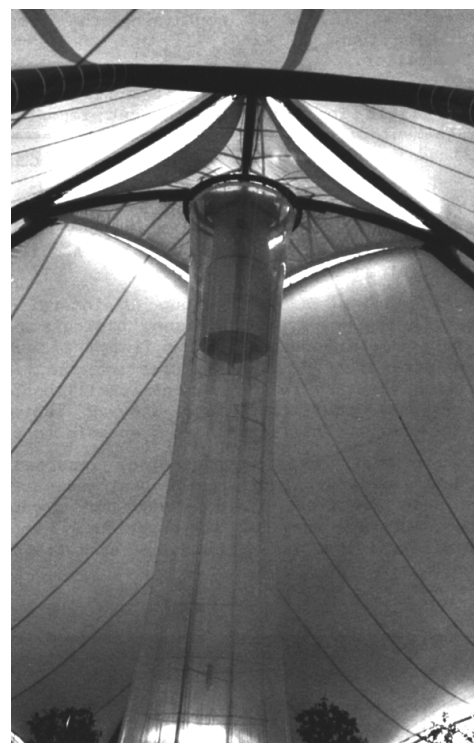
- la réduction de la température de l'air a été obtenue en créant des "tours de refroidissement". Celles-ci, hautes de 30 m, sont équipées à leur sommet d'un système de captation du vent, et de pulvérisateurs d'eau (générateurs de brouillard) répartis sur toute leur hauteur. L'évaporation de l'eau rafraîchit considérablement l'air (transformation isenthalpique) et crée un courant convectif vers le bas (plus de 14,6 Megajoules évacués par heure).

- le long de toutes les avenues, des systèmes de pulvérisation d'eau ont été placés dans le feuillage des arbres et sur les structures des pergolas, afin de créer en permanence un flux d'air frais descendant.

Dans toutes ces réalisations, la ventilation naturelle a été privilégiée au détriment des systèmes de ventilation mécaniques.



Coupe schématique du système de refroidissement de la "Rotunda", EXPO'92, Séville, Espagne /1/



Tour de refroidissement de l'EXPO'92 /2/.

Les fontaines et bassins sont des éléments prépondérants de l'architecture des pays du nord de l'Afrique, du Moyen-Orient ainsi que dans la Péninsule Ibérique.

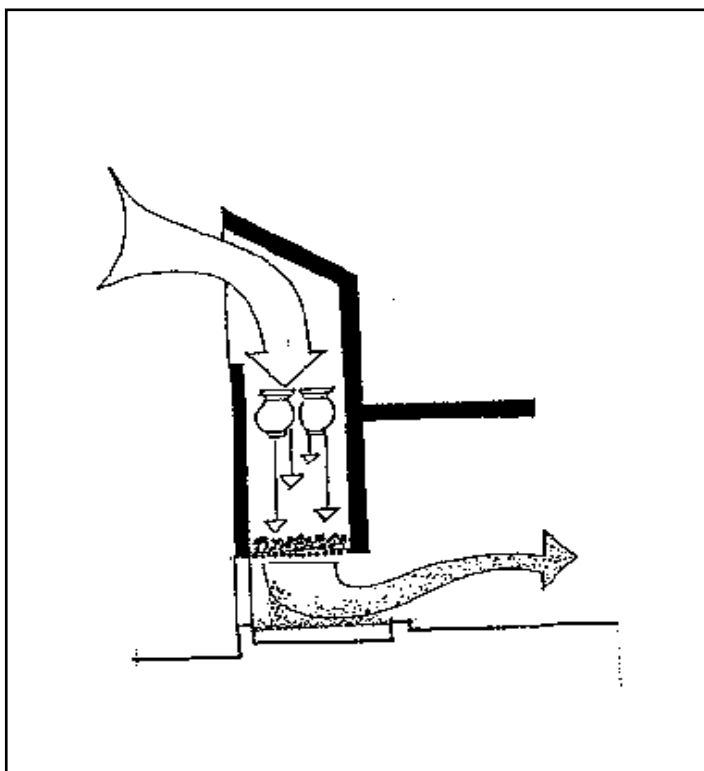
Ceux-ci sont utilisés pour rafraîchir l'air en jouant sur l'évaporation de l'eau et la conservation de l'enthalpie.

