

Piscine publiques : sobres en énergie

Les piscines publiques sont des équipements gourmands en énergie. Les nouvelles constructions affichent un bilan annuel d'environ 1 700 kWh par mètre carré de plan d'eau. Alain Garnier présente le concept de piscines du futur qui consommeraient moins de 1 000 kWh/m².an. Il précède son propos des grandes tendances et évolutions techniques dans ce secteur.

La réduction des consommations d'énergie en piscines publiques passera, comme tous les autres bâtiments, par une substitution des énergies fossiles par des énergies renouvelables (EnR).

Quel concept global retenir pour concevoir la piscine du futur ? Il faut, pour toute construction, penser à la forme de l'ouvrage et son orientation.

La piscine est le bâtiment le plus énergivore de tous les ouvrages publics. Jusqu'à présent, collectivités et concepteurs considéraient qu'il s'agissait d'un équipement sportif ou ludique avec une consommation inéluctable. Il faut réviser ce jugement.

En fait la consommation d'énergie est astronomique ; elle est d'environ 2 900 kWh/m² de plan d'eau pour les piscines existantes (chauffage, déshumidification par modulation du débit d'air neuf et production d'ECS des douches comprises) et d'environ 1 700 kWh/m² de plan d'eau pour les piscines neuves (figure 1 et tableaux 1 et 2).

Cependant, les gisements d'économie d'énergie et d'eau sont importants. Il est possible, depuis quelques années, de réduire la consommation d'énergie de 40 à 45% dans les nouvelles piscines, et de 35 à 40% dans les piscines existantes (voir l'encadré 1).

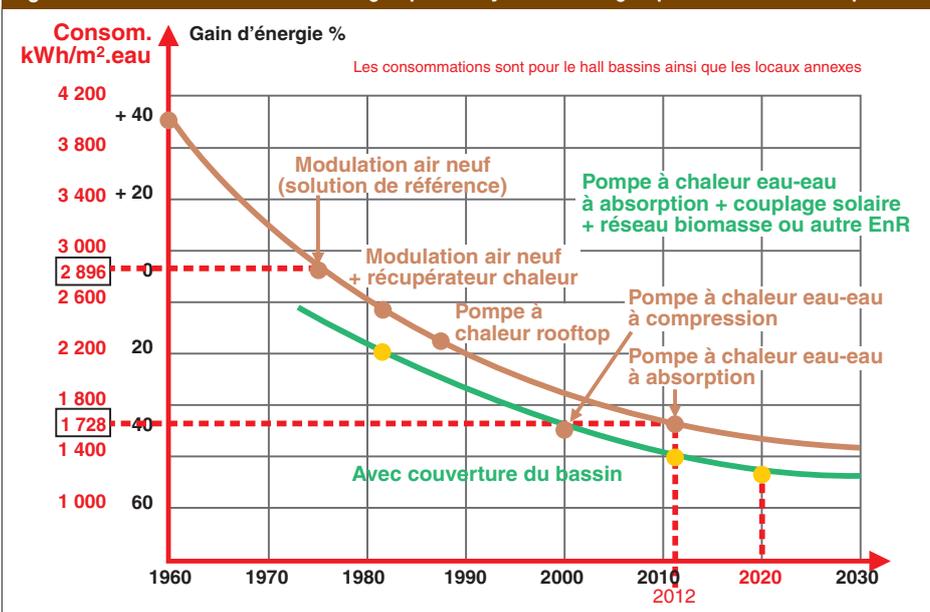
1. Les solutions d'économie d'énergie

Les équipements de piscines ont beaucoup évolués. Voici quelques descriptions de ces avancées ou remises au goût du jour qui pourront faire avancer les concepteurs.

Chauffage solaire passif

La mise en place d'un solarium ou d'une façade double peau

Figure 1. Évolution de l'efficacité énergétique des systèmes énergétiques utilisés dans les piscines



En 50 ans, il a été possible de diviser par 5 les besoins énergétique des piscines. L'addition de solutions permettra de les diminuer encore (Doc. A. Garnier).

des choix techniques et en eau

diminuera les pertes de chaleur tout en augmentant le confort et en évitant un certain nombre de problèmes de condensation. La chaleur de la façade double peau pourra même contourner le bâtiment pour réchauffer les parois froides situées à l'ombre.

Tableau 1. Les consommations globales d'une piscine récentes

Bilan thermique du hall et du bassin	En kWh/m ² bassin
Pertes bassin (calcul précédent)	391
Pertes parois hall piscine	315
Apports solaire passif	- 143
Réjection de chaleur provenant du groupe ou de la machine de production de froid	- 281
Réchauffage de l'air neuf servant à la déshumidification	914
Réchauffage de l'eau chaude des douches, etc.	44
Réchauffage des deux remplissages annuels	185
Total des besoins calorifiques...	1 417

Ce tableau indique les besoins calorifiques d'une piscine performante de type "sports & loisirs". Le réchauffage de l'air destiné à la déshumidification est le poste le plus important.

Tableau 2. Les consommations spécifique du bassin

Bilan thermique du bassin	En kWh/m ² bassin
Apports sensibles	- 6
Réjection de chaleur provenant du groupe ou de la machine de production de froid	- 75
Pertes par évaporation	167
Pertes par conduction du bassin	235
Réchauffage des apports d'eau	70
Total des besoins calorifiques...	391

La récupération d'énergie permet un gain sensible de près de 20 %.

Chauffage solaire actif

En hiver, on pourra se servir du chauffage solaire passif (double peau ou solarium) pour alimenter un chauffage solaire actif en prélevant l'air neuf nécessaire au traitement d'air à l'intérieur des locaux.

Utiliser les énergies renouvelables

La production de chaleur destinée au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire d'une piscine devra être réalisée au moyen d'équipements utilisant prioritairement les énergies

renouvelables. Ce sous différentes formules : en solaire passif, en solaire actif, et sous forme d'un système thermodynamique. Le système thermodynamique sera utilisé pour la déshumidification de base. Il permettant de venir doper les énergies renouvelables. Notamment : la chaleur de réjection sera utilisée pour réchauffer l'air au moyen d'une batterie incorporée à la centrale de traitement d'air, mais aussi, à l'aide d'échangeurs en série sur la boucle de transfert, l'eau chaude sanitaire et l'appoint d'eau des bacs tampon (33 à 34 °C), l'eau de la pataugeoire (31 °C), l'eau du bassin ludique (29 °C), l'eau du bassin sportif (27 °C). L'économie la plus importante proviendra de l'utilisation d'un système thermodynamique (un groupe de ventilation avec pompe à chaleur) capable de déshumidifier l'air du hall des bassins et de le chauffer. La troisième économie proviendra du recours à un réseau de chaleur faisant appel à plus de 50 % d'énergie renouvelable ou/et de l'utilisation d'un second système thermodynamique comportant des pompes à chaleur couplées à des capteurs solaires à haute température.

Chauffage et ventilation des vestiaires et douches

La température intérieure des vestiaires et douches est fixée à 23 °C et 9 g/kg d'air sec (60 % HR). Un chauffage de base sera réalisé au moyen d'un plancher chauffant. Le chauffage et la ventilation complémentaire seront réalisés par une centrale de traitement d'air de type double flux. Elle devra assurer le renouvellement d'air hygiénique ainsi que la déshumidification de ces locaux en les maintenant en période d'occupation à 23 °C et 11 g/kg d'air sec. Ses ventilateurs seront à débit variable et gérés à la fois par la sonde de température ambiante et la sonde d'humidité spécifique.

Production de chaleur complémentaire utilisant l'énergie fossile

Il faut considérer que la production de chaleur fonctionnera en

Les besoins en énergie et en eau dans les piscines neuves

Tous usages confondus, la consommation d'eau dans les piscines neuves est de 121 litres par baigneur et par jour, sans tenir compte des deux remplissages annuels ; en tenant compte, on estime les consommations à 147 litres/baigneur.jour. La consommation d'eau chaude sanitaire est annuellement d'environ 31 l à 40 °C par nageur. La consommation nécessaire aux bassins (lavage des filtres, deux renouvellements annuels et appoint d'eau) est en moyenne annuelle de 62 l par nageur. Ce chiffre, plus élevé que le minimum conseillé de 30 l d'eau neuve par nageur, s'explique par une consommation importante d'eau des bassins pour le lavage des filtres et par le renouvellement annuel de l'eau des bassins.

complément des équipements utilisant les énergies renouvelables :

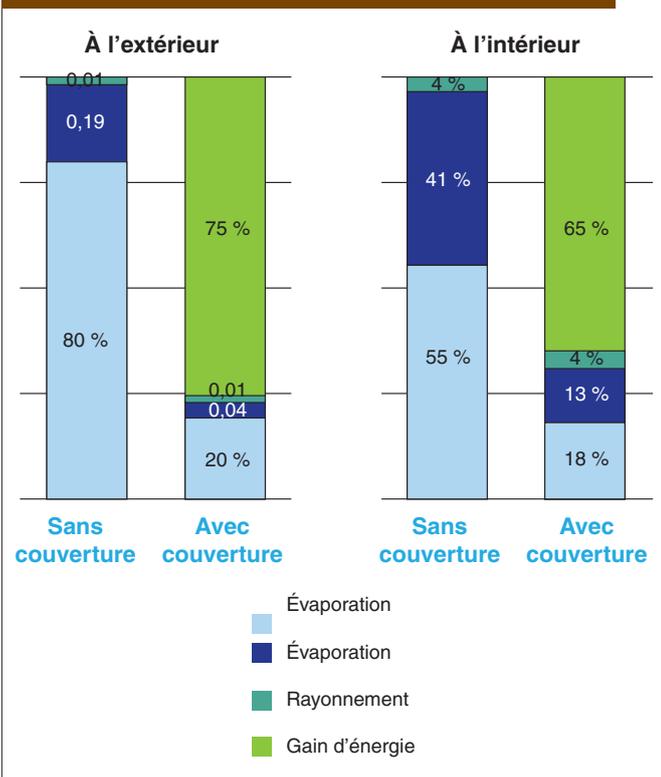
- chauffage par solaire passif (solarium, façade double peau, déstratification en sous toiture...).
- déshumidification thermodynamique par récupération toute la chaleur de réjection.

Il ne reste plus qu'à faire appel au réseau de chaleur biomasse ou à une chaudière à condensation si on a choisi la solution thermodynamique par machine à absorption à réchauffage indirect, donc avec une alimentation du bouilleur à 90°C ou plus. Autre solution : une pompe à chaleur électrique sur eau de forage, géothermique ou sur capteurs solaires non vitrés (des absorbeurs), si on a choisi la solution thermodynamique par pompe à chaleur par compresseur électrique.

L'utilisation d'une couverture des bassins en période de non occupation

Les pertes d'énergie d'un bassin dépendront de la température de l'eau et de l'humidité de l'air. La vitesse de l'air venant toucher la surface de l'eau augmentera cette convection (figure 2).

Figure 2. Les gains d'énergie procurés par une couverture des bassins



Si la température de l'eau est élevée, si le vent est fort et si l'humidité dans l'air est basse, l'évaporation sera importante.

Les gains obtenus par la mise en place d'une couverture isotherme sont sensibles pendant la période de fermeture de la piscine (environ 110 heures sur 168 hebdomadaires).

Elle permet de stopper une partie de la déshumidification et réduire la température de chauffage du hall des bassins en ne laissant que le plancher chauffant fonctionner : l'économie d'énergie sera alors importante.

En revanche, dans le cas d'un système thermodynamique, le groupe ou la machine de production de froid fonctionnera moins et on se privera de sa chaleur de réjection. Le peu de déshumidification à produire pourra être réalisé par la modulation du débit d'air neuf...

Récupération de la chaleur dans les réseaux d'assainissement

Les eaux usées recèlent de grandes quantités d'énergie. En hiver, elles sont nettement plus chaudes que l'air extérieur et de la chaleur peut en être récupérée. L'intérêt de cette source de chaleur est sa proximité des besoins.

Déshumidification et chauffage par machine à absorption avec couplage solaire par capteurs à haute température (à tubes sous vide)

Le couplage de capteurs solaires à haute température et d'une machine à absorption permettra de produire entièrement l'eau glacée nécessaire à la déshumidification de l'air de la piscine grâce à l'énergie renouvelable (solaire).

Pour produire l'eau glacée nécessaire à la déshumidification, on alimente habituellement le bouilleur de la machine à absorption par une chaufferie ou un réseau de chaleur. Dans la période la plus ensoleillée de l'année, ce sont les capteurs solaires à tube sous vide qui prendront le relais.

2. Solutions d'économie sur l'aéraulique

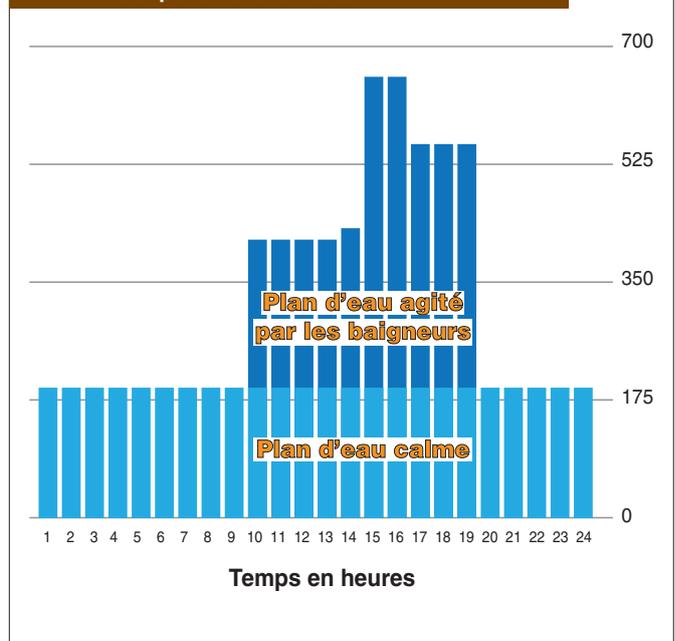
Traitement d'air

Température de l'air du hall des bassins.

- En Europe, la température ambiante est de 1 °C de plus que le bassin le plus froid. Exemple : bassin à vagues 29 °C et spa 34 °C, la température de l'air sera à 30 °C dans le hall bassins.

- En France, contrairement aux autres pays, nous avons 1 °C de moins que la température du bassin le plus froid. C'est physiquement une erreur car nous évaporons d'avantage du fait d'une plus grande pression saturante de la vapeur d'eau. De plus, ce n'est pas très confortable pour les baigneurs (figures 3 et 4).

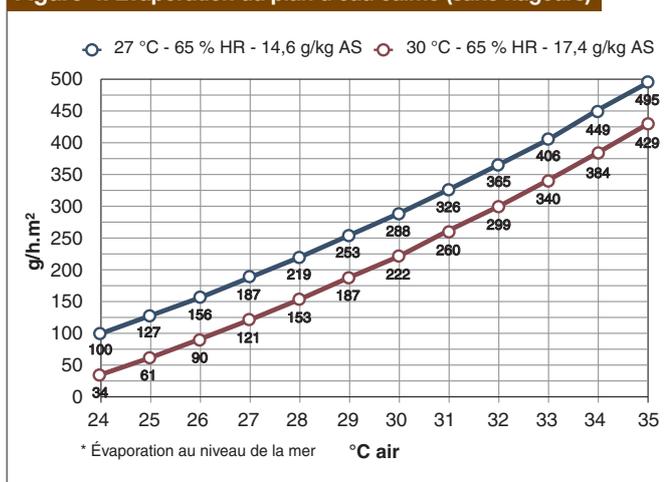
Figure 3. L'évaporation d'eau au cours d'une journée d'exploitation d'un bassin



L'évaporation de l'eau des bassins sera liée à la fréquentation de la piscine (surface cutanée et mouillée des baigneurs sortant de l'eau, projection d'eau, flaques d'eau sur les plages, jeux d'eau, etc. (Doc. bet A. Garnier, Reims).

C'est le calcul de l'évaporation puis des équipements de déshumidification qui détermineront le débit d'air soufflé des centrales de traitement d'air.

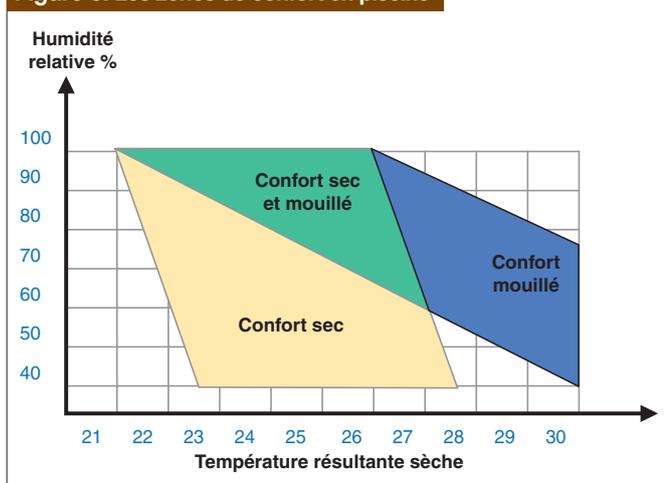
Figure 4. Évaporation du plan d'eau calme (sans nageurs)



Vitesse de soufflage d'air en direction de la surface < 0,2 m/s. Pour connaître l'évaporation journalière et annuelle, il y a lieu d'adapter ces chiffres suivant les temps ou les plans d'eau sont calmes ou agités.

Il existe une zone dite de «confort sec et mouillé» qu'il faudra respecter dans le hall des bassins sous peine de ne plus voir revenir la clientèle (figure 5).

Figure 5. Les zones de confort en piscine



La zone de confort à respecter plus particulièrement est celle intermédiaire, dite de «confort sec et mouillé».

L'étude de simulation thermodynamique permettra de déterminer la taille de la pompe à chaleur électrique ou de la machine à absorption. Elle ne devra pas être trop puissante, au risque de ne pas utiliser toute sa chaleur de réjection ; et elle s'arrêtera. Pour cette raison, on calculera sa puissance sur le bilan d'évaporation du plan d'eau calme.

En première approche, elle devrait avoir une puissance d'environ :

- 1,0 kW froid par 10 m² de surface de plan d'eau si la piscine dispose d'un chauffage solaire passif important, ou,
- 1,2 kW froid par 10 m² de surface de plan d'eau si la piscine ne dispose pas d'un chauffage solaire passif important.

Renouvellement d'air

La réglementation impose un renouvellement de 22,5 m³/h par baigneur dans le hall des bassins. Par expérience, et pour le confort des occupants, on ne devra pas avoir moins de 100 m³/h d'air neuf par baigneur si on utilise une désinfection essentiellement au chlore.

On devra se fixer de taux de brassage minimal de 4,5 vol/h de façon à avoir une bonne homogénéité, et éviter la stratification ainsi que la condensation dans les angles morts. Le taux de brassage devra même être de 5 ou 6 vol/h dans des locaux d'une hauteur de plus de 6 m afin de bien homogénéiser la température sur un plan vertical et de chasser efficacement les trichloramine et le CO₂.

Quelles solutions de traitement d'air ?

Les petites piscines ont recours généralement à des pompes à chaleur de type roof top à double flux. Le déshumidificateur d'air thermodynamique est associé à une centrale de traitement d'air double flux. Son évaporateur placé sur l'air repris permet d'absorber la chaleur et en même temps de déshumidifier l'air. La chaleur est produite par le condenseur placé sur le soufflage.

Pour améliorer cet équipement, la chaleur de réjection de ce système thermodynamique pourra être orientée successivement sur la batterie de préchauffage de l'air du hall des bassins (condenseur à air) puis sur l'échangeur de préchauffage de l'eau du bassin (condenseur à eau). Ces deux échangeurs ont besoin d'un complément de chaleur qui pourra être apporté par une chaufferie ou une seconde pompe à chaleur.

Cependant, la modulation du débit d'air neuf oblige à rejeter une partie d'air déshumidifié.

Ce surplus de chaleur de réjection pourra servir à préchauffer l'eau du bassin à l'aide d'un échangeur. Un second échangeur alimenté depuis une chaudière, permettra le réchauffage complémentaire.

Le gain d'énergie de cette solution de déshumidification d'air thermodynamique, par rapport système de référence, sera de 20 à 26%, et la réduction d'émission de CO₂ sera de 18 à 23 %.

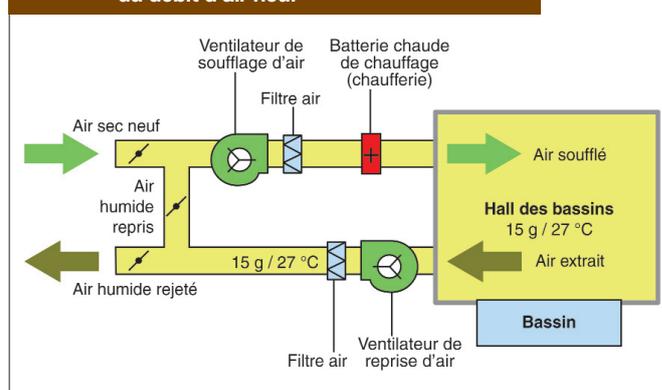
Pour les piscines plus importantes, il existe quatre solutions de traitement d'air adaptées ; deux sont réellement performantes.

Le choix s'effectuera sur la base du coût de l'énergie (électricité, gaz ou réseau de chaleur) ainsi sur le coût global de l'installation qui repose sur sa durée de vie.

a. Solutions de déshumidification basées sur la déshumidification par simple modulation du débit d'air neuf

- Dans ce premier cas, la déshumidification est obtenue par la simple modulation du débit d'air neuf au moyen de centrales de traitement d'air de type double flux, sans récupération de chaleur ; c'est le système pris comme référence dans nos calculs (figure 6).

Figure 6. Déshumidification par simple modulation du débit d'air neuf



Cette solution de référence pour grandes piscines assure une déshumidification par renouvellement hygiénique et réchauffage.

Les quantités d'air neuf et rejeté seront fonction de la déshumidification avec un renouvellement d'air hygiénique dont le minimum ≥ 1 vol/h - permettra une bonne qualité de l'air. On pourra parfois aller jusqu'au maximum de débit d'air que pourra fournir la centrale de traitement d'air et atteindre 6 vol/h.

• Dans le second cas, la déshumidification est obtenue par la simple modulation du débit d'air neuf au moyen de centrales de traitement d'air de type double flux avec récupérateur enthalpique de chaleur.

Les quantités d'air neuf et rejeté seront fonction de la déshumidification avec un renouvellement d'air hygiénique dont le minimum permettra une bonne qualité de l'air (≥ 1 vol/h). On pourra parfois aller jusqu'au maximum de débit d'air que pourra donner la centrale de traitement d'air et atteindre 6 vol/h.

Le gain d'énergie par rapport au précédent système, dit de référence, sera d'environ 10 à 13% et la réduction d'émission de CO₂ sera de 9 à 12 %.

Compte tenu de sa consommation d'énergie élevée, elle risque d'être interdite dans les années futures. En travaux neufs, il vaut mieux lui préférer une solution thermodynamique.

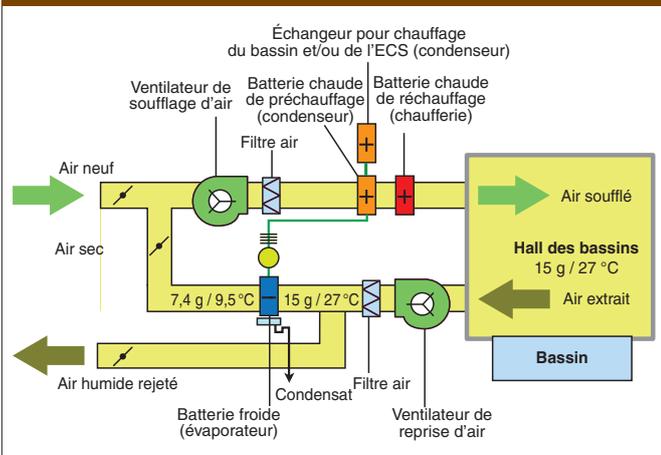
b. Solutions de déshumidification basées sur la déshumidification mixte : thermodynamique plus modulation du débit d'air neuf

Deux solutions sont proposées. Dans la première, la puissance frigorifique de la batterie de déshumidification sera déterminée pour résorber une partie de l'évaporation des plans d'eau des bassins quand ils sont calmes. Il ne sera pas utile d'augmenter cette puissance car dans ce cas, le système thermodynamique fournirait trop de chaleur de réjection dont on ne saurait que faire les jours ensoleillés.

Ces solutions thermodynamiques procurent de gros avantages : durée de vie du bâtiment par une maîtrise de l'humidité, quelque soit les conditions météorologiques ; confort des baigneurs par une maîtrise de l'humidité, une diminution de la trichloramine ; une diminution de la consommation d'énergie.

Cette déshumidification est obtenue par un système thermodynamique comportant un groupe de froid à compression mécanique fonctionnant en pompe à chaleur avec une modulation du débit d'air neuf au moyen d'une centrale de traitement d'air double flux (figure 7).

Figure 7. Déshumidification par système thermodynamique avec pompe à chaleur et modulation d'air neuf par CTA double flux



La puissance frigorifique de la batterie de déshumidification est dimensionnée pour résorber une partie de l'évaporation des plans d'eau des bassins quand ils sont calmes.

Les quantités d'air neuf et rejeté seront limités au renouvellement d'air hygiénique avec un minimum qui permettra une bonne qualité de l'air (≥ 1 vol/h).

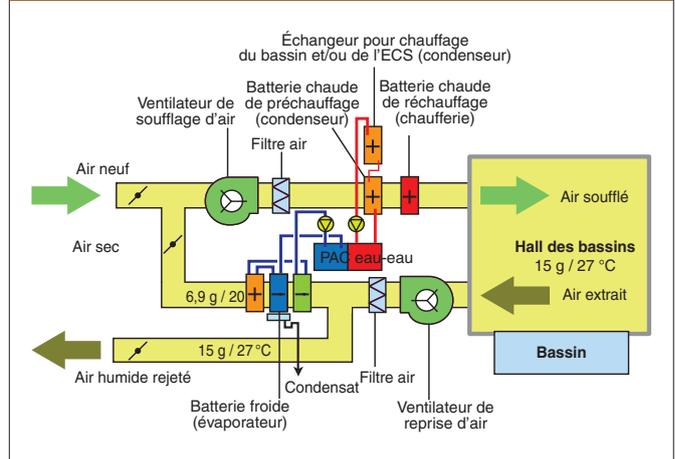
Le gain d'énergie par rapport système de référence sera de 35 à 46 % et la réduction d'émission de CO₂ sera de 32 à 42 %.

La deuxième solution repose sur l'usage de récupérateurs enthalpiques de chaleur sur l'air rejeté. Avec cet équipement, il est possible de préchauffer l'air neuf ; le gain d'énergie pourrait être encore amélioré d'environ 10%.

Cette solution est couramment installée aujourd'hui. Elle intéresse les maîtres d'ouvrages préoccupés du coût d'exploitation. Couplée à des systèmes de réchauffage d'air et d'eau en utilisant la chaleur de réjection du groupe d'eau glacée fonctionnant en pompe à chaleur, elle offre une efficacité énergétique de 5,25 mais avec un coût d'énergie électrique en tarif vert sur 5 à 6 000 h/an de fonctionnement.

Cette déshumidification peut être obtenue par un système thermodynamique comportant une machine à absorption à réchauffage indirect fonctionnant en pompe à chaleur (son bouilleur est alimenté à 90°C ou plus par une chaufferie ou un réseau de chaleur biomasse), associé à une modulation du débit d'air neuf au moyen d'une centrale de traitement d'air double flux (figure 8).

Figure 8. Association d'une CTA et d'une pompe à chaleur



Les condenseurs et évaporateurs sont placés sur le réseau d'air repris et celui de l'air soufflé.

Le gain d'énergie par rapport système de référence sera de 35 à 40 % et la réduction d'émission de CO₂ sera de 27 à 36%. Avec un récupérateur enthalpique de chaleur sur l'air rejeté pour préchauffer l'air neuf, le gain d'énergie pourrait être encore amélioré de 10 %.

Autre solution : le montage de trois batteries sur la ligne de déshumidification : pré-refroidissement, déshumidification et préchauffage. Il apporte pour sa part un gain d'énergie de 10 à 15 %.

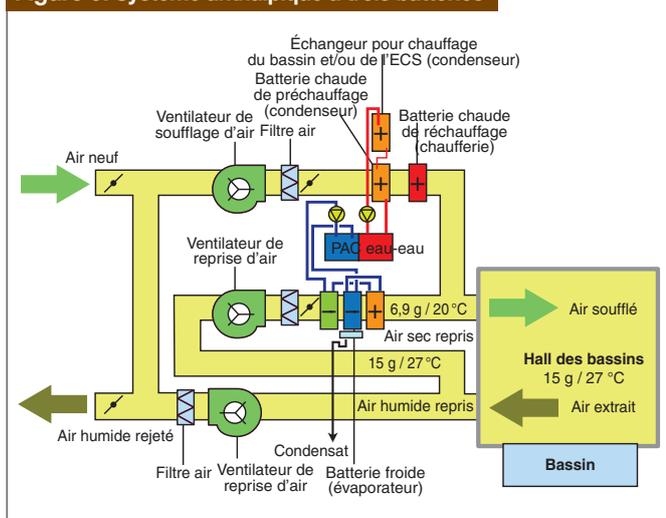
Tout le débit d'air soufflé ne passera pas sur la batterie froide de déshumidification car celle-ci ne condenserait pas. On devra cependant faire passer le débit d'air nécessaire pour arriver à faire condenser la batterie froide et le reste traversera un biseau (figure 9, page suivante).

Pour les grandes piscines et les centres aquatiques, compte tenu du débit d'air à traiter, on utilisera bien souvent deux centrales de traitement d'air. L'une pourra réaliser la déshumidification thermodynamique et l'autre pourra réaliser de complément de déshumidification par modulation du débit d'air neuf.

La solution par machine à absorption à réchauffage indirect est de plus en plus utilisée. Son coût global est satisfaisant du fait de sa durée de vie de 21 à 25 ans, du coût des travaux (absence de local technique spécifique et de transformateur), et du fait qu'elle s'affranchit des gaz fluorés à effet de serre

(Suite du texte page 71)

Figure 9. Système anthalpique à trois batteries



En grandes piscines et centres aquatiques, les débits d'air à traiter obligent à utiliser deux centrales de traitement d'air : l'une pour la déshumidification thermodynamique, l'autre pour le complément de déshumidification par modulation du débit d'air neuf.

(elle utilise de l'eau et du bromure de lithium). Couplée aux systèmes de réchauffage d'air et d'eau sur chaleur de réjection du groupe d'eau glacée fonctionnant en pompe à chaleur, elle offre une efficacité énergétique de 2 (avec du gaz naturel au tarif B2S sur 5 à 6 000 h de fonctionnement annuel). Le bouilleur de la machine à absorption peut être raccordé à un réseau de chaleur biomasse ; un point intéressant pour les investissements dans les éco-quartiers.

c. Sous refroidissement et réchauffage de l'air déshumidifié

Quelque soit la solution thermodynamique, la ligne de déshumidification comportera en plus de la batterie froide chargée de la déshumidification, une batterie amont chargée du pré refroidissement et une batterie finale chargée du réchauffage. Sur le plan aéralique, ces 3 batteries seront installées en série sur la déshumidification. Sur le plan hydraulique, elles seront raccordées dans l'ordre suivant :

- 1 - Batterie amont chargée du pré-refroidissement ;
- 2 - Batterie froide chargée de la déshumidification ;
- 3 - Batterie finale chargée du réchauffage.

Ces batteries seront alimentées à contre courant par rapport au flux d'air arrivant. Elles apportent un gain d'énergie de 10 à 15 % et un gain de puissance installé d'environ 20% par rapport à un système à détente direct (qui ne peut le faire). Leur temps de retour brut sera inférieur à 3 ans.

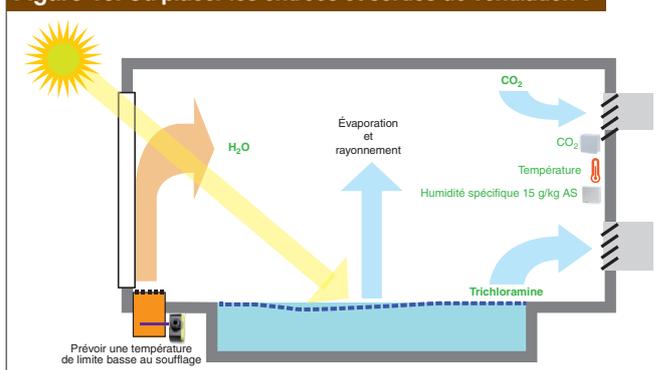
d. La distribution d'air

Le soufflage d'air aura lieu sur trois côtés et l'extraction d'air sur le quatrième de façon à déplacer efficacement les trichloramine et le gaz carbonique (CO_2) jusqu'aux points d'extraction d'air.

La diffusion d'air sera réalisée devant les parois froides, au moyen de diffuseurs à fentes ou de banquettes de soufflage situés sur les plages. Si la toiture comporte des risques de surchauffe importants, on prévoira un complément de soufflage en dessous à l'aide de diffuseurs à longue portée de jet, de façon à faire bénéficier la piscine de cet effet de serre en hiver, propice au chauffage solaire passif (figure 10).

L'air sera extrait sur le quatrième côté en plusieurs endroits et surtout aux deux extrémités. On en profitera pour placer le ludique avec ses jeux ainsi que la pataugeoire qui représente le bassin plus pollué près de ces points d'extraction. Cette implantation est primordiale pour éviter les problèmes avec

Figure 10. Où placer les entrées et sorties de ventilation ?



On privilégiera un déplacement des polluants des façades vers une face du bâtiment ou les bouches d'extraction seront distribuées sur la surface de la paroi.

les polluants (trichloramine et CO_2) qui créerait un inconfort chez les baigneurs, voire des maux chez les maîtres-nageurs. On diversifiera les points d'extraction d'air. La trichloramine qui est un gaz lourd sera extrait au niveau des plages et le CO_2 qui est un gaz léger sera lui extrait au niveau des points les plus hauts. Comme il n'existe pas pour l'instant de sonde de régulation permettant de mesurer en continu la trichloramine, on aura recours à deux sondes de CO_2 afin de moduler le débit d'air neuf avec un minimum correspondant à 700 ppm de CO_2 de plus que l'extérieur avec un renouvellement ≥ 1 vol/h. On ne devrait pas dépasser 1 100 ppm de CO_2 , même si la piscine est située proche de sources de pollution.

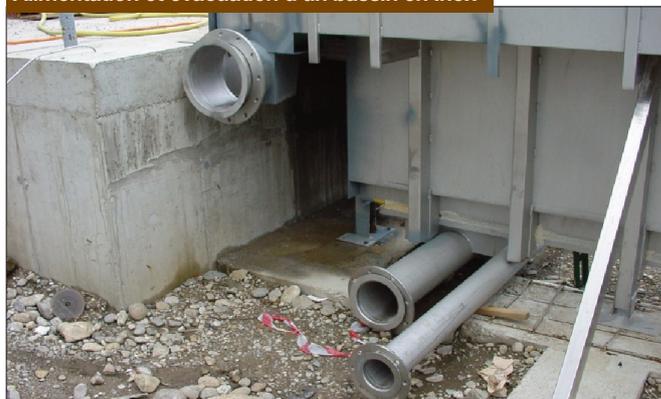
3. Les solutions d'économie apportées par les bassins

Les bassins en inox

L'usage de l'acier inoxydable devrait se développer pour les grands bassins. Ils offrent d'innombrables avantages.

- Les réalisations dans de matériau affichent une durée de vie de plus de 40 ans ; ce composant est démontable, recyclable, et en cas de réutilisation sans changement de type d'inox, il n'y a pas de perte de qualité.
- Les bassins en acier inoxydable permettent de fonctionner en hydraulique inversé (alimentation par le fond) et donc d'obtenir une qualité d'eau élevée.
- S'ajoutent à cela leur esthétique : éclairage subaquatique par LEDs (600 lux minimum dans les virages) pour réduire la consommation électrique.

Alimentation et évacuation d'un bassin en Inox



L'arrivée d'eau se fait dans le fond du bassin sous formes de plusieurs lignes de caniveaux avec répartiteur à l'intérieur. Ces dernières servent également à la vidange. Il suffit simplement de venir raccorder le circuit d'alimentation et de filtration sur leurs tubulures en attente (Doc. HSB).

Les bassins à parois en fibre de verre avec fond en béton projeté

Les piscines de faible profondeur comme les bassins ludiques ainsi que les rivières ont généralement des parois en fibre de verre avec des renforts en béton coulé ; le fond sera en béton. Avantages : un coût moins élevé que l'inox, aucune contrainte de formes, un aménagement de l'éclairage et de l'alimentation en eau des concepteurs, une souplesse de pose...

4. Les solutions pour économiser l'eau

L'approvisionnement en eau représente une dépense importante. Plusieurs pistes peuvent être explorées pour réduire ce poste.

Recycler de l'eau des bassins en provenance du lavage des filtres

L'eau issue du lavage des filtres sera stockée provisoirement dans un bac ou les matières en solution décanteront. Pour finir de débarrasser les matières en solution, on soumettra l'eau aux membranes d'une installation d'osmose inverse. Deux tiers de ce gisement sera exploité en WC ou pédiluves ; le reste sera rejeté à l'égoût.

Ce procédé réduit les consommations d'eau, diminue les rejets d'eau résiduaux... L'amortissement d'une installation d'osmose inverse est d'environ deux ans selon la taille et l'équipement.

Réutilisation de l'eau des douches pour alimenter les WC, arroser les espaces verts et nettoyer la voirie

La consommation d'eau des douches d'une piscine est d'environ 31 l à 40°C par baigneur. Dans ces conditions, il est assez facile de prévoir les volumes consommés et d'en déduire la taille d'une l'installation de recyclage et de stockage d'eau, de même que le coût d'investissement et le temps d'amortissement qui en découle. Les eaux grises récupérées sont recyclées par une technique de dépollution biologique. Cette eau est finalement stockée dans plusieurs cuves pour être utilisée pour l'arrosage des espaces verts.

Récupération et utilisation de l'eau de pluie pour le lavage des filtres

Plutôt que de renvoyer l'eau de pluie vers le réseau collectif ou de le laisser infiltrer le terrain, il sera intéressant de capter l'eau des plages et de la toiture et de la diriger gravitairement dans un stockage enterré ou en sous-sol. On utilisera ensuite cette eau pour le lavage des filtres. Le rinçage sera réalisé à partir de l'eau des bacs tampons des bassins. On pourra également utiliser cette eau de pluie pour l'arrosage des espaces verts de la piscine ou de la ville.

Récupération de l'eau ayant servi au lavage des filtres pour le lendemain

Plutôt que de renvoyer l'eau ayant servi au contre lavage des filtres sur le réseau d'évacuation d'eaux usées de la ville, on

pourra la stocker dans une bache d'eaux grises où elle décantera. Les cycles de lavage et rinçage du filtre d'un circuit de 160 m³/h consomme quelque 28 m³.

Traitement de l'eau rejetée en provenance du lavage des filtres

Quand la station d'épuration sera trop éloignée de la piscine ou sera d'une taille trop faible, on sera amené parfois à réaliser un lagunage pour le rejet de l'eau chlorée (filtrage par plantes et déchloramination par les UV), celui-ci évitera d'avoir à créer une fosse de relevage de grande capacité équipée de pompes et d'un système de neutralisation du chlore.

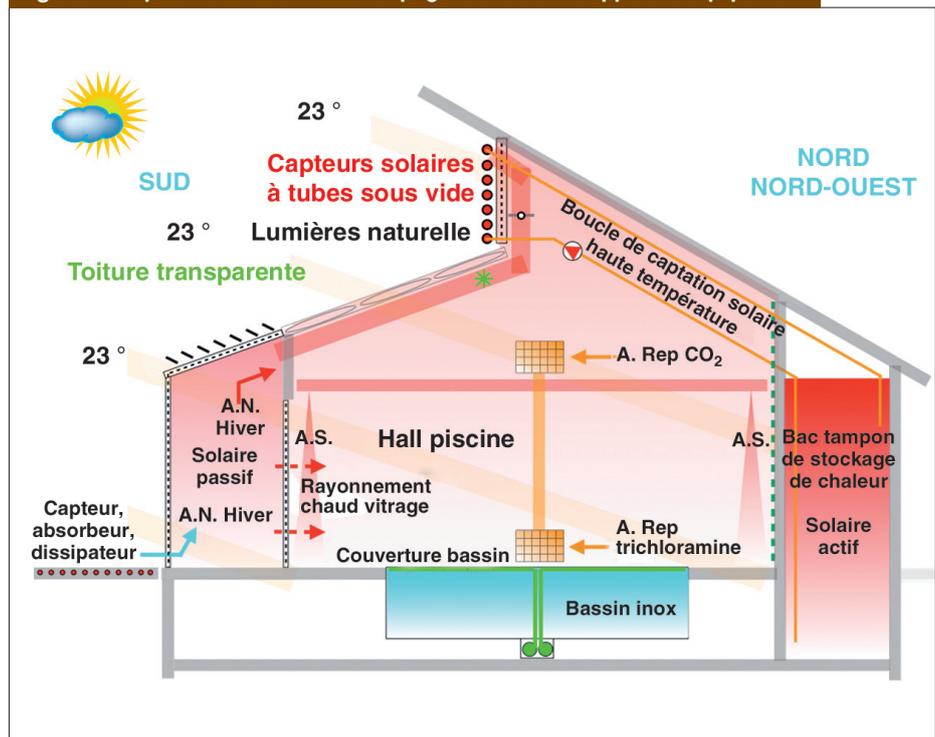
5. Concevoir les piscines du futur

A l'aide de ces nouveaux concepts de construction et d'équipements, quels solutions proposer pour créer des piscines plus économes en énergie et en eau. La démarche peut être développée pas à pas.

a. Comment assurer un chauffage solaire passif en hiver ?

Dans le concept de la piscine du futur, le bâtiment, et particulièrement le hall "bassins" seront chauffés en hiver au moyen de systèmes solaires passifs et de capteurs solaires à tube sous vide (figure F).

Figure F. La piscine du futur : le concept générale d'enveloppe et d'équipement



Les ouvrages adoptent une organisation bioclimatique ; leurs équipements visent à l'exploitation des apports gratuits.

La toiture transparente du hall bassins et celle du solarium pourra être réalisée à partir de coussins constitués de trois parois en texlon serties dans des cadres en aluminium. Ces coussins sont fabriqués par Vector Foiltec à partir de plusieurs couches d'un copolymère modifié, l'éthylène-tétrafluoroéthylène (ETFE).

Chaque couche de film affiche une transparence de 90 à 95%. Très isolants, le coefficient U de ces coussins est de 1,96 W/m²K pour 3 feuilles, de 1.47 pour 4 feuilles.

Afin de contrôler la surchauffe dans le hall, on modifiera la zone

(Suite du texte page 74)

velables sur la base d'un couplage solaire et/ou biomasse (figure g).

Suivant le bilan thermique réalisé par logiciel de gestion dynamique de bâtiment, on pourra se trouver en tout air neuf et tout air rejeté (free cooling), ou bine avec une partie d'air recyclée afin d'avoir recours le moins possible à la production de chaleur complémentaire pouvant fonctionner aux énergies fossiles (figure h).

Même avec un recyclage d'une partie de l'air, on surveillera le taux de trichloramine et de CO₂. Dans les deux cas, nous obtiendrons une qualité de l'air élevée.

On pourra avoir recours à la production de chaleur complémentaire, de préférence issue de biomasse (bois, paille, tourteaux de colza, HVP, algues, méthanisation, etc.), de cogénération, de PAC sur eaux usées, et parfois un «mix énergétique». Dans les éco-quartiers, on pourra imaginer commencer à fonctionner avec une chaufferie spécifique à la piscine et par la suite se raccorder sur un réseau de chaleur biomasse ou sur d'autres EnR.

Le choix d'une machine à absorption pour réaliser la partie thermodynamique est un plus important, car son bouilleur accepte toutes les sources de chaleur et toutes énergies. C'est donc une solution Développement Durable par excellence.

d. Chauffage et ventilation en hiver

Les fonctions à assurer sont :

- la déshumidification du hall des bassins ;
- le chauffage et réchauffage de l'air servant à ventilation hygié-

nique ainsi qu'à la déshumidification complémentaire du hall des bassins ;

- le réchauffage de l'eau des bassins ;
- le réchauffage de l'eau d'appoint des bassins ;
- et le réchauffage de l'eau chaude sanitaire.

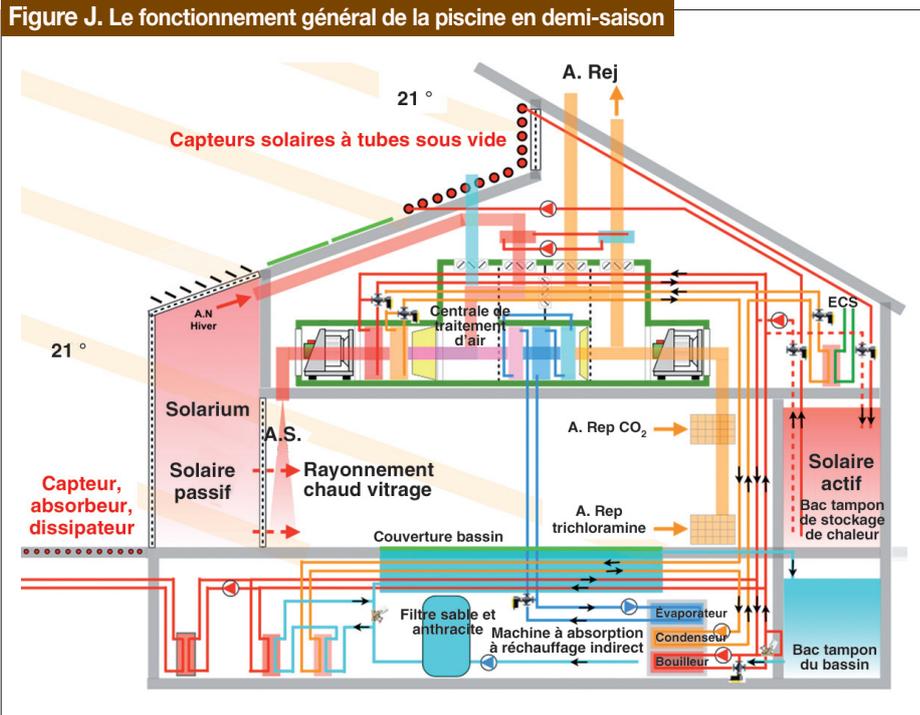
On aura recours au réseau de chaleur biomasse en hiver afin d'assurer :

- la déshumidification thermodynamique, notamment l'alimentation du bouilleur de la machine à absorption ;
- le chauffage complémentaire du hall des bassins et des locaux annexes (en plus du solaire passif, du solaire actif ou thermodynamique et de la réjection de chaleur provenant du condenseur) ;
- le réchauffage complémentaire des bassins (en plus, du solaire passif, du solaire thermodynamique et de la réjection de chaleur provenant du condenseur) ;
- le réchauffage de l'eau chaude sanitaire (en plus, du solaire passif, du solaire thermodynamique et de la réjection de chaleur provenant du condenseur).

Cette solution d'architecture bioclimatique à «vecteur air avec couplage solaire», permettra d'obtenir un gain d'énergie important et donc de réduire considérablement le recours aux énergies fossiles.

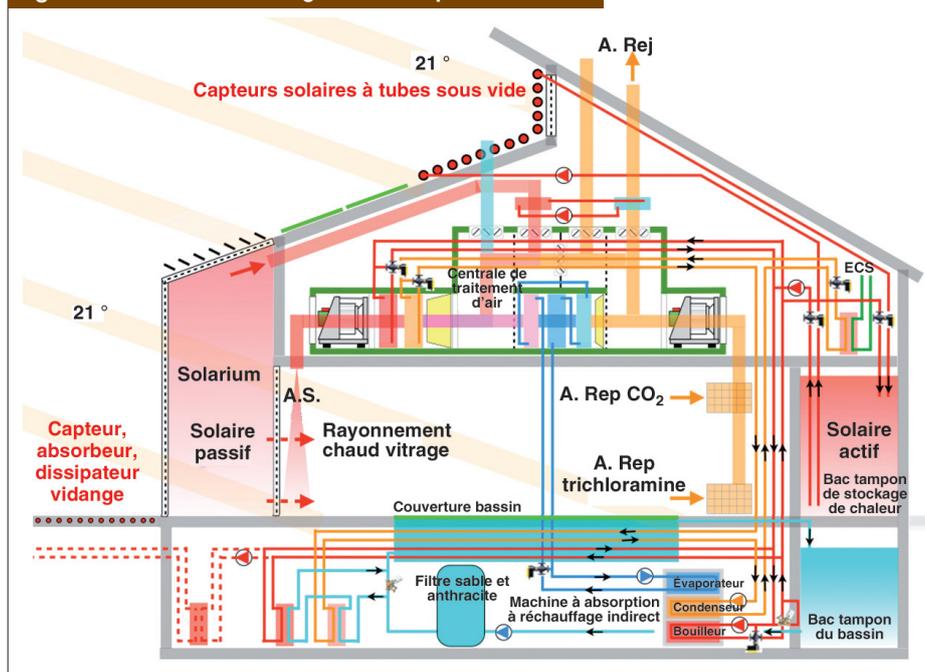
La gestion du stockage solaire sera réalisée d'après un bilan thermique entre les besoins calorifiques et la capacité thermique du stockage

Figure J. Le fonctionnement général de la piscine en demi-saison



L'exploitant pourra se passer de l'apport thermique extérieur

Figure I. Le fonctionnement général de la piscine en hiver



Toutes les énergies renouvelables seront sollicitées, et le système thermodynamique tirera partie de la ventilation. L'énergie d'appoint sera fournie par une liaison extérieure, par un réseau de chaleur alimenté par biomasse par exemple.

solaire. La prévision météorologique (température, ensoleillement, nébulosité, vent et pluie) sera rapatriée et stockée en permanence sur le poste de supervision pour alimenter la gestion technique de bâtiment.

Un programme de «Gestion intelligente des énergies» analysera le profil des besoins calorifiques ainsi que les apports prévisibles du bâtiment par les énergies renouvelables. Il effectuera les corrections de rendement et d'inertie du bâtiment et des équipements en fonction de la charge thermique présente dans les deux tampons ; il déterminera la charge solaire accumulée.

L'objectif est de maintenir une charge thermique correspondant au bilan thermique d'au moins 72 h, voir plus. Ce calcul de capacité tiendra compte des apports uniquement internes, et on supposera qu'il n'y a pas de soleil.

Quel est l'intérêt d'une Gestion dynamique du bâtiment ? Cet outil sera indispensable pour :

- utiliser en priorité les énergies renouvelables ;
- stocker et gérer les énergies renouvelables ;
- anticiper les relances et coupures des équipements bioclimatiques ;
- assurer un confort d'hiver et d'été, quelque soit les conditions météorologiques, l'ensoleillement, l'inertie du bâtiment et celle des équipements thermiques ;
- programmer les besoins, lisser la production et les mises en services ;
- faciliter la maintenance et les tâches d'entretien préventif ;
- maintenir les performances à leur plus haut niveau.

Cette GDB enregistrera les valeurs significatives (météo, températures, consommations, etc.), analysera et réalisera une corrélation avec les indicateurs de performance. Ce pour maintenir et réduire (intelligemment) les consommations d'énergie et la prévention des dérives.

e. Chauffage et ventilation en demi-saison

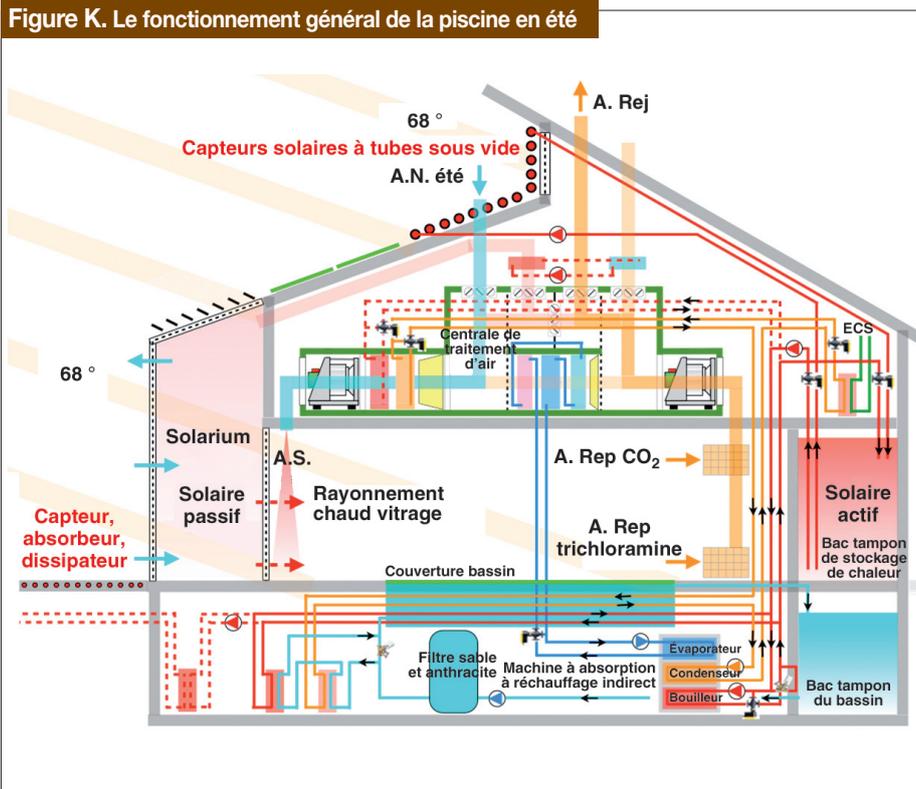
Les fonctions à assurer sont :

- la déshumidification du hall des bassins ;
- le réchauffage de l'air servant à ventilation hygiénique ainsi qu'à la déshumidification complémentaire du hall des bassins ;
- le réchauffage de l'eau des bassins ;
- le réchauffage de l'eau d'appoint des bassins ;
- le réchauffage de l'eau chaude sanitaire.

En demi-saison, avec un ensoleillement suffisant, le recours au réseau de chaleur biomasse sera éventuellement interrompu. Les EnR seules permettront :

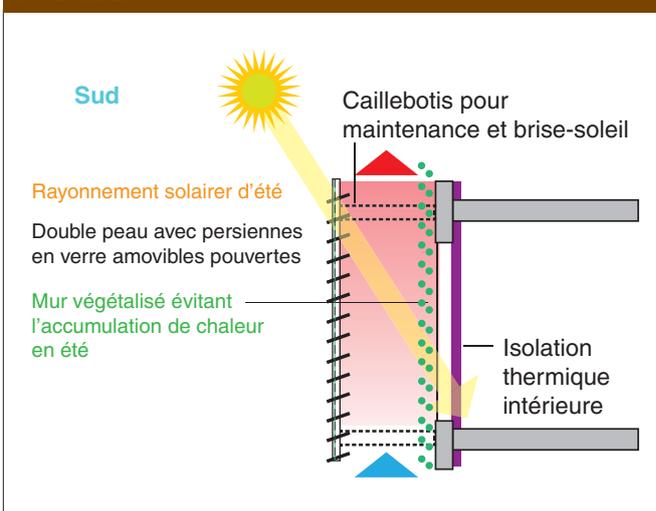
- la déshumidification thermodynamique : par alimentation du bouilleur de la machine à absorption depuis les capteurs solaires ;
- le chauffage complémentaire du hall des bassins et des locaux annexes (en plus du solaire passif, du solaire actif* ou thermodynamique et de la réjection de chaleur provenant du condenseur) ;
- le réchauffage complémentaire des bassins (en plus, du solaire

Figure K. Le fonctionnement général de la piscine en été



En tirant profit de l'ensoleillement, les équipements internes solaires ou thermodynamiques, l'installation dotée de ses équipements solaires et de ventilation doit pouvoir traiter le réchauffage de l'eau et le traitement d'air complet.

Figure L. Façade double peau avec vanelles orientables pour désurchauffer



Les persiennes en verre articulées évitent la montée en température dans l'espace tampon au sud.

passif, du solaire actif* ou thermodynamique et de la réjection de chaleur provenant du condenseur) ;

- le réchauffage de l'eau chaude sanitaire (en plus, du solaire actif* ou thermodynamique et de la réjection de chaleur provenant du condenseur) ;

f. Chauffage et ventilation en été

Durant cette période, on n'aura plus besoin de chauffage. Au contraire on cherchera à réaliser un free cooling par ventilation naturelle ; la déshumidification ne sera donc plus nécessaire.

Les fonctions à assurer sont :

- le réchauffage de l'air servant à ventilation hygiénique ainsi qu'à la déshumidification complémentaire du hall des bassins ;
- le réchauffage de l'eau des bassins ;
- le réchauffage de l'eau d'appoint des bassins ;
- le réchauffage de l'eau chaude sanitaire.

En été, si l'ensoleillement est suffisant, on n'aura plus recours au réseau de chaleur biomasse mais aux EnR, lesquelles permettront :

- la déshumidification thermodynamique : alimentation du bouilleur de la machine à absorption depuis les capteurs solaires ;
- le chauffage complémentaire du hall des bassins et des locaux annexes (en plus du solaire passif, du solaire actif (ou leur stockage) ou thermodynamique et de la réjection de chaleur provenant du condenseur) ;
- le réchauffage complémentaire des bassins (en plus, du solaire passif, du solaire actif (ou leur stockage) ou thermodynamique et de la réjection de chaleur provenant du condenseur) ;
- le réchauffage de l'eau chaude sanitaire (en plus, du solaire actif* ou thermodynamique et de la réjection de chaleur provenant du condenseur).

En cas de surchauffe du solarium ou de la façade double peau posés plein sud, les lamelles motorisées seront ouvertes de façon à désurchauffer de volume par ventilation naturelle. Si la chaleur persiste, on pourra se servir de la protection solaire en toiture, offerte par les coussins gonflables à indice solaire variable.

L'évapotranspiration du lierre contribuera au rafraîchissement de l'air et à une régulation de l'hygrométrie. Durant la nuit, les persiennes en verre seront ouvertes (rafraîchissement nocturne).

S'il y a encore un risque de surchauffe en été, la machine à absorption et les capteurs solaires seront associés pour réalimenter un rafraîchissement du hall et des locaux annexes, l'énergie solaire étant gratuite et la production de celle-ci étant proportionnelle aux besoins frigorifiques.

Le rayonnement aura une hauteur d'environ 64 à 74° à 12 h solaire d'après les latitudes extrêmes en France. Un débord de toit protégera du soleil des capteurs verticaux de façon à ce qu'il n'y ait plus que ceux sur la toiture en pente qui produisent de la chaleur ; on évitera ainsi de façon simple leur destruction par une surchauffe du fluide caloporteur qui peut atteindre 250 °C et monter en pression de façon excessive.

La chaleur servira à réchauffer les bassins ludiques et la patageoire d'avantage. S'il existe des bassins extérieurs, ils seront également chauffés par capteurs solaires.

Tous les ouvrages techniques spécialisés dans le Froid et la Climatisation se trouvent sur le site :

www.librairietechnique.com

Sommaires détaillés consultables en ligne

Catalogue complet sur demande

Groupe Editions Parisiennes- 6, passage Tenaille - 75014 PARIS - Tél. : 01 45 40 30 60

ÉDITIONS PYC LIVRES