Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 68 (1977)

Heft: 4

Artikel: Comparaison entre Chauffage Direct et Chauffage par Pompe à Chaleur

Autor: Bovay, O.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914996

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: 10.12.2025

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

Dem als Berechnungsgrundlage verwendeten täglichen Wärmebedarf von 120000 kcal bei +3 °C Aussentemperatur entspricht für 3500 Gradtage ein gesamter Wärmebedarf von

$$\overline{Q}_J = 3500 \cdot \frac{120000}{17} = 24{,}7 \text{ Gcal}$$

Dies ergibt die Leistungsziffern gemäss Tabelle III.

Die Reduktion der Leistungsziffer durch den Speicherbetrieb ist gering, geringer als im Pumpspeicherbetrieb mit 25...30%. Es ist demnach interessant, auch mit Wärmepumpenanlagen überschüssige Nachtenergie zu nutzen, um so mehr als die Speicherung beim Verbraucher erfolgt und damit die Stromversorgungsanlagen in den Tagesstunden vom Werk bis zum Verbraucher entlastet werden.

Adresse des Autors
Hugo Ledermann, Glärnischstrasse 30, 8712 Stäfa.

Comparaison entre Chauffage Direct et Chauffage par Pompe à Chaleur

Par O. Bovay

621.365:621.577

1. Buts

Dès 1974, les promoteurs du banc d'essai des pompes à chaleur de la Chaire d'Installations Electriques de l'EPFL se sont fixés pour but d'effectuer, dans les conditions climatiques du Plateau suisse[1]), l'étude objective de l'ensemble des problèmes techniques et économiques posés aux constructeurs de bâtiments lors du choix d'un chauffage en envisageant la solution par pompe à chaleur.

Les aspects suivants ont retenu plus particulièrement l'attention et font l'objet d'études théoriques et pratiques:

- chauffage d'appoint (types)
- régulation simple et fiable
- aménagement de l'installation
- rendement exergétique des différents éléments
- fiabilité de l'installation
- répercussions sur le réseau électrique et sur la production
- prix de revient du chauffage (investissement et consommation d'énergie actualisés sur la durée de vie de l'équipement)
- promotion d'établissement de normes

Le banc d'essai est également utile aux constructeurs, importateurs et installateurs de pompes à chaleur afin de permettre de comparer et d'améliorer leurs installations.

Enfin, les producteurs, transporteurs et distributeurs d'énergie électrique pourront bénéficier des études entreprises pour prendre des décisions et orienter les investissements à effectuer à moyen et à long terme dans le domaine particulier de l'énergie électrique et plus généralement sur le plan global de l'énergie.

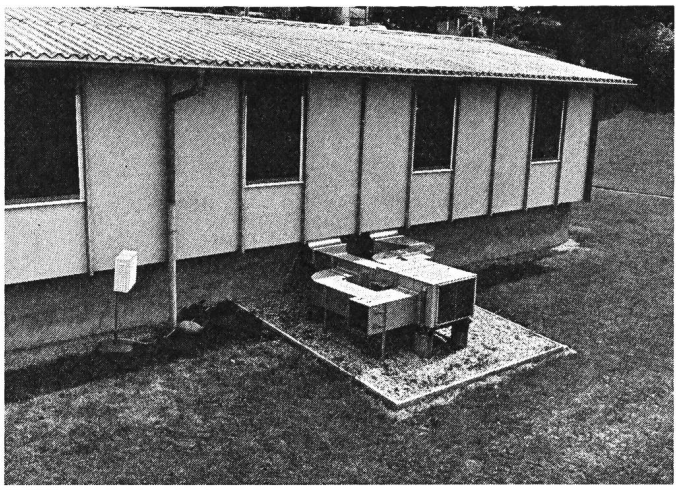

Fig. 1 Banc d'essai des pompes à chaleur de l'EPFL

2. Moyens

Après quelques travaux préliminaires, le projet débuta en 1975. Pour des raisons «pratiques» on a testé des pompes à chaleur du type Air-Air. Le local utilisé (fig. 1) est particulièrement intéressant pour un banc d'essai: D'une part il a une très mauvaise isolation (k moyen = 1,5 W/m² °C), ce qui a permis de montrer que le chauffage par pompe à chaleur est possible dans de telles conditions; d'autre part la mise en place des gaines de distribution d'air a pu se faire facilement. De plus il est situé dans le périmètre de l'EPFL, de sorte que des contrôles fréquents peuvent être réalisés.

Afin de connaître les prestations de la pompe à chaleur, on exploite le banc d'essai de la manière suivante: Un chauffage «tout électrique» fonctionne en alternance avec la pompe à chaleur; les prestations thermiques étant identiques, il est aisé de mesurer, puis de comparer les énergies électriques absorbées par les deux systèmes.

La chaîne de mesure enregistre la puissance électrique active fournie au système de chauffage, les températures et les humidités relatives à l'extérieur et à l'intérieur du bâtiment. Afin de négliger l'énergie solaire fournie naturellement au bâtiment, toutes les analyses sont faites sur des enregistrements nocturnes.

3. Bilan d'exploitation

La première période d'exploitation du banc d'essai a débuté le 14 novembre 1975 et s'est terminée le 15 mars 1976.

3.1 Pompe à chaleur

Pour la pompe à chaleur seule, la fig. 2 montre la puissance thermique fournie et la puissance électrique absorbée en fonction de la température extérieure. La fig. 3 contient l'efficacité ou coefficient de performance ε de la pompe à chaleur qui est définie pour une température donnée, par le rapport

$$\varepsilon = \frac{\text{puissance thermique fournie}}{\text{puissance électrique absorbée}}$$

L'efficacité d'une pompe à chaleur exprime le facteur d'économie réalisé par rapport à un chauffage tout électrique. L'efficacité moyenne pour la première période d'exploitation a été lègèrement supérieure à 2.

[1]) Lausanne: température moyenne d'hiver +5 °C, minimum moyen −12 °C.

3.2 Pompe à chaleur et appoint électrique

Dans le cas du banc d'essai, le point d'équilibre entre la fourniture thermique de la pompe à chaleur testée et les déperditions du bâtiment est situé à $+1{,}5$ °C. En dessous de ce point, on doit enclencher un chauffage d'appoint. Pour des raisons pratiques de comptabilisation d'énergie, on a choisi des corps de chauffe électriques. La fig. 4 montre les fournitures de puissance électrique pour les différentes solutions de chauffage.

3.3 Rendement exergétique [10][2])

En définissant une zone chaude (T_c) à l'intérieur du bâtiment et une zone froide (T_f) à l'extérieur de l'enceinte précédente, s'étendant à l'infini, on peut définir le coefficient de Carnot $\Theta = 1 - T_f/T_c$ avec T_f et T_c en K. Dans le cas pratique, on prend $T_c = 293$ K $= 20$ °C.

En multipliant le coefficient de Carnot (θ) par l'efficacité (ε) de la pompe, on obtient le *rendement exergétique* $\eta_{ex} = \Theta \cdot \varepsilon$ [1].

Pour la pompe à chaleur seule, ce rendement varie entre 14 et 16 % pour des températures extérieures comprises entre -10 °C et $+5$ °C; dans le cas du banc d'essai, on constate une chute de ce rendement, dès l'enclenchement des corps de chauffe électriques (fig. 5).

4. Conclusion de l'exploitation

L'installation réglée à l'aide de thermostats et contacteurs, courants dans le commerce, a donné entière satisfaction.

La fig. 5 montre que *l'appoint électrique* est à déconseiller du point de vue exergétique et du point de vue de la charge du réseau. Il semble que les meilleurs appoints sont ceux qui fonctionnent sur des énergies stockées chez l'utilisateur (gaz liquide, mazout, etc.).

Le *givrage de l'évaporateur,* propre aux échangeurs fonctionnant dans de l'air, constitue l'inconvénient majeur des pompes à chaleur du type Air-Air, car le givre est un isolant, et tout échange de chaleur devient pratiquement impossible.

[2]) Voir la bibliographie à la page 190.

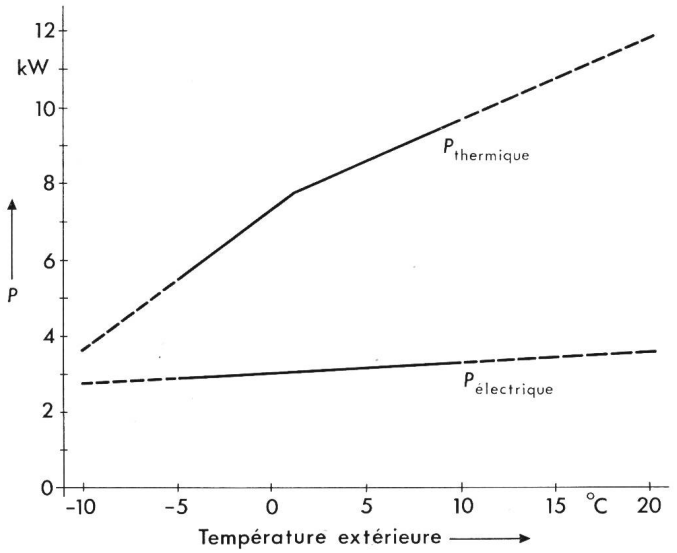

Fig. 2 Puissances de la pompe à chaleur

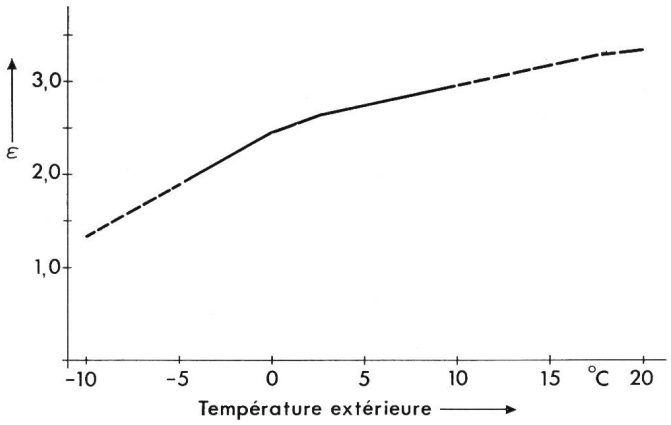

Fig. 3 Coefficient de performance (efficacité) ε de la pompe à chaleur testée

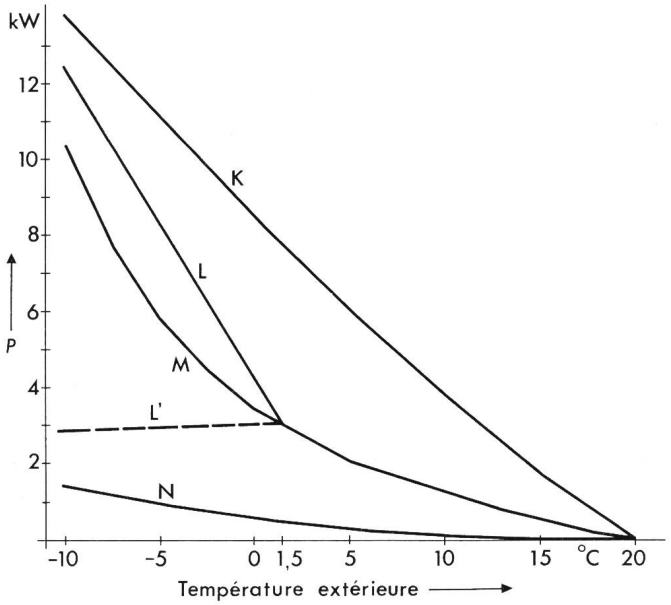

Fig. 4 Puissances électriques absorbées en fonction de la température

K par les corps de chauffe au cas du chauffage électrique pur; identique à la puissance thermique dissipée par le bâtiment

L par la pompe à chaleur (L′) et l'appoint électrique

M par une pompe à chaleur de puissance thermique propre à assurer le chauffage du bâtiment à elle seule

N par la pompe à chaleur idéale (machine de Carnot ayant un rendement de 100 %)

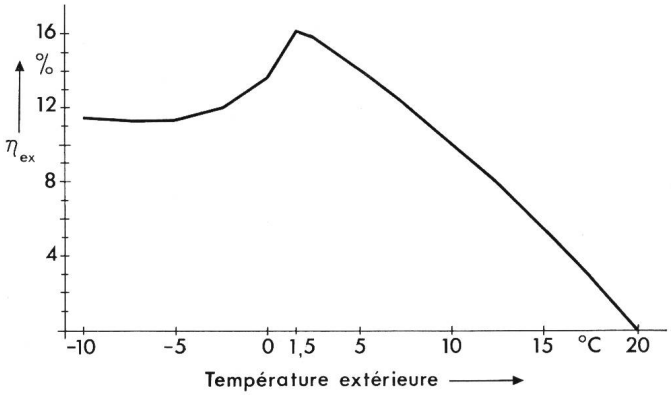

Fig. 5 Rendement exergétique η_{ex}

de la pompe à chaleur avec appoint électrique en dessous de 1,5 °C

Température intérieure 20 °C

Le dégivrage de l'évaporateur est obtenu par inversion du cycle, c'est-à-dire que l'on retire de la chaleur de l'intérieur du bâtiment, ce qui provoque une chute de la température intérieure. La compensation de cette dernière peut durer un temps relativement long si la température extérieure est basse (chute de 2 °C rattrapée en 1,5 h pour $T_{ext} = 2$ °C dans le cas de l'installation décrite).

On a effectué des essais consistant à envoyer *l'air repris* du local sur l'entrée de l'échangeur extérieur tout en introduisant de l'air extérieur sur l'échangeur intérieur. Malheureusement, pour des raisons de dimensionnement des échangeurs, ces essais ont montré qu'on perdait plus d'énergie thermique qu'on en gagnait.

5. Economie réalisable

Pour calculer l'économie réalisable par rapport au chauffage à mazout, on examine deux filières:

a) Chauffage au mazout: combustion de mazout dans une chaudière individuelle.

b) Chauffage par pompe à chaleur: combustion de mazout dans une centrale thermo-électrique, transport d'électricité, consommation de la pompe à chaleur.

En respectant ces deux filières, on trouve les résultats reportés dans la fig. 6 pour le cas des pompes à chaleur fournissant l'énergie pour tous les besoins thermiques. La surface comprise entre les courbes B et D représente l'économie d'énergie primaire (ou le déficit en dessous de — 2 °C) réalisée au moyen d'un chauffage par pompes à chaleur en comparaison du chauffage à mazout. Ce bilan effectué sur une année, montre qu'une économie de 20 % d'énergie primaire (mazout pour cet exemple) est réalisable par rapport au chauffage à mazout avec les pompes à chaleur actuelles.

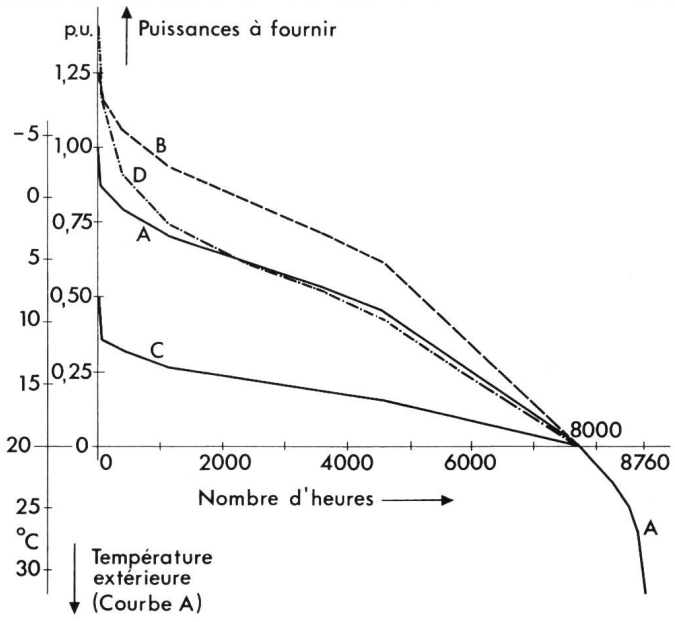

Fig. 6 Bilan sur une année

A température classée (1er juillet 1974–30 juin 1975) de Changins près de Nyon (alt. 430 m); représente la puissance classée des besoins thermiques en p. u. des bâtiments

B puissance «équivalente mazout» à brûler dans une chaudière ($\varepsilon_{ca} = 75$ %) pour satisfaire A

C puissance électrique à fournir à une pompe à chaleur seule, selon fig. 3, courbe M

D puissance «équivalente mazout» à brûler dans une centrale thermo-électrique ($\varepsilon_{ct} = 40$ %) pour satisfaire C en tenant compte des pertes dans les lignes ($\varepsilon_l = 90$ %)

Adresse de l'auteur

Olivier Bovay, ing. dipl. EPFL,
Chaire d'Installations électriques EPFL, 16, chemin de Bellerive, 1007 Lausanne; actuellement Brown Boveri & Cie AG, Abt. EIR, 5400 Baden.

Conclusion: Espoirs et Limites de la Pompe à Chaleur Modulaire sur le Plan Suisse

C'est sans aucun doute du point de vue écologique que la pompe à chaleur est la mieux placée par rapport à tous les modes de chauffage. En effet, la pollution thermique est limitée et l'utilisation évite les problèmes de ramonage, de réglage de combustion, de soucis d'entretien de citerne, etc.

Du point de vue énergétique, si une réelle économie est réalisée au niveau individuel, le bilan financier de la communauté encourrait un choc sérieux si on développait, de façon incontrôlée, l'emploi des pompes à chaleur pour couvrir l'ensemble des besoins thermiques. La production et le transport d'énergie électrique devraient être doublés ou même triplés suivant le type d'appoint prévu pour les pompes à chaleur.

Ces bouleversements ne vont pas de soi et se traduisent déjà chez les distributeurs d'énergie électrique par une constellation de tarifs différents.

Des études synthétiques basées sur des hypothèses de travail réalistes d'un groupe de dix pays industrialisés (Angleterre, Belgique, Canada, Danemark, Etats-Unis, France, Irlande, Norvège, Pays-Bas, Suède) [11][1]) ont permis de faire le point sur les possibilités d'économie d'énergie primaire consacrée au chauffage des bâtiments durant le dernier quart de ce siècle (tableau I). L'économie, de l'ordre de 13 % d'énergie primaire réalisable en l'an 2000, peut paraître relativement faible si l'on tient encore compte des investissements importants à faire pour développer, installer et entretenir les systèmes permettant ces économies. Malgré tout, pour les dix pays cités, cette économie représente environ la consommation actuelle d'énergie primaire en France ou en Angleterre ($3{,}4 \cdot 10^{12}$ kWh/année), justifiant la poursuite des efforts dans ces domaines.

Possibilités d'économie d'énergie primaire destinée au chauffage des bâtiments — Tableau I

Année	1985	2000
Isolation thermique	3 %	5 %
Pompe à chaleur	2 %	4 %
Centrale force-chaleur intégrée	0 %	1 %
Energie solaire	0 %	2 %
Autres	0 %	1 %
Economie totale	5 %	13 %

[1]) Voir la bibliographie à la fin de l'article.