Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 80 (1954)

Heft: 9: Rapports du Comité de l'énergie du Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie

Artikel: La pompe à chaleur dans l'économie de l'énergie en Suisse

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-60708

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: 08.07.2025

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

LA POMPE A CHALEUR DANS L'ÉCONOMIE DE L'ÉNERGIE EN SUISSE

Lorsque s'élabora l'organisation des travaux du Comité de l'énergie, les questions relatives au *bilan de l'énergie* se dressaient au premier plan. Il s'agissait tout d'abord d'établir la consommation d'énergie et sa structure, puis de chercher à se rendre compte de leur évolution future. D'un autre côté, il fallait envisager comment les besoins pourraient être couverts, c'est-à-dire examiner l'état existant et les possibilités d'aménagement des forces hydrauliques, ainsi que le ravitaillement en combustibles solides, liquides et gazeux.

C'est dans ce sens que l'on songea aussi à la *chaleur ambiante*, notamment à celle de nos cours d'eau, que la *pompe à chaleur* permet de transformer en chaleur utile. La tâche des rapporteurs consistait à étudier les possibilités ouvertes dans cette direction à l'économie de l'énergie.

En abordant ce problème, on est tenté tout d'abord de présumer que nous sommes immensément riches en chaleur incluse dans les cours d'eau, en raison de la topographie du pays. En effet, lorsque l'on considère la somme annuelle des masses d'eau qui s'écoulent jusqu'à nos frontières, on constate que la totalité des chutes fournit un travail brut moyen de 145 milliards de kWh environ. Si l'on soustrait de ce total la contrevaleur de l'énergie électrique produite annuellement et qui équivaut à quelque 15 milliards de kWh de travail hydraulique brut, on voit qu'il se perd aujourd'hui 130 milliards de kWh qui se transforment en chaleur ! Cette chaleur perdue atteint en moyenne $112{,}10^{12}$ kcal par année, soit la teneur en calories de 16 millions de tonnes de charbon de bonne qualité. Si seulement l'on pouvait, grâce à la pompe à chaleur, tirer parti, ne serait-ce que de la chaleur des chutes inutilisées !

Naturellement, la chaleur de frottement n'est pas la seule que l'on pourrait extraire des rivières. La nature a déjà inclus cette quantité énorme de chaleur produite annuellement par frottement dans son bilan d'énergie. Dans le jeu des échanges thermiques des eaux avec leur ambiance, d'autres flux de chaleur interviennent encore, positifs ou négatifs. Nous pensons aux échanges de chaleur à la surface des nappes d'eau par rayonnement et par convection, à la chaleur cédée par évaporation, aux échanges de chaleur avec le lit des rivières et à l'effet des précipitations. Suivant la température et les conditions météorologiques, le flux de chaleur cédé par un cours d'eau sur une section déterminée peut être positif ou négatif ; dans le premier cas, le cours d'eau perd de la chaleur et sa température baisse, dans l'autre, celle-ci augmente par suite de l'afflux de chaleur. Si les conditions atmosphériques n'étaient pas soumises à de perpétuelles fluctuations, un état d'équilibre thermique finirait par s'établir et les températures resteraient stationnaires le long d'un cours d'eau.

Admettons cependant qu'un état stationnaire de la température de l'eau se soit établi pendant un certain temps et le long d'une section déterminée d'un cours d'eau. Si, en un lieu, la masse liquide en mouvement est soumise à une perturbation locale de l'équilibre thermique (lac, autre cours d'eau, apport de la chaleur de condensation d'usines thermiques, prélèvement de chaleur par pompe à chaleur, etc.), elle subira au passage de cet endroit un saut de température. Toutefois, et toujours en supposant les conditions météorologiques inchangées, la théorie montre que ce saut de température s'amortit progressivement en aval de la perturbation, l'équilibre naturel tendant à se rétablir. Lorsque la perturbation entraînée par la masse d'eau aura atteint une distance caractéristique déterminée, elle aura diminué jusqu'à une fraction définie de sa valeur initiale. Selon des calculs récents [1], cette distance caractéristique comporte, pour nos rivières, plusieurs centaines de kilomètres. Dans les limites de cette distance, les pompes à chaleur et les centrales à vapeur établies sur le même cours d'eau peuvent donc s'influencer mutuellement.

D'après ce qui précède, la température d'un cours d'eau est soumise à des variations continuelles aussi bien dans le temps que dans l'espace, de sorte qu'il n'est pas possible de déterminer sa capacité calorifique de façon certaine. Ce n'est d'ailleurs pas un inconvénient, car, pour des raisons techniques et économiques, on ne peut de toute façon transformer en chaleur utile qu'une faible partie de cette chaleur latente. Pratiquement, la chaleur utilisable des rivières est illimitée. En outre, elle ne constitue qu'une part de la chaleur ambiante, la plus facile à mettre en valeur, il est vrai.