Les fontaines sont particulièrement efficaces dans les mesures où le jet d'eau est fragmenté en une multitude de gouttelettes. Ceci augmente la surface d'échange air-eau et favorise donc l'évaporation.

Au fur et à mesure, la température de l'eau des receptacles inférieurs s'abaisse, et l'écart avec la température de l'air ambiant peut atteindre jusqu'à 10 degrés, constituant un stock de froid.



Fontaine du palais de la Bahia (Maroc) /3/



Les gargoulettes (récipients en terre contenant l'eau destinée à la consommation domestique) sont généralement placées à proximité d'une ouverture de type moucharabieh (protection solaire permettant la ventilation naturelle).

Ces récipients étant légèrement poreux, leur face externe reste toujours humide. Le flux d'air passant par l'ouverture provoque une évaporation ce qui permet à l'eau des gargoulettes de rester fraîche pendant toute la journée.

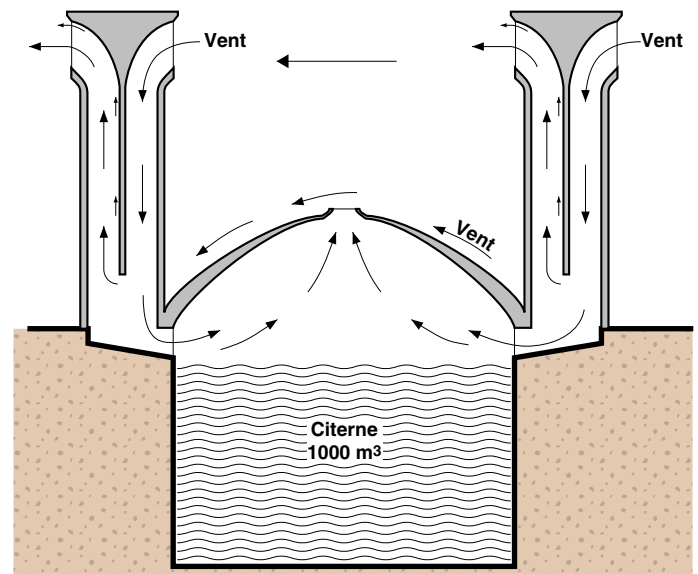
Gargoulettes rafraîchissant à proximité d'une ouverture /4/.

Les tours à vent iranniennes sont des exemples remarquables d'utilisation de la chaleur latente de l'eau afin de rafraîchir les espaces intérieurs.

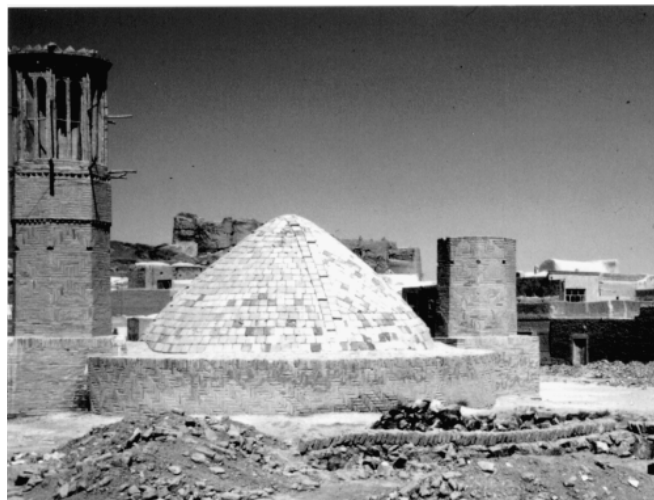
Dans le système représenté ci-contre, la citerne est remplie d'eau froide pendant l'hiver. Les tours à vent conservent l'eau fraîche jusqu'au fort de l'été.

Quand le soleil chauffe le dôme de la citerne, il réchauffe l'air au dessus de l'eau du réservoir et accroît sa vitesse d'évaporation. Les tours assurent un courant d'air à la surface de l'eau, ce qui chasse la vapeur d'eau, empêche la saturation et favorise l'évaporation. Les couches plus profondes de l'eau se réchauffent à peine, car la chaleur de l'air est presque exclusivement utilisée pour évaporer l'eau à la surface.

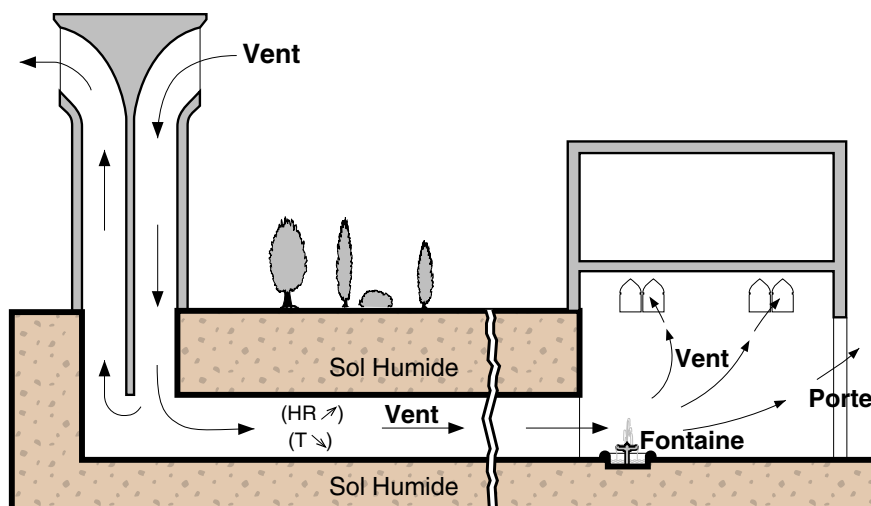
Quand le toit de la citerne est percé d'un trou d'aération, le vent descend par les tours, passe sur l'eau et ressort par le trou d'aération, entraînant l'air de la citerne chargé de vapeur. En l'absence de trou d'aération, le vent qui descend par les tours est contraint de remonter par les conduits latéraux placés sous le vent. Le courant d'air ascendant, créé dans ces conduits, entraîne l'air de la citerne vers ces derniers. La citerne est enterrée ce qui lui permet de profiter de l'inertie thermique du sol. Un toit en dôme se refroidit plus facilement qu'un toit plat et dégage moins de chaleur dans le réservoir.



Coupe schématique du dôme et des tours à vent d'une citerne de Yedz, (Iran). La hauteur des tours et la profondeur de la citerne sont d'environ 12 m chacune. /5/



Vue d'une tour à vent irannienne et de la coupole de la citerne. /6/



Coupe schématique d'une tour à vent irannienne permettant le refroidissement de l'air à la fois par ventilation et par évaporation. /7/

Deux types de refroidissement apparaissent dans le système passif représenté ci-contre. La déperdition de chaleur, entraînée par la circulation de l'air dans le sol, est accompagnée d'un refroidissement dû à l'évaporation de l'eau. Ce système induit un changement, à la fois de l'hygrométrie et de la température, ce qui est particulièrement efficace. La tour à vent est située à environ 50 m du bâtiment. Quand on arrose les arbustes et la végétation plantés en surface, l'eau s'infiltre dans le sol et humidifie les parois du tunnel, où l'air est refroidi par évaporation. Le bassin et la fontaine placés au débouché du tunnel contribuent aussi au refroidissement de l'air.

- L'air non saturé en mouvement, en contact avec de l'eau, induit une évaporation partielle de celle-ci.
- L'évaporation de l'eau s'accompagne d'un important échange de chaleur (chaleur latente).
- Par conservation de l'enthalpie (somme des chaleurs latente et sensible), l'évaporation induit une diminution de la température de l'air. Ce phénomène est mis à profit de nombreuses manières en architecture.

Références :

/1/ Schéma d'après "Architecture and Urban Space", Proceedings of the Ninth International PLEA Conference, Seville, Spain, 1991.

/2/ Photo tirée de "Architecture and Urban Space", Proceedings of the Ninth International PLEA Conference, Seville, Spain, 1991.

/3/ Photo : "Le Maroc et l'artisanat traditionnel islamique dans l'architecture" André Paccard, Editions Atelier 74, Saint Jorioz, France, 1980.

/4/ Schéma : Travaux d'étudiants première année "Architecture vernaculaire", Prof. F. Aubry, DA-EPFL, 1980.

/5/ Photo : Plemenca Supic, dans le cadre de la première année "Architecture vernaculaire", Prof. F. Aubry, DA-EPFL, 1980.

/6/ Schéma d'après Bahadori, "Scientific American", Avril 1978.

/7/ Schéma d'après Bahadori, "Scientific American", Avril 1978.