Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 97 (1971)

Heft: 7

Artikel: Le chauffage des piscines en plein air

Autor: Hefti, Béda

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-71193

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 26.11.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Le chauffage des piscines en plein air

par Béda HEFTI, ingénieur diplômé EPF/SIA, Payerne

1. Généralités

Des études de caractère économique et sociologique ont montré que, dans la hiérarchie des loisirs tournés vers l'activité physique, les classes jeunes de la population plaçaient au deuxième rang seulement le ski et au premier rang la natation. Ce sport jouit du reste d'une popularité croissante parmi les classes moins jeunes qui apprécient les bienfaits que sa pratique peut procurer. Pour cette raison la construction de piscines privées et publiques est en pleine expansion dans notre pays et elle donne ainsi la meilleure preuve de leur utilité.

La construction d'une piscine communale étant faite dans l'intérêt de la santé publique, au même titre que les hôpitaux, les écoles, les halles de gymnastique et les places de sport, le citoyen a le droit de demander que ses deniers servent à une réalisation rationnelle et si possible rentable. C'est ce qui nous amène à étudier le bilan thermique et indirectement les frais d'exploitation de trois piscines publiques récentes.

Nous devons constater que le climat de notre pays est caractérisé par son instabilité. Les périodes de beau temps sont souvent et brusquement interrompues par des séries de jours pluvieux. En 1970 encore, nous avons pu faire cette constatation. Après une semaine de temps chaud à fin juin, suivait une semaine pluvieuse au début juillet. La température de l'eau des bassins, qui avait atteint d'une manière naturelle 24 à 25°C était redescendue après une semaine à 17-18°C. Il fallait de nouveau au moins 3 jours d'ensoleillement intense pour atteindre la température de 20 à 21°C, minimum exigé par le baigneur. Il s'ensuivait donc une baisse substantielle de la fréquentation, se traduisant par une moins-value des recettes. Si une piscine disposait d'un chauffage, la température de l'eau pouvait, dans ce cas, atteindre 22-23°C et l'affluence normale reprenait aux premiers rayons de soleil.

La présence d'un chauffage permet aussi d'étendre la saison de bains à l'avant et à l'arrière-saison. Par temps ensoleillé au mois de mai, l'homme après avoir passé les froids de l'hiver est avide d'exposer son corps à l'air, de se bronzer et de nager dans l'eau tempérée à 24°C. En septembre, il aura la possibilité de continuer encore pendant un mois les baignades habituelles.

Les frais d'exploitation et la fréquentation dépendant étroitement des conditions météorologiques, il est donc intéressant de connaître quelques-unes de ces valeurs pour

Tableau 1

Moyenne journalière de la durée d'ensoleillement en heures (1961-1967)

	L Plus	longue durée	e M	Moyenne m	ensuelle	C Plus	courte durée		
		Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Moyenne
	L	6.9	7.0	9.4	10.6	9.9	7.3	4.9	8.0
Bâle	M	4.8	5.7	7.4	7.7	6.7	5.4	3.8	5.9
	C	3.7	4.8	5.3	5.0	4.9	4.0	2.0	4.2
	L	6.7	6.5	9.5	9.7	9.9	6.8	6.7	8.0
La Chaux-de-Fonds	M	4.1	5.6	6.9	7.7	6.7	5.7	5.1	6.0
	С	2.8	5.0	5.2	5.1	5.4	4.6	3.1	4.4
	L	9.4	8.0	11.4	11.3	10.7	7.0	5.6	9.1
Genève	M	5.8	7.3	8.6	9.9	8.3	6.2	3.9	7.1
	С	4.7	6.5	6.6	7.7	6.9	4.8	2.7	5.7
	L	7.4	8.1	11.1	10.8	10.5	7.2	6.2	8.8
Lausanne	M	5.7	6.9	6.5	7.8	7.6	5.9	4.4	6.4
	C	4.0	5.9	6.3	6.9	6.3	4.9	2.9	5.2
	L	6.4	7.4	10.2	10.4	10.1	7.0	5.0	8.1
Berne	M	4.6	6.3	7.6	8.2	7.1	5.7	4.1	6.2
	С	3.7	5.3	5.9	5.8	5.6	4.6	2.2	4.3
	L	6.4	6.9	9.2	9.8	9.0	6.8	6.0	7.9
Lucerne	M	4.6	5.6	7.1	7.2	6.2	5.1	3.3	5.6
	С	3.3	4.5	5.5	5.1	5.0	3.6	1.6	4.1
	L	6.6	7.5	9.6	10.3	9.8	7.4	6.4	8.2
Zurich	M	4.8	6.1	7.5	7.9	7.0	5.6	3.9	6.1
	С	3.9	5.1	5.4	5.8	5.3	4.3	1.7	4.5
v .	L	6.3	6.5	7.7	8.8	8.3	6.7	5.8	7.2
Saint-Gall	M	4.4	5.2	6.3	6.6	5.9	4.7	3.0	5.2
	C	3.2	3.6	4.8	4.4	4.4	3.0	1.2	3.4
	L	7.5	7.3	9.2	9.2	9.6	7.3	5.7	8.0
Lugano	M	5.7	6.4	7.6	8.4	7.8	6.1	4.7	6.7
11.00	C	4.6	5.5	5.3	7.3	6.8	5.0	2.7	5.3

Tableau 2

Températures journalières moyennes en °C(1961-1967)

	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Aarau	9.4	14.2	16.8	18.2	17.0	14.5	9.2
Bâle	10.0	13.2	17.0	18.5	17.4	15.3	10.5
Berne	9.1	11.2	16.6	18.2	17.2	14.9	9.8
Bienne	9.6	13.2	17.2	17.3	17.8	15.2	10.1
Coire	9.4	14.1	16.6	17.9	16.9	14.9	10.9
Fribourg	8.0	12.8	16.2	17.1	16.1	13.8	9.1
Genève	9.4	13.0	17.0	17.4	17.8	15.0	10.4
Glaris	9.0	12.3	15.7	16.9	16.2	14.1	9.8
Lausanne	9.5	14.2	16.8	18.7	16.4	15.3	10.8
Lucerne	9.1	12.3	16.3	19.3	16.9	16.0	9.8
La Chaux-de-Fonds	6.7	10.2	16.9	15.6	16.2	12.9	8.7
Neuchâtel	10.9	12.9	17.0	18.7	17.8	15.3	10.5
Olten	9.1	12.4	16.4	17.8	16.8	14.7	10.1
Schaffhouse	9.0	13.3	16.1	17.5	16.4	14.1	9.3
Soleure	9.5	12.9	16.9	18.4	18.8	14.9	9.8
Saint-Gall	8.0	11.0	15.0	16.7	17.0	13.6	8.9
Winterthour	9.2	.12.2	16.2	16.2	16.7	14.1	9.5
Zurich	9.0	12.1	15.9	17.5	16.7	14.4	9.5
	163.9	227.5	296.6	317.9	306.1	263.0	176.7
	9.1	12.6	16.5	17.6	17.0	14.6	9.8

(Publié par la Centrale suisse de météorologie, Zurich.)

neuf villes importantes de notre pays. Les durées d'ensoleillement pour les mois d'avril à octobre de 1961 à 1967 sont indiquées dans le tableau 1.

Le tableau 2 donne les températures journalières moyennes d'avril à octobre pendant les années 1961-1967.

Les expériences démontrent que les frais d'exploitation supplémentaires résultant du chauffage de l'eau des bassins sont, d'une année à l'autre, compensés par l'augmentation du nombre des entrées tout en donnant une meilleure répartition de la fréquentation.

L'amélioration de l'utilisation des piscines n'a pas qu'une valeur économique; des raisons d'hygiène, d'entraînement, de sécurité plaident aussi en faveur d'une prolongation de la période d'ouverture des piscines chauffées. Les lacs, les plans d'eau naturels sont de plus en plus interdits aux baigneurs à cause de leur degré de pollution. La natation est un sport en plein essor dans notre pays et il mérite d'être encouragé.

L'étude des frais d'exploitation qui suit est basée sur les besoins thermiques de trois piscines, situées dans des régions et à des altitudes différentes. Il s'agit des piscines publiques de Sainte-Croix, Renens et Payerne. Les deux premières sont chauffées par des générateurs à gaz à combustion submergée, solution habituellement adoptée grâce à son rendement intrinsèque de 97 % calculé par rapport au pouvoir calorifique supérieur. La troisième est équipée de deux chaudières à électrodes.

Les caractéristiques principales des piscines étudiées sont récapitulées dans le tableau 4.

2. Calcul calorifique des piscines en plein air

- 2.1 Période de remplissage des bassins
- 2.11 Chauffage initial de l'eau

 $Q2.11 = V \cdot (t_e - t_o) \cdot 10^{-3}$ Gcal = 10^6 kcal

V = volume d'eau des bassins en m³

 t_0 = température de l'eau d'apport (9 à 12°C)

 t_e = température de l'eau des bassins (22 à 24°C)

2.12 Chauffage initial, par convection, des bassins en maconnerie

Il comporte la hausse de la température de 9,5 à 24°C des murs et des fonds en béton, plus l'empierrement derrière les murs et sous la dalle de fond.

La chaleur spécifique d'un kilo de béton est estimée dans nos calculs à 0,2 kcal/kg°C.

Poids de la maçonnerie par mètre carré:

béton 0,2 · 2,4 * = 0,48 t/m²
gravier 0,3 · 2,0 * =
$$0,60 \text{ t/m}^2$$

 $1,08 \text{ t/m}^2$

* épaisseur × poids spécifique

Chaleur nécessaire pour élever de 13 à 24°C, respectivement de 9,5 à 24°C, un m² de maçonnerie :

 $Q2.12 = 1080 \cdot (24-12) \cdot 0,2 = 2376 \text{ kcal/m}^2 \text{ valable pour}$ Payerne et Renens

 $Q2.12 = 1080 \cdot (24-9,5) \cdot 0,2 = 3132 \text{ kcal/m}^2 \text{ valable pour Sainte-Croix}$

- 2.2 Période d'exploitation
- 2.21 Pertes de chaleur par rayonnement de la surface de l'eau

 $Q2.21 = S(t_e - t_a) \cdot \alpha \qquad \text{kcal/h}$

 $S = \text{surface des plans d'eau, m}^2$

 $t_{\rm e}$ = température maximale de l'eau, 24°C

a = température de l'air, °C

 α = coefficient de transmission : 3,2 kcal/m²h °C

2.22 Pertes de chaleur par convection au travers de la maçonnerie

 $Q2.22 = S(t_e - t_T) \cdot \alpha_e$ kcal/h

S = surface de contact entre eau et murs et fondsdes bassins, m²

t_e = température maximale de l'eau, 24°C

 $t_{\rm T}$ = température du terrain, 6°C

 $\alpha_c = \text{coefficient de transmission de chaleur,} \\ \text{kcal/m}^2 \text{h } ^{\circ} \text{C}$

Pour tous les bassins:

$$Q2.22 = (24-6) \cdot 1,6 = 28,8 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

en avril et septembre

$$Q2.22 = (24-6) \cdot 0.55 = 10.0 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$
 en juillet

2.23 Pertes de chaleur par évaporation de l'eau

Cette perte importante dépend principalement de la vitesse du vent et elle est calculée à l'aide d'une formule de Dalton.

$$Q2 \cdot 23 = \frac{45.6 \cdot C(P_e - P_a)}{B} \cdot 585$$
 kcal/m²h

C = coefficient caractérisant la vitesse et la fréquence du vent

P_e = pression de vapeur de l'eau en mmHg

 $P_{\rm a}$ = pression de vapeur de l'air en mmHg

B = pression barométrique en mmHg
 585 kcal/kg = chaleur latente de vaporisation de l'eau

La perte de chaleur par évaporation varie chaque mois sur la base de la température moyenne et du degré d'humidité de l'air.

2.24 Pertes de chaleur par éclaboussures provoquées par les baigneurs

Elles sont naturellement proportionnelles au nombre de baigneurs.

$$Q2.24 = \text{Mai} \qquad 10 \text{ kcal/m}^2\text{h selon expériences}$$

$$Juin \qquad 30 \qquad \text{N} \qquad \text{N}$$

$$Juillet \qquad 40 \qquad \text{N} \qquad \text{N}$$

$$Août \qquad 25 \qquad \text{N} \qquad \text{N}$$

$$Septembre \qquad 10 \qquad \text{N} \qquad \text{N} \qquad \text{N}$$

2.25 Chauffage de l'eau de renouvellement

Taux de renouvellement journalier 2 % du volume du bassin V.

Eau d'apport 10°C. Eau du bassin 24°C. Durée d'exploitation 153 jours.

$$Q2.25 = 0.04284 \cdot V$$
Gcal

Sainte-Cro	ix $V = 1250 \text{ m}^3$	Q2.25 =	53,6	Gcal
Renens	$V = 4588 \text{ m}^3$		196,5	Gcal
Payerne	$V = 3089 \text{ m}^3$	_	132,3	Gcal

2.3 Gains de chaleur pendant la période d'exploitation

2.31 Gain de chaleur dû à l'ensoleillement

Le soleil produit un échauffement important de l'eau de la piscine. La chaleur recueillie sur une plaque hori-

zontale noircie, a donné 1100 kcal/m²h. Une bonne partie de cette énergie n'est pas récupérable étant absorbée par l'air et la poussière. Pour une piscine bien exposée la chaleur retenue par la surface d'eau peut être estimée à 600-700 kcal/m²h.

Nous avons observé que l'eau d'une piscine, d'une profondeur moyenne de 2 m, augmentait de 2,5°C par une journée ensoleillée, ce qui donne un gain de chaleur, pour un volume de 2 m³, de 5000 kcal; pour un ensoleillement de 8 heures le gain horaire serait de 625 kcal/m²h ou calculé sur les 24 h de 208 kcal/m²h. Le calcul ci-dessous semble se justifier.

Tableau 3 Piscine de Renens

Heures d'ensoleillement selon la statistique de l'office météorologique fédéral, moyenne 1931-1961

	Heures	Surface -	Gain de chaleur Q2.31				
Mois	d'en- soleill.	d'eau	par heure	par mois	Moyenne horaire		
	h	m²	kcal/ m² h	Gcal	kcal/ m² h		
Mai	228	2648	650	392	198		
Juin	247	2648	700	458	240		
Juillet	271	2648	680	488	247		
Août	242	2648	650	417	211		
Septembre.	186	2648	600	295	154		

Total 2050 Gcal

Moyenne par saison =
$$\frac{2050 \cdot 10^6}{153 \cdot 24 \cdot 2648} = 210 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

2.32 Gain de chaleur dû aux baigneurs

			0
Q2.32	Mai	80	kcal/m²h
	Juin	90	kcal/m²h
	Juillet	100	kcal/m²h
	Août	90	kcal/m²h
	Septemb	re 60	kcal/m²h

Baromètre: Vitesse du vent:

Sainte-Croix 640 mmHg C = 0,50

Renens 716 mmHg C = 0.55 formule de Dalton Payerne 709 mmHg C = 0.60

Tableau 4

Caractéristiques principales des piscines de Sainte-Croix, Renens et Payerne

Localité et	Volume	Surface	Surface	Facteur	Те	mpératu	re moyenn	e journa	lière	
altitude	d'eau	d'eau	murs + fonds	$\frac{r}{S}$	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Energie ¹
m/mer	m³	m²	m²	m	°C	°C	°C	°C	°C	
Sainte-Croix	1250	650	809	1,92	9,5	12,4	14,1	13,6	10,8	Air propané 6500 kcal/Nm³
Renens	4588	2648	3314	1,73	13,0	16,2	18,2	17,6	14,5	Gaz de ville 4200 kcal/Nm³
Payerne	3089	1920	2245	1,61	13,0	16,2	18,6	17,9	14,7	Electricité 1 kWh = 860 kcal

¹⁾ Pouvoir calorifique supérieur à $0^{\circ}C-760 \text{ mmHg} = PC_s$

and complete it is in the

Fig. 1. — Piscine de Payerne : plan de situation.

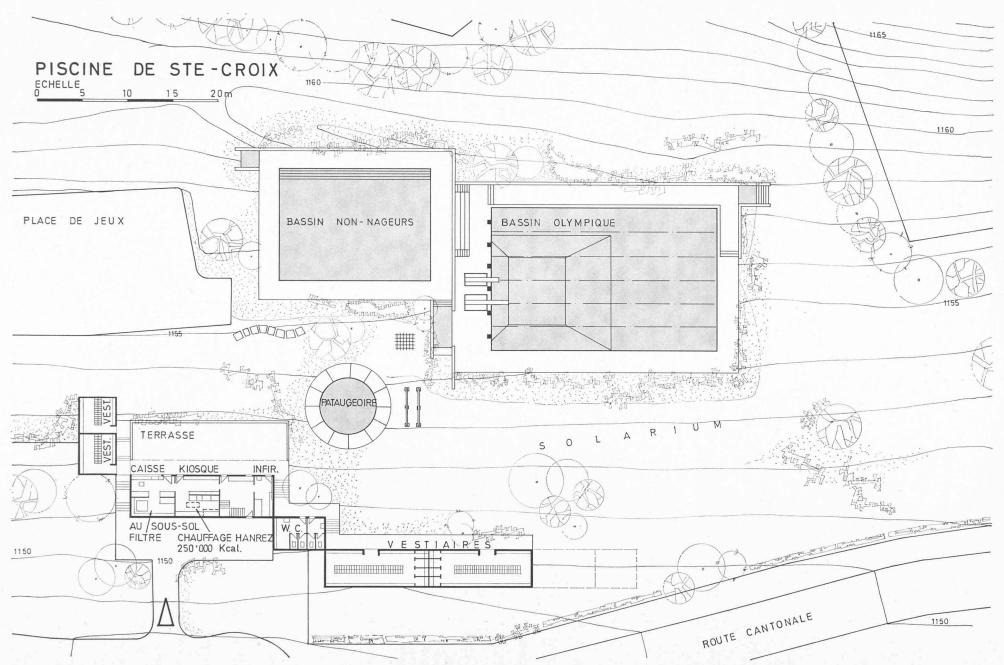


Fig. 2. — Piscine de Sainte-Croix : plan de situation.

TABLEAU 5

Pertes de chaleur par évaporation de l'eau

Piscine de Sainte-Croix

$$Q2.23 = \frac{45,6 \cdot C \cdot (P_e - P_a)}{B} \cdot 585 = K \cdot (P_e - P_a) \qquad K = \frac{45,6 \cdot 0,50 \cdot 585}{640} = 20,84$$

$$X = \frac{45,6 \cdot 0,50 \cdot 585}{640} = 20,84$$

 $Humidit\'e \ relative \ 60 \ \% \qquad S = 650 \ m^2$

$$S = 650 \text{ m}^2$$

Mois	te °C	P _e mmHg	ta °C	Pa mmHg	Pe-Pa mmHg	Q2.23 kcal/m²h	s·h·j	Σ Q2.23·s·h·j
Mai Juin Juillet	24°	22,18	9,5 12,4 14,1 13,6 10,8	5,27 6,40 7,20 6,80 5,80	16,91 15,78 14,98 15,38 16,38	352 329 312 320 341	483 600 468 000 483 600 483 600 468 000	170 Gcal 154 Gcal 151 Gcal 155 Gcal 160 Gcal

TABLEAU 6

Pertes de chaleur par évaporation de l'eau

Piscine de Renens

Q2.23 =
$$\frac{45,6 \cdot C \cdot (P_e - P_a)}{B} \cdot 585 = K \cdot (P_e - P_a)$$
 $K = \frac{45,6 \cdot 0,55 \cdot 585}{716} = 20,5$

$$K = \frac{45,6 \cdot 0,55 \cdot 585}{716} = 20,5$$

Humidité relative 60 % S=2 648 m^2

$$S = 2 648 \text{ m}^2$$

Mois	te °C	$P_{ m e}$ mmHg	ta °C	Pa mmHg	Pe−Pa mmHg	Q2.23 kcal/m²h	s·h·j	$\Sigma Q2.23 \cdot s \cdot h \cdot j$
Mai	24°	22,18	13	6,34	15,84	325	1 970 112	640 Gcal
Juin Juillet			16,2 18,2	8,21 9,38	13,97 12,80	286 262	1 906 560 1 970 112	545 Gcal 516 Gcal
Août			17,6	9,0	13,83	270	1 970 112	532 Gcal
Septembre			14,5	7,35	141,8	304	1 906 560	580 Gcal

TABLEAU 7

Pertes de chaleur par évaporation de l'eau

Piscine de Payerne

$$Q2.23 = \frac{45,6 \cdot C \cdot (P_e - P_a)}{B} \cdot 585 = K \cdot (P_e - P_a) \qquad K = \frac{45,6 \cdot 0,60 \cdot 585}{709} = 22,6$$

$$K = \frac{45,6 \cdot 0,60 \cdot 585}{709} = 22,6$$

Humidité relative 60 % $S = 1920 \text{ m}^3$

$$S = 1920 \text{ m}^3$$

Mois	te °C	$P_{ m e}$ mmHg	ta °C	Pa mmHg	Pe-Pa mmHg	Q2.23 kcal/m²h	s·h·j	Σ Q2.23·s·h·j
Mai Juin Juillet	24°	22,18	13 16,2 18,6 17,9 14,7	6,34 8,21 9,50 9,20 7,45	15,84 13,97 12,68 12,98 14,73	358 316 287 293 333	1 428 480 1 382 400 1 428 480 1 428 480 1 382 400	511 Gcal 437 Gcal 410 Gcal 419 Gcal 460 Gcal

2.4 Calcul des déperditions de chaleur et bilans thermiques

Tenant compte de ce qui précède, nous allons étudier les besoins calorifiques des piscines de Sainte-Croix, Renens et Payerne.

Q2.11 Chauffage initial de l'eau avec ∆t 14°C

Sainte-Croix $1250 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 17,5$ Gcal Renens $4588 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 64,2$ Gcal Payerne $3089 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 42,3$ Gcal

Q2.12 Chauffage initial, par convection, des bassins en maçonnerie

Sainte-Croix $809 \cdot 3132 \cdot 10^{-6} = 2,53$ Gcal Renens $3314 \cdot 2376 \cdot 10^{-6} = 7,87$ Gcal Payerne $2245 \cdot 2376 \cdot 10^{-6} = 5,33$ Gcal

Q2.21 Pertes de chaleur par rayonnement de la surface de l'eau

Heures mensuelles 30 jours = 720 h 31 jours = 744 h

Mois	Sainte-Croix	Renens	Payerne
Mai	22,4 Gcal	69,3 Gcal	50,3 Gcal
Juin	17,4 Gcal	47,6 Gcal	34,5 Gcal
Juillet	15,3 Gcal	36,6 Gcal	24,7 Gcal
Août	16,1 Gcal	40,3 Gcal	27,9 Gcal
Septembre	19,8 Gcal	58,0 Gcal	41,4 Gcal

2.44 Interprétation des résultats (Tabl. 8-9-10)

Ces résultats, calculés sur des bases scientifiques, démontrent bien l'influence

- 1) de la topographie du terrain,
- 2) de la vitesse et de la fréquence des vents,
- de l'ensoleillement, donné par la situation topographique et l'altitude,
- 4) de la température et de l'humidité relative de l'air,
- 5) de la situation climatique.

Les facteurs prépondérants sont l'évaporation à la surface de l'eau et l'ensoleillement. Pour une étude de chauffage, il est indispensable d'être documenté préalablement sur les points cités plus haut.

2.41 TABLEAU 8

Bilan thermique — Piscine de Sainte-Croix

Volume d'eau $1\ 250\ m^3$ Eau d'apport $10^\circ C$ Surface d'eau $650\ m^2$ Eau de la piscine $24^\circ C$ Surface parois et fonds $809\ m^2$ $S\cdot h = 468\ 000\ et\ 483\ 600\ m^2h$

Mois	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
Température journalière moyenne.	9,5°C	12,4°C	14,1°C	13,6°C	10,8°C
Déperdition de chaleur :	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h
Q2.21 rayonnement de la surface d'eau	46 29 352 10 22	37 20 329 30 22	32 10 312 40 22	33 20 320 25 22	42 25 342 10 22
Total déperdition de chaleur	459	438	416	420	441
Gains de chaleur :					
Q2.31 ensoleillement	220 80	250 90	260 100	240 90	180 60
Total des gains	300	340	360	330	240
Solde de chaleur à couvrir en kcal/m²h Total chaleur à couvrir par mois Gcal	159 77	98 46	56 27	90 46	201 94
Total par saison	290 Gcal 20 Gcal 310 Gcal (10	0 %)			
Pour une année défavorable :	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h
Diminution des gains de chaleur 20 % Solde de chaleur en kcal/m²h	240 219	272 166	288 128	264 156	192 249
Par mois en Gcal	106	78	62	75	117
Total par saison	438 Gcal 20 Gcal 458 Gcal (14	8 %)			

Bilan thermique - Piscine de Renens

Volume d'eau 4 588 m³ Eau d'apport 10°C Surface d'eau 2 648 m² Eau de la piscine 24°C

Surface parois et fonds 3 314 m² $S \cdot h = 1 906 560$ et 1 970 112 m²h

Mois	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
Température journalière moyenne	13,0°C	16,2°C	18,2°C	17,6°C	14,5°C
Déperdition de chaleur :	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h
Q2.21 rayonnement de la surface d'eau	35 29 325 10 20	25 20 286 30 20	19 10 262 40 20	21 20 270 25 20	30 25 304 10 20
Total déperdition de chaleur	419	381	351	356	389
Gains de chaleur :		1		10	1775
Q2.31 ensoleillement	198 80	240 90	247 100	211 90	154 60
Total des gains	278	330	347	301	214
Solde de chaleur à couvrir en kcal/m²h	141 278	51 97	4 8	55 108	175 334
Total par saison	825 Gcal 72,1 Gcal 897,1 Gcal (100 %)			
Pour une année défavorable :	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h
Diminution des gains de chaleur de 20 $\%$ Solde de chaleur en kcal/m²h	222 197	264 117	278 73	241 115	171 218
Par mois en Gcal	388	223	144	227	416
Q2.11 + Q2.12 chauffage initial de l'eau et du bassin	1 398 Gcal 72,1 Gcal 1 470,1 Gcal ((164 %)			

2.45 Méthodes empiriques pour le calcul des pertes calorifiques

Les fournisseurs de chaudières, par exemple Buderus (Allemagne), donnent des tableaux valables pour des piscines standard. Nous avons comparé ces résultats avec ceux des piscines de Sainte-Croix, Renens et Payerne et nous avons trouvé des différences de \pm 30 % en ce qui concerne les dépenses calorifiques.

La maison Hanrez (Belgique) fournit les générateurs à gaz à combustion submergée qui, à notre avis, sont le meilleur système existant. Elle donne la formule suivante pour déterminer la dépense calorifique par saison:

$$Q \text{ total} = \sum (t_{a} - t_{e}) \cdot h \cdot S \cdot K$$

t_a =température moyenne mensuelle de l'air

t_e =température désirée de l'eau de la piscine

h = nombre d'heures de fonctionnement

S =surface d'eau

K = un facteur qui tient compte des conditions climatiques, spécialement de la vitesse du vent et qui varie de 8-13 kcal/m²h °C.

Pour une température constante de 21°C à la piscine de Renens, cette maison a trouvé pour la perte de chaleur du 1er mai au 30 septembre : 650 Gcal,

Si l'on corrige la température de l'eau à 24°C, comme nous l'avons calculé (voir tableau 6), on obtient :

Mai 744·11,0 = 8 184 h °C (31·24 = 744 h) Juin 720· 7,8 = 5 616 h °C (30·24 = 720 h) Juillet 744· 5,8 = 4 315 h °C Août 744· 6,4 = 4 761 h °C Septembre 720· 9,5 = 6 840 h °C au total 29716 h °C

Q par saison = $29716 \cdot 2648 \cdot 13 \cdot 10^{-6} = 1023$ Gcal.

Comparé avec notre calcul détaillé (voir tableau 9): 825 Gcal pour une année normale et 1398 Gcal pour une année défavorable avec un déficit d'ensoleillement de 20 %, sans compter le chauffage initial de l'eau et du bassin, le résultat est donc acceptable.

Si l'on tient compte encore du chauffage initial de l'eau et du bassin on obtient :

chaleur de base pour 24°C chauffage initial de l'eau Q2.11 64,20 Gcal chauffage initial du bassin Q2.12 7,87 Gcal 2 % renouvellement Q2.25 196,50 Gcal 268,57 Gcal 1291,57 Gcal

2.43 TABLEAU 10

Bilan thermique — Piscine de Payerne

Volume d'eau 3 089 m³ Eau d'apport 10°C Surface d'eau 1 920 m² Eau de la piscine 24°C

Surface parois et fonds 2 245 m² $S\!\cdot\! h = 1\;382\;400\;et\;1\;428\;480\;m^2h$

Mois	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	
Température journalière moyenne	13,0°C	16,2°C	18,6°C	17,9°C	14,7°C	
Déperdition de chaleur :	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	
Q2.21 rayonnement de la surface d'eau	35 29 358 10 19	25 20 316 30 19	17 10 287 40 19	19 20 293 25 19	30 25 333 10 19	
Total déperdition de chaleur	451	410	373	376	417	
Gains de chaleur :					11-17	
Q2.31 ensoleillement	190 80	210 90	235 100	200 90	140 60	
Total des gains	270	300	335	290	200	
Solde de chaleur à couvrir en kcal/m² Total chaleur à couvrir par mois Gcal	181 259	110 152	38 54	86 123	217 300	
Total par saison	888 Gcal 47,6 Gcal 935,6 Gcal	100 %)	5	1841		
Pour une année défavorable :	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	kcal/m²h	
Diminution des gains de chaleur de 20 %	216 235	240 170	268 105	232 144	160 257	
Par mois en Gcal	336	235	150	206	355	
Q2.11 + Q2.12 chauffage initial de l'eau et du bassin	1 282 Gcal 47,6 Gcal 1 329,6 Gcal (142 %)				

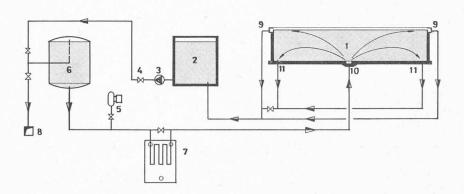
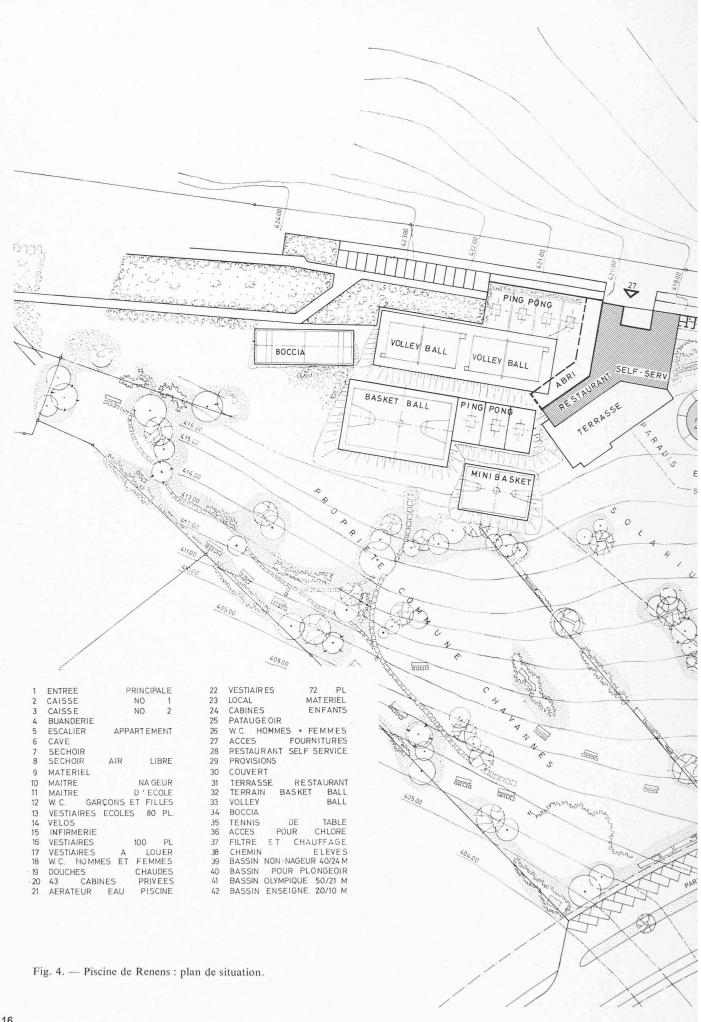
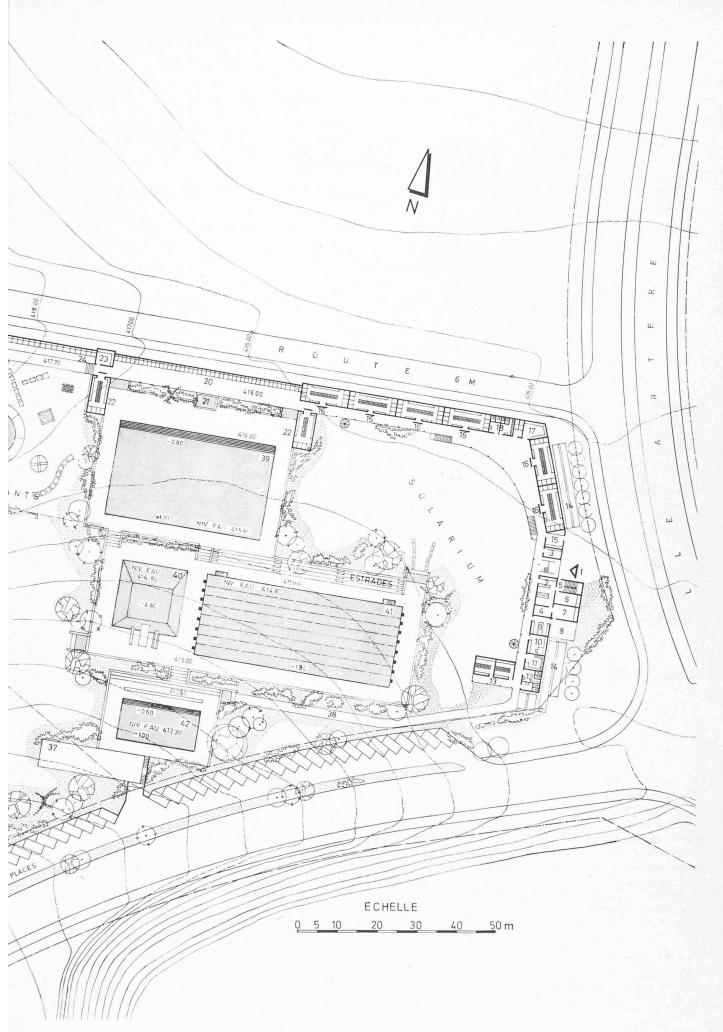


Fig. 3. — Schéma de chauffage et de cyclage de l'eau d'une piscine avec un seul bassin. scine avec un seul passin.

1. Piscine
2. Bassin-tampon
3. Pompe de cyclage
4. Vanne de réglage
5. Compresseur
6. Filtre à sable au cellite
7. Chaudière
8. Egout
9. Surflots
10. Canal d'alimentation
11. Crépines de fond





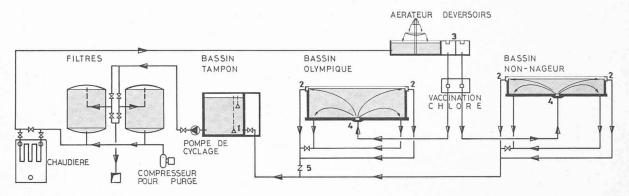


Fig. 5. — Schéma de chauffage et de cyclage de l'eau pour plusieurs bassins.

- Vanne électrique commandée par flotteurs
- Surflots
 Déversoir distributeur
 Canal d'alimentation
 Clapet de retenue

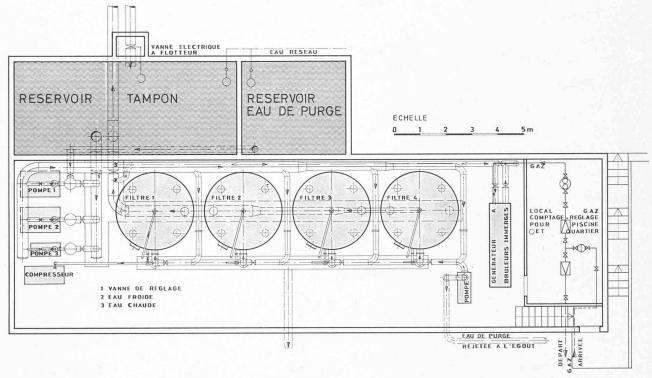


Fig. 6. — Piscine de Renens : station de filtrage et de chauffage.

Nous voyons que pour un renouvellement de l'eau de 2 % et une température de 24°C, y compris la période de préchauffage de l'eau et le chauffage initial du bassin par convection, Hanrez donne la valeur corrigée ci-dessus de 1291,57 Gcal. Le calcul du tableau 9 montre que la chaleur dépensée durant une année normale est de 897,1 Gcal tandis qu'elle est de 1470,1 Gcal lors d'une année défavorable. Ainsi Hanrez tient compte dans ses calculs d'une année moyenne à défavorable ce qui donne une marge de sécurité.

2.46 Puissance et vitesse de chauffage

Pour déterminer la puissance de chauffage à installer, il faut prendre en considération:

1) la puissance spécifique en kcal/m²h,

2) la vitesse de chauffage en °C/h de l'eau de la piscine après le remplissage initial.

Ces valeurs, pour les trois piscines, sont récapitulées dans le tableau 11.

Le chauffage de l'eau de la piscine de Payerne doit être fait de nuit, les Entreprises Electriques Fribourgeoises ayant accordé, dans ce cas, des conditions particulières soit 3 cts/kWh.

Ce bas tarif est à disposition du vendredi soir à 22.00 h au lundi à 06.00 h, soit pendant 56 heures. Après ce laps de temps, il sera nécessaire de continuer à chauffer avec le haut tarif jusqu'à ce que les 78,5 h calculées soient atteintes. C'est naturellement un inconvénient propre à l'énergie électrique car le haut tarif de jour, appliqué à la piscine de Payerne est 2,5 fois plus élevé que le tarif de nuit.

TABLEAU 11

		-		Sainte-Croix	Renens	Payerne
N	Désignations	Calcul	Unités	$S = 650 \text{ m}^2$ $V = 1250 \text{ m}^3$ h = 1,92 m	$S = 2648 \text{ m}^2$ $V = 4588 \text{ m}^3$ $h = 1,73 \text{ m}$	$S = 1920 \text{ m}^2$ $V = 3089 \text{ m}^3$ $h = 1,61 \text{ m}$
1 2 3 4 5 6 7 8 9	Puissance spécifique (tableaux 8, 9 et 10) année favorable — Mai/Septembre		kcal/m²h kcal/h kcal/h kcal/h 1/h h °C/h °C/h h-min	159/201 250 000 a) 237 500 134 150 9 550 131 0,107 0,19 10.30	141/175 1 100 000 a) 1 045 000 671 600 47 970 95 0,147 0,228 8.45	181/217 946 000 b) 898 700 551 180 39 370 78.5 0,178 0,291 7.0

3. Choix de la production de chaleur

Toutes les méthodes de production industrielle de chaleur entrent en ligne de compte pour le chauffage de l'eau des piscines et le maintien de la température requise. Néanmoins, certains combustibles, pour autant que les chaudières doivent être placées à proximité de la piscine, ne sont, pour des raisons de pollution de l'air et de dépôts de suie, pas recommandés — il s'agit de l'huile et du

Il est intéressant de comparer le prix de revient par Gcal (106 kcal) de chaleur utile entre divers moyens de chauffage. Ces prix sont récapitulés dans le tableau 12. La source de chaleur sera toujours intercalée dans un by-pass du système de cyclage de l'eau des bassins. Nous tenons compte, dans le coefficient de rendement indiqué ci-après, des pertes jusqu'à cette intersection.

- 3.11 Huile combustible extra-légère utilisée dans une chaudière traditionnelle avec échangeurs de chaleur incorporés ou indépendants. Ce système est souvent employé pour le chauffage des piscines couvertes, l'eau sanitaire pouvant également être produite simultanément. Toutefois, cette solution n'est guère recommandée pour les piscines en plein air, les raisons étant les suivantes :
 - construction d'une cheminée, toujours inesthétique;
 - rendement global ne dépassant guère 55-60 %:
 - stockage de combustible;
 - pollution atmosphérique, odeurs désagréables;
 - dépôts de suies sur l'aire de la piscine.

Coût de l'huile extra-légère, fin septembre 1970 : 20 francs les 100 kg.

3.12 Gaz de ville utilisé dans une chaudière classique comme ci-dessus. Cette solution a l'avantage de ne pas polluer l'atmosphère ni l'aire de la piscine et le stockage est supprimé. En outre, seule une cheminée de deux mètres environ est nécessaire. Le rendement de combustion d'un foyer à gaz est un peu supérieur à celui des foyers prévus pour l'huile combustible. Coût du m3 de gaz: 13,5 ct.

Ce prix est basé sur la moyenne des tarifs de gaz pour le chauffage de l'eau des bassins de piscines publiques dans le canton de Vaud. Il correspond à 3,2 ct./kWh, valable jour et nuit. Ce prix a été consenti par les usines à gaz en vue de la future distribution du gaz naturel.

3.13 Gaz de ville, ou propane, utilisé dans une chaudière spéciale à tubes radiants. Dans ce cas, chaque tube, faisant office d'échangeur de chaleur, a son propre brûleur. On obtient avec ce genre de chaudière un rendement de 85 %.

Le coût du propane à fin septembre 1970 est de Fr. 45. les 100 kg, il varie en fonction de la consommation annuelle.

L'emploi du propane nécessite une installation de stockage en plein air avec une citerne fixe. Des prescriptions assez sévères indiquent, entre autres, les distances à respecter par rapport aux constructions environnantes ainsi que la surface de l'aire de service qui doit être clôturée, les dispositifs de sécurité, etc. Il faut en tenir compte dans le calcul du prix de revient. A Renens et à Payerne, le supplément de prix dû au stockage du propane est de l'ordre de 1 à 2 francs par Gcal consommée.

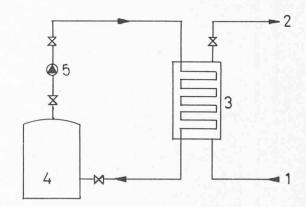


Fig. 7. — Schéma de chauffage avec chaudière traditionnelle.

- Eau froide Eau chaude Echangeur

- Chaudière Pompe de cyclage secondaire

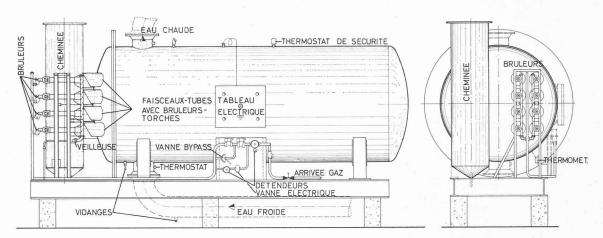


Fig. 8. — Chaudière Thermogaz 800 000 kcal/h.

Longueur: 4,550 m Hauteur: 2,900 m Largeur: 1,750 m

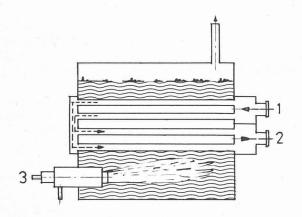


Fig. 9 — Générateur « Hanrez » avec brûleur submergé et échangeur incorporé.

1. Eau froide

3. Alimentation du brûleur à combustion submergée

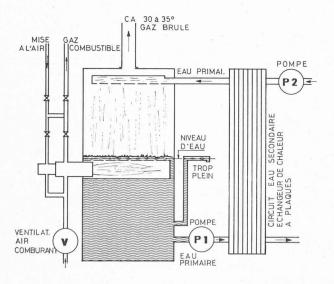


Fig. 10. — Schéma de fonctionnement du générateur Hanrez avec brûleur à combustion submergée.

3.14 Gaz de ville, propane ou air propané utilisé dans un générateur à combustion submergée tel que: Hanrez (Belgique) Erka et Temperator (Allemagne).

Dans le générateur Hanrez, l'eau de cyclage n'est pas en contact direct avec les produits de combustion. La flamme, en mélange total air-gaz, brûle à l'intérieur d'un bain d'eau primaire qui lui-même est entouré d'un bain secondaire alimenté par l'eau de cyclage de la piscine. Ce système, protégé par de nombreux brevets, à un rendement de 97 % sur PC_s, la chaleur latente de vaporisation étant récupérée pour chauffer l'eau.

Le rendement moyen d'exploitation est proche du rendement intrinsèque au régime nominal en raison de la faible valeur des déperditions pendant les temps d'arrêt, le bain primaire ne dépassant guère 35-40°C.

A notre avis, c'est le générateur Hanrez qui est à recommander car dans les générateurs Erka ou Temperator les gaz brûlés sont mélangés à l'eau de la piscine qui est ainsi acidifiée par le CO₂. En outre, les générateurs Hanrez peuvent être également employés pour le chauffage de l'eau et de l'air des piscines couvertes. (Nombreuses applications en Belgique et en France).

3.15 Chauffage direct à l'électricité avec chaudières à électrodes

Pour la piscine de Payerne, chauffée à l'électricité, nous avons vu, au chapitre 2.46, que le fournisseur d'énergie électrique (EEF) a fait une offre particulièrement favorable soit 3 ct./kWh pour le courant de nuit aussi bien pour les moteurs, l'éclairage que pour la cuisine du restaurant. Ce bas tarif est appliqué la semaine de 22.00 h à 06.00 h et toute la journée le samedi et le dimanche, le reste du temps le haut tarif est de 7,5 ct./kWh.

Ces conditions ont été accordées pour une période limitée en envisageant l'écoulement du surplus nocturne des centrales nucléaires.

La chaleur nécessaire pour la piscine de Payerne est d'environ 1000 Gcal par saison. L'installation du transformateur, des chaudières, de l'appareillage électrique et du tableau coûte Fr. 70 000.— plus cher que le chauffage au propane.

Il faut en tenir compte dans la comparaison des prix soit : amortissement et intérêt de Fr. 70 000.— à 7 % pendant 18 ans. Annuité correspondante : Fr. 7000.— soit Fr. 7.—/Gcal.

Tableau 12

Tableau comparatif du coût de 1 Gcal utiles avec diverses énergies

	Energie			Chaudières- générateurs		Prix de 1 Gcal utiles				
	Désignation	Pouvoir calorifique	Prix	Prix/ Gcal Fr.	Genre	Rende- ment global	Prix/ Fr.	Supplément dû au stockage	Prix/ Gcal utiles Fr.	
3.11	Huile extra- légère	PC _i 10 000 kcal/kg	20 ct./kg	20,00	Traditionnelle	60 %	33,40	Pas calculé	=	
3.12	Gaz de ville	PC _i 3 350 kcal/m ³ (a)	13,5 ct./m ³	40,30	Traditionnelle	70 %	57,50	_	57,50	
3.13	Gaz de ville	PC _i 3 350 kcal/m ³	13,5 ct./m ³	40,30	Thermogaz (F) Turbomat (D)	85 % 85 %	47,40	- ,	47,40	
3.14	Gaz de ville	PC _s 3 780 kcal/m ³ (a)	13,5 ct./m³	35,70	Hanrez (B) Erka (D) Temperator (D)	95 % 95 %	37,65	_	37,65	
3.14'	Propane commercial	PC _s 11 100 kcal/kg (b)	45 ct./kg	40,50	Hanrez Erka Temperator	95 % 95 % 95 %	42,65	Fr. 1.—/Gcal	43,65	
3.14"	Air propané	PC _s 5 850 kcal/m ³ (c)	20 ct./m³	34,20	Hanrez Erka Temperator	95 % 95 % 95 %	36,—	-	36,—	
3.15	Electricité	1 kWh = 860 kcal	3 ct./kWh	34,90	à électrodes	95 %	36,70	Fr. 7.—/Gcal	43,70	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
a	Gaz de ville	e PC _s 4 200 kcal/Nm ³ Va PC _i 3 780 kcal/Nm ³	aleur ramenée a	à 15°C—7	725 mmHg (400 mè			80 kcal/m ³ 50 kcal/m ³		
b	Propane PC_s 11 900 kcal/kg (0°C -760 mmHg) »						$C_s = 11 100 \text{ kcal/kg}$			
c	Air propan	PC _i 11 000 kcal/kg (0°C é PC _s 6 500 kcal/Nm ³	—760 mmHg)	» »		PC PC	$f_i = 10.2$ $f_s = 5.8$	250 kcal/kg 350 kcal/m ³		
		PC _i 6 000 kcal/Nm ³		>>				00 kcal/m³		

La comparaison entre le projet de chauffage au propane et celui à l'électricité a amené la Société coopérative de la piscine de Payerne à se décider pour le chauffage à l'électricité.

4. Frais d'exploitation de la piscine de Payerne et comparaison avec le chauffage au propane

4.1 Chauffage à l'électricité

Haut tarif 7,5 ct./kWh: Restaurant, moteurs, éclairage 68 700 kWh Fr. 5 152.— Bas tarif 3,0 ct./kWh: Restaurant, moteurs, éclairage 62 500 kWh 1 875.— Chauffage de la piscine calculé sur une moyenne de 1000 Gcal = 1 162 800 kWh » 34 884.— Investissements supplémentaires: Amortissement et intérêt de Fr. 70 000.— 7 000.— Fr. 48 911.—

4.2 Chauffage au propane avec un générateur Hanrez. Le gaz de ville ou l'air propané, bien que meilleur marché

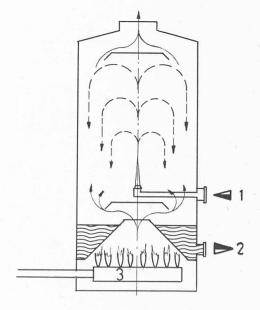


Fig. 11. — Chaudière « Erka » avec brûleurs à gaz. Les gaz de combustion sont en contact direct avec l'eau de la piscine.

- 1. Eau froide
- Eau chaude
 Brûleur

que le propane, n'est pas distribué à Payerne. Pour cette raison, la comparaison est faite avec le propane.

Moteurs, éclairage 120 000 kWh à 10 ct. Fr. 12 000.— Chauffage de la piscine calculé sur une moyenne de 1000 Gcal à » 40 500.— Fr. 40.50 Restaurant 10 Gcal à Fr. 40.50. . 405.-Fr. 52 905.-Supplément de Fr. 1.-/Gcal relatif au 1010.stockage (voir chap. 3.13) . . . Fr. 53 915.-

4.3 Conclusions de la comparaison électricité - propane

Les frais d'exploitation avec le chauffage électrique sont, dans ce cas précis, 9 % inférieurs par rapport à un chauffage au propane. Ceci a été possible grâce au prix avantageux du kWh.

- Avantages de l'électricité par rapport au propane: Moins de surveillance et d'entretien. Pas d'enlaidissement du paysage par la citerne. Pas de prix instables, influencés par la situation internationale.
- Avantages du propane par rapport à l'électricité: Exploitation plus souple. Possibilité de produire l'eau chaude sanitaire avec le générateur.

5. Chauffage thermodynamique appelé « pompe de chaleur »

Ce système nécessite la présence d'un lac, d'un étang, d'un cours d'eau ou d'une nappe phréatique ayant une température à peu près constante. Cette eau est utilisée pour évacuer le froid produit à l'évaporateur, puis elle est envoyée refroidie à la source mentionnée ci-dessus. La quantité de chaleur disponible à la source chaude du condenseur par unité de puissance du compresseur est

de 5950 kcal/kWh (cette valeur résulte du cycle de Carnot) pour une température de 10°C de la source froide et une température de 35°C de l'eau chauffée.

L'utilisation d'un moteur à gaz pour entraîner le ou les compresseurs rend nécessaire son refroidissement et une quantité appréciable de chaleur peut être ainsi récupérée. Nous pouvons récupérer, en plus, la chaleur contenue dans les gaz d'échappement du moteur en les faisant passer dans un échangeur, ce qui n'est réalisable qu'avec un moteur à gaz en raison de la propreté des produits de combustion. De cette façon, l'eau chaude sanitaire et les divers chauffages sont assurés directement par la récupération de chaleur.

Si nous appelons T1 pour la source froide, T2 pour la source chaude, les températures en °Kelvin, Q l'énergie recueillie à la source chaude et W le travail fourni par la machine, nous avons:

$$\frac{Q}{W} = \frac{T2}{T2 - T1} = a = \text{gain d'amplification}$$

Le gain d'amplification d'un chauffage thermodynamique pour une piscine peut être estimé à 3 au minimum. Ainsi, avec un prix de 37,65 francs/Gcal pour le gaz de ville (tableau 12, colonne 10) le coût d'une Gcal tombe à Fr. 12,55 avec le gain cité plus haut.

Si au point de vue du coût d'exploitation le chauffage thermodynamique est très intéressant, il faut toutefois prendre en considération le coût d'installation et les frais d'entretien plus élevés que ceux d'un chauffage au gaz par exemple. Si nous admettons une différence de Fr. 100 000.—, pour un chauffage de 1000 Gcal par saison, nous avons :

Amortissement et intérêts de 100 000 francs à 10 % pendant 15 ans Fr. 13 150.— 1000 Gcal à Fr. 12,55 . . » 12 550.— Fr. 25 700.— Comparé avec un chauffage au gaz (3.14 — tableau 12)

» 37 650.— 1000 Gcal à Fr. 37,65 Economie en faveur du chauffage thermodynamique Fr. 11 950.-

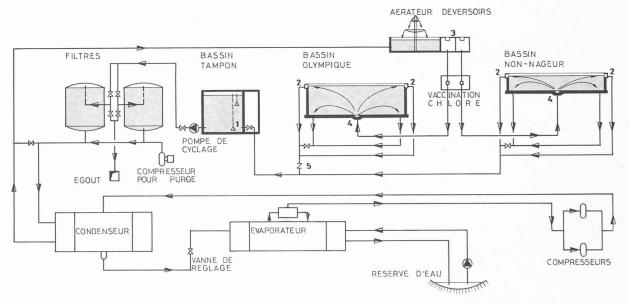


Fig. 12. — Schéma d'un chauffage de piscine par pompe de chaleur.

- Vanne électrique commandée par flotteurs
- variflots
 Déversoirs distributeurs
 Canal d'alimentation
 Clapet de retenue

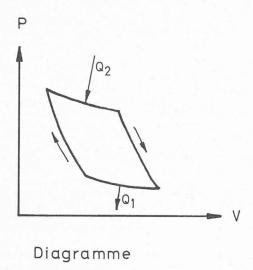


Fig. 13. — Cycle de Carnot.

Avec un chauffage thermodynamique pour un ensemble piscine - patinoire, l'énergie d'un moteur à gaz permet alors d'assurer à chaque instant les besoins de froid de la patinoire et de chaleur pour la piscine. (Exemple d'une telle application à Gelos, Basses-Pyrénées, France.)

pression et volume

En définitive, l'emploi d'un chauffage thermodynamique est lié à la présence d'une grande réserve d'eau à température constante. Un moteur à gaz permet une récupération importante de chaleur qui est nécessaire pour les installations sanitaires, le restaurant, le chauffage des vestiaires et des plages. Ce système conduit, comme nous l'avons vu, à des gains d'exploitation élevés qui permettent d'amortir rapidement les investissements supplémentaires inhérents à cette technique et de renouveler le capital investi pour les machines.

6. Chauffage des vestiaires et des plages

Un complément intéressant au chauffage des piscines consiste à chauffer les vestiaires par panneaux infrarouges et les plages par rayonnement avec un système de tubes incorporés dans les dalles en béton. Il ne s'agirait évidemment pas de tous les vestiaires ni de toutes les plages, mais d'un choix d'emplacements réservés aux « mordus » de la natation qui ne craignent pas le mauvais temps ou l'avantet l'arrière-saison.

Nous pensons qu'il serait judicieux, pour les bassins olympiques, de chauffer les emplacements de départ ainsi qu'un vestiaire situé à proximité. Les combustibles de choix pour les piscines sont le gaz de ville, le gaz naturel ou le propane qui permettent une exploitation souple et surtout rapide s'adaptant facilement aux besoins et sont exempts d'agents polluants.

Les établissements privilégiés ayant la possibilité d'avoir un chauffage thermodynamique disposeraient ainsi d'une source de chaleur intéressante. L'évaporateur fournissant l'eau à 30°C, celle-ci circulerait dans les serpentins noyés dans le béton des plages et l'eau provenant du refroidissement du moteur à gaz pourrait alimenter les convecteurs des vestiaires.

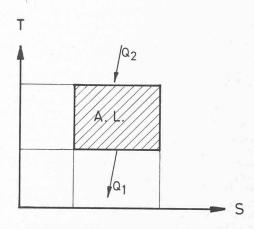


Diagramme température et entropie

Fig. 14. — Diagramme T-S

Considérations finales économiques et techniques

Le chauffage des bassins en plein air est d'un intérêt évident : l'augmentation du nombre de jours d'utilisation, donc des entrées, justifie les dépenses d'installation d'une chaufferie.

Les qualités de l'électricité sont bien connues : propreté et absence de stockage. Il en est de même pour les gaz qui, en plus de leurs avantages spécifiques relevés plus haut, ne nécessitent plus de cheminée avec un générateur à combustion submergée, un simple et très court tube en matière plastique la remplace.

A côté des progrès généraux qui ont été acquis dans le domaine des chaudières, les trois points suivants méritent d'être relevés:

- Les techniques de combustion submergée qui conduisent à un rendement thermique de 97 % sur PCs réduisent non seulement la consommation d'énergie mais également les frais d'investissement. Aussi ce type de matériel est-il en forte progression.
- La nécessité de fractionner les sources de chaleur dans tous les établissements de façon à adapter les consommations à des besoins variables dans le temps fait que le gaz rempli le plus souvent les conditions désirées.
- L'intérêt de la production simultanée de froid et de chaud par moteur à gaz, pour les ensembles rassemblant des piscines et des patinoires, notamment par chauffage thermodynamique, répond à une tendence actuelle. Les possibilités d'emploi du gaz apparaissent donc très ouvertes sur le marché des piscines.

Adresse de l'auteur : Béda Hefti, Bureau d'études techniques, 23, Grand-Rue, 1530 Payerne