Si nous voulons maintenant rendre utilisable de la chaleur ambiante au moyen de la pompe à chaleur, c'est-à-dire la porter à une température d'emploi plus élevée, il faut bien se dire que ce n'est possible, en principe, qu'*en recourant à un travail mécanique*. Nous sommes en présence du principe inverse de celui de la machine thermique ; en élevant de la chaleur d'un niveau inférieur de température à un niveau supérieur, il est nécessaire de transformer parallèlement du travail mécanique en chaleur au même niveau supérieur. La machine frigorifique fonctionne également d'après ce principe. Les deux machines ne se distinguent l'une de l'autre que par le fait suivant : la pompe à chaleur a pour but de fournir une quantité de chaleur à la température supérieure, tandis que la machine frigorifique a pour but d'extraire de la chaleur à la température inférieure.

On entend par *coefficient d'amplification* le rapport de la chaleur fournie par unité de temps à la puissance mécanique consommée. On sait qu'il est d'autant plus

[1] Bureau d'étude de la centrale de chauffage à distance de l'E.P.F.

grand que le rapport de la différence des deux températures à la température absolue de l'étage supérieur est plus faible. Malheureusement, les possibilités techniques et économiques limitent la température de l'étage supérieur à une valeur modeste qui reste actuellement en dessous de 100° C. C'est pourquoi le domaine d'application de la pompe à chaleur est forcément limité à la *consommation de chaleur à basse température.* Toutefois, cette consommation est loin d'être négligeable ; qu'on pense à la consommation annuelle pour le chauffage des locaux et pour l'utilisation industrielle d'eau chaude et d'air chaud. Pour obtenir un coefficient d'amplification élevé, c'est-à-dire un faible apport de travail mécanique par unité de chaleur utile, il faut choisir une différence de température entre les deux étages aussi faible que possible. Dans ce but, on établira de préférence des installations qui permettent d'utiliser la chaleur contenue dans les eaux chaudes de déchet d'établissements industriels. Cela ne veut pas dire que la pompe à chaleur ne se prête pas économiquement à la mise en valeur de la chaleur des cours d'eau naturels, serait-ce même durant la seule saison d'hiver, pour le chauffage des locaux. Dans ce dernier cas, il est avantageux de confier à la pompe à chaleur la charge de base, le reste du chauffage étant assuré par une chaudière à combustible. D'ailleurs, vue sous l'angle de l'*économie privée*, l'installation d'une pompe à chaleur est une question de comparaison entre ses frais d'exploitation et ceux de chaudières à combustibles fournissant la même quantité de chaleur utile. Mais notre tâche ne consiste pas à établir à ce sujet des calculs comparatifs, c'est pourquoi nous n'avons pas abordé les problèmes techniques.

Seul importe ici l'*aspect de l'économie de l'énergie*, c'est-à-dire la répercussion de la pompe à chaleur sur l'ensemble de l'économie énergétique en Suisse. On peut envisager le problème à deux points de vue : d'une part, en ne considérant que l'intérêt de l'économie nationale ; d'autre part, en tenant compte des liens toujours plus serrés qui nous rattachent à l'économie européenne de l'énergie.

Dans le premier cas, on croit pouvoir entrevoir dans la pompe à chaleur un moyen bienvenu de remplacer rationnellement par notre propre force hydraulique les combustibles importés. Nous disons « rationnellement » en ce sens que ce procédé permet d'atteindre le même but avec beaucoup moins de travail mécanique ou d'énergie électrique que par le chauffage électrique direct. En fait, pour la production de chaleur utile à basse température, il faut, avec la pompe à chaleur, seulement le quart ou le tiers de l'énergie nécessitée sans elle par effet Joule. Mais pourquoi ce fait nous paraît-il si important ? Parce que nous songeons à la capacité limitée de production de nos forces hydrauliques ; parce que si nous épuisons ces dernières pour produire de la chaleur à basse température, nous craignons de manquer, un jour, d'énergie pour des applications dans lesquelles l'énergie électrique peut être mieux utilisée. On peut même se demander en définitive si, du fait de cette capacité limitée, la pompe à chaleur est indésirable malgré ses avantages ?

Ainsi se pose la question de principe : *Est-il sensé, en Suisse, de remplacer le combustible par l'énergie électrique pour la production de chaleur à basse température ?*

En Suède et en Norvège où, dans certaines régions, les bâtiments sont chauffés tout l'hiver avec de l'énergie électrique à bon marché tirée des forces hydrauliques, il semble qu'on ne se fasse aucun souci à ce sujet ; pas davantage en Autriche, pays riche en force hydraulique. En Angleterre également, une partie relativement importante de la production totale d'énergie électrique est utilisée pour le chauffage des locaux, bien que l'électricité soit d'origine thermique et nécessite à la production, en moyenne, environ 3600 kcal/kWh. Donc, là, on n'économise pas le combustible, au contraire on le gaspille, car à la consommation, lorsqu'il s'agit de chauffage électrique, 1 kWh ne remplace que 1200 à 1500 kcal en charbon.

Ces deux exemples ne sