

Recommandation EN-8

## Halles gonflables chauffées

Edition décembre 2007

### De quoi s'agit-il?

Il est possible de recouvrir pendant l'hiver des installations sportives existantes, telles que des piscines à ciel ouvert ou des courts de tennis, par une halle gonflable amovible. La halle est mise en place en automne et enlevée au printemps. Cette solution est relativement bon marché et permet d'exploiter les installations pendant toute l'année. Les constructions recouvertes d'une telle membrane consomment cependant beaucoup d'énergie, raison pour laquelle la présente recommandation a été conçue. Ce document s'intéresse particulièrement aux piscines, car les besoins en énergie sont bien plus élevés que pour les courts de tennis.



Fig. 1: Couverture bassin de natation à Schaffhouse (long. 58 m, larg. 28 m, coûts env. ½ mio. CHF)<sup>1,2</sup>

### Comparatif énergétique entre divers types de piscines à ciel ouvert

La brochure intitulée «Utilisation rationnelle de l'énergie dans les piscines couvertes» publiée par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) en mars 1993 contient des valeurs-cibles de consommation d'énergie par rapport au volume d'eau ou à la surface de référence énergétique (SRE).

Piscine	Surface des bassins (m <sup>2</sup> )	Piscines rénovées en 1993 (MJ/m <sup>2</sup> a)	Nouvelles piscines construites en 1993 (MJ/m <sup>2</sup> a)
petite	200 - 300	1'300	1'100
moyenne	env. 500	1'100	900
grande	plus de 1'000	1'000	800

Tab. 1: Consommation d'énergie (chaleur + électricité) pour des piscines rénovées et nouvelles (état 1993)

Ces valeurs représentent la somme de l'énergie nécessaire à la production de chaleur (le plus souvent produite à partir d'énergies fossiles) et de l'énergie électrique nécessaire pour les différents processus techniques (traitement de l'eau, ventilation, éclairage, ventilation des vestiaires, etc.). Dans les constructions neuves, le rapport entre chaleur et électricité est à peu près de 1:1. Citons comme exemple la piscine couverte d'Uster, rénovée en 1988:

$$(E_{\text{chal.}} = 479 \text{ MJ/m}^2\text{a}) + (E_{\text{él.}} = 587 \text{ MJ/m}^2\text{a}) \Rightarrow E_{\text{tot.}} = 1'066 \text{ MJ/m}^2\text{a}.$$

Depuis lors, le plus grand changement intervenu sur cette question a été la révision, en 2001, de la norme SIA 380/1, qui introduisait une catégorie spéciale «Piscines couvertes» en raison de la température élevée requise à l'intérieur de tels bâtiments (28°C). Pour le justificatif énergétique,

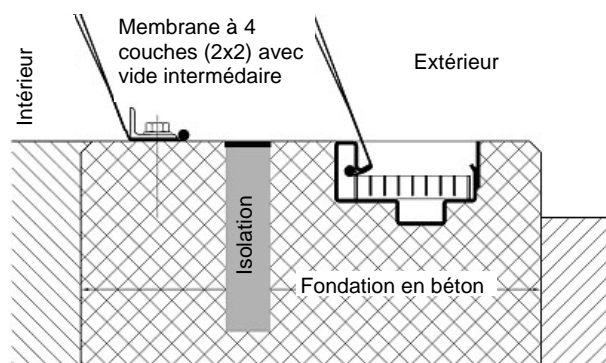
1 Crédit photo: site internet [www.membranbau.ch](http://www.membranbau.ch)

2 Entreprise: HP Gasser AG, Membranbau, 6078 Lungern et 2316 Les Ponts-de-Martel

les performances ponctuelles requises étaient les suivantes:  $U_{\text{toit et parois}} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  et  $U_{\text{fenêtres}} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  (pour les conditions climatiques de Zurich, sans considération de la part maximale d'énergie non renouvelable, cf. Module 2 MoPEC). Nous ne disposons pas de données de consommation plus récentes. En revanche, il est très probable que dans les piscines construites aujourd'hui, les consommations d'énergie puissent être divisées par deux. Il faut aujourd'hui présenter les données de consommation en séparant la production de chaleur et la consommation d'électricité – contrairement au tableau ci-dessus qui les cumule sans les pondérer.

### Considérations sur la consommation d'énergie dans les piscines à ciel ouvert

La membrane qui constitue le toit de la halle gonflable est un élément déterminant de la construction. L'état actuel de la technique permet d'utiliser des membranes 2x2, ce qui permet d'atteindre des valeurs  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Cependant, il existe encore des toits à trois couches ou même à deux couches qui présentent des valeurs  $U$  beaucoup moins favorables (membrane à trois couches = env.  $1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Pour la couverture d'une piscine, il vaut mieux de toute façon choisir la meilleure membrane, car le surcoût est largement compensé par l'économie réalisée sur les importants coûts de chauffage. D'un autre côté, il est utile de disposer d'une membrane qui présente une certaine perméabilité au rayonnement solaire. On estime que le taux de passage d'énergie globale «g» devrait être d'environ 0,1 (fourchette de 0,07 à 0,2). Il faut rappeler ici que les éléments de fondation sont aussi source de déperditions de chaleur (cf. fig. 2). Pour une piscine couverte en dur, on isole en général soigneusement ces éléments, tandis que dans le cas de piscines à ciel ouvert reconverties en piscine couverte pour l'hiver, ces éléments de fondation sont rarement isolés.



**Fig. 2: Ancrage linéaire des membranes.**

En règle générale, une nouvelle fondation en béton doit être construite afin de réduire les déperditions de chaleur par la fondation. Il faut intégrer, entre le socle intérieur et le socle extérieur de fondation, une isolation périphérique allant jusqu'à 1 m de profondeur. Un tel dispositif permet de réduire les flux de chaleur au niveau du terrain (pour le calcul, cf. norme EN 13370).

Couverture d'une piscine à ciel ouvert	membrane double	membrane triple	membrane 2x2
Membrane de 64 m x 30 m Données climatiques de Schaffhouse, $g = 0.1$	$U = 2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 1,95 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
<b>Besoins de chaleur pour l'enveloppe</b> (selon SIA 380/1, édition 2001)	<b>2'500 MJ/m<sup>2</sup></b>	<b>2'000 MJ/m<sup>2</sup></b>	<b>1'500 MJ/m<sup>2</sup></b>
<b>Puissance nécessaire pour le chauffage</b> par temp. ext. de $-8^\circ\text{C}$ et temp. int. de $28^\circ\text{C}$ (sans la puissance nécessaire pour la ventilation)	200 kW	140 kW	80 kW

**Tab. 2: Influence du type de construction sur la consommation d'énergie <sup>3</sup>**

D'après les estimations, une membrane triple ( $U = \text{env. } 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) entraîne des besoins de chaleur pour le chauffage, selon la norme SIA 380/1 (édition 2001), d'environ  $2'000 \text{ MJ/m}^2\text{a}$ . Ce chiffre passe à  $2'200 \text{ MJ/m}^2\text{a}$  si l'on compte les pertes de la chaudière. Cette consommation est environ **quatre fois supérieure** à celle d'une piscine couverte en dur de grandeur moyenne, construite en 1993. **Dans ce cas, les performances pour l'isolation requises par la norme**

<sup>3</sup> Calculs: bureau d'ingénieurs R. Mäder, Schaffhouse, sur mandat de la EnFK.

**SIA 380/1 (édition 2001) ne peuvent pas être respectées car le dépassement est cinq à six fois supérieur à la limite fixée (env. 300 MJ/m<sup>2</sup>a).**

Le bureau d'ingénieurs Mäder a confirmé ces consommations très élevées; en effet, il a exploité les données 2004 à 2006 en provenance de la piscine de Schaffhouse. Certes, l'investissement nécessaire pour la couverture de la piscine à ciel ouvert n'a été que d'un peu plus de 500'000 francs; par contre, les coûts de dépense d'énergie (comprenant l'électricité nécessaire à la ventilation, ainsi que le gaz naturel utilisé pour le chauffage) se sont montés à 81'000 francs pour l'hiver 2004/05 et à 86'000 francs pour l'hiver 2005/06. Si l'on mettait en place une membrane 2x2 sur la même piscine, les besoins de chaleur – et donc les dépenses de gaz naturel – diminueraient de presque 30 %.

La consommation d'électricité n'est pas facile à estimer. Les fournisseurs de halles gonflables ne fournissent en général que deux indications: la consommation du ventilateur de surpression et celle du brûleur nécessaire pour chauffer la halle. Additionnées, ces deux consommations atteignent un peu plus de 100 MJ/m<sup>2</sup>a, ce qui a été confirmé par les données récoltées entre 2004 et 2006 pour la piscine de Schaffhouse. La consommation d'électricité pour faire fonctionner le reste de l'infrastructure (traitement de l'eau, éclairage, vestiaires, etc.) atteint 300 à 400 MJ/m<sup>2</sup>a, soit un peu moins que pour une piscine couverte en dur. Les raisons de cette différence sont, d'une part, la durée d'exploitation plus courte, d'autre part, le fait que la consommation d'été pour la piscine «à ciel ouvert» (déjà existante) est plus faible que pour une piscine couverte durant l'été.

Dans le cas de la piscine de Schaffhouse, deux installations de ventilation parallèles sont installées: une ventilation pulsant de l'air extérieur pour maintenir la surpression à l'intérieur de la halle et une ventilation de recirculation de l'air intérieur, destinée à réguler les conditions climatiques dans la halle. La première installation doit pallier les défauts d'étanchéité de l'enveloppe, raison pour laquelle il convient de construire des halles aussi étanches que possible. Quant à l'installation de recirculation d'air, il faut lui porter une attention particulière. Dans le cas de Schaffhouse, il a été possible d'installer après coup une régulation par automate programmable, ce qui a permis de réduire la consommation d'énergie de 15% environ (en particulier, en permettant de mieux cerner le critère du point de rosée).

**Considérations relatives à l'énergie pour les halles de sport**

Les exigences pour la température dans les halles de sport ne sont pas aussi élevées que dans les piscines. Pour établir une comparaison des coûts annuels, nous avons choisi un terrain de 35 m x 35 m, couvert d'une halle gonflable. Il ressort de cette comparaison que, malgré une température intérieure moins élevée, le surcoût d'une membrane 2x2 peut en règle générale être amorti par les économies réalisées au niveau du chauffage. (cf. tab. 3).

Halle de tennis à deux courts: 35 m x 35 m	membrane double	membrane triple	membrane 2x2
Membrane de 40 m x 40 m SRE (selon SIA 416/1): 1'225 m <sup>2</sup>	U = 2,8 W/m <sup>2</sup> K	U = 1,70 W/m <sup>2</sup> K	U = 1,10 W/m <sup>2</sup> K
<b>Besoins de chaleur pour l'enveloppe</b> (selon SIA 380/1, édition 2001)	570 MJ/m <sup>2</sup>	330 MJ/m <sup>2</sup>	200 MJ/m <sup>2</sup>
<b>Puissance nécessaire pour le chauffage</b> par temp. ext. de -8°C et temp. int. de 16°C (non comprise la puissance nécessaire pour la ventilation)	110 kW	70 kW	50 kW
Prix indicatif de la membrane	CHF 100'000	CHF 145'000	CHF 185'000
Amortisation (int. 5% sur 15 ans)	CHF 9'600	CHF 13'900	CHF 17'800
Coûts de l'énergie utilisée (10 ct./kWh)	CHF 19'400	CHF 11'200	CHF 6'700
<b>Coûts annuels</b>	<b>CHF 29'000</b>	<b>CHF 25'100</b>	<b>CHF 24'500</b>

**Tab. 3: Coûts d'exploitation annuels pour divers types de membrane.**

Ces coûts ne comprennent pas l'électricité pour la ventilation, ni les gains d'investissement pour une plus petite chaudière si la membrane est de meilleure qualité.

## Recommandations pour l'évaluation d'une demande de permis de construire

Les halles gonflables pour des installations sportives ne peuvent en aucune manière remplir les performances requises pour l'isolation de l'enveloppe d'un bâtiment. **En particulier, la couverture d'une piscine à ciel ouvert entraîne une énorme déperdition d'énergie, la consommation grimpe d'un facteur 4 à 5 par rapport à une piscine couverte «normale» en dur.** Dans ces conditions, l'octroi d'un permis de construire, avec dérogation par rapport aux performances requises en matière d'isolation, est une question politique. Au cas où il serait envisagé d'octroyer malgré tout un permis de construire pour une telle halle, il faudrait l'accompagner des conditions suivantes:

1. Il faut prévoir une membrane quadruple (2x2) possédant une valeur  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  environ.
2. L'ancrage au sol de la membrane doit être continu sur tout le pourtour de l'installation afin de présenter une bonne étanchéité. Des ancrages ponctuels ne permettent pas une étanchéité suffisante.
3. Une isolation périphérique doit être mise en place entre les ancrages de la membrane.
4. L'entrée de la halle doit être équipée d'un carrousel à quatre vantaux, équipé d'un système d'étanchéité performant et d'une alarme acoustique ou lumineuse avertissant le personnel lorsque les vantaux ne sont pas orientés en position étanche. Devant la porte, il faut, en plus, prévoir un sas d'entrée, doté d'une porte extérieure supplémentaire.
5. La membrane ne doit présenter ni défaut ni interruption de l'enveloppe thermique. Les valeurs  $U$  et l'étanchéité doivent être assurées partout. Cette règle doit en particulier être respectée dans la zone de l'entrée, aux abords des portes de secours et autour des percements destinés aux gaines de ventilation. Les éléments de portes doivent respecter les performances requises en matière d'énergie. L'étanchéité des soudures de la membrane doit être garantie.
6. Il est admissible de pulser de l'air chaud de manière temporaire dans l'espace interstitiel entre les membranes intérieure et extérieure (cf. fig. 2) d'une couverture 2x2, afin de faire fondre la neige qui s'est accumulée sur le toit.
7. Les installations de ventilation doivent être dimensionnées au cas par cas, en fonction de l'objet.
8. La ventilation de recirculation destinée au maintien du climat intérieur doit être équipée d'un système de régulation par automate programmable. Les réglages doivent être faits pour s'approcher le plus possible du point de rosée.
9. Il faut réexaminer les installations de traitement de l'eau des bassins en fonction d'une exploitation hivernale. En effet, les piscines en plein air sont rarement équipées d'un système de récupération de chaleur des eaux usées rejetées. Un tel système est tout à fait raisonnable, et même rentable, lors de l'exploitation des installations tout au long de l'année.
10. La chaleur nécessaire doit être produite à partir d'agents énergétiques renouvelables (p. ex., au moyen d'une chaudière à bois déchiqueté) ou par récupération de rejets de chaleur industrielle non exploitables d'une autre manière.
11. L'installation doit être équipée des appareils nécessaires au contrôle de la consommation d'énergie. Le fonctionnement du générateur de chaleur doit être suivi par des compteurs d'heures et des compteurs à impulsions, distincts pour chaque régime de fonctionnement. Le renoncement à la production de chaleur à partir de récupération ou d'énergies renouvelables doit être justifié par des raisons très importantes. Si l'installation est équipée d'une chaudière à mazout ou à gaz, il faut saisir les consommations de combustible au moyen d'un compteur.
12. Il faut examiner la possibilité de couvrir les bassins dans le but de réduire significativement l'évaporation.
13. Les exploitants de piscines recouvertes d'une halle gonflable doivent être tenus de relever toutes les données relatives à la consommation d'énergie, et à les fournir sur demande.
14. L'éclairage des halles gonflables doit être effectué par des luminaires à basse consommation d'énergie (pour en savoir plus à ce sujet, cf. norme SIA 380/4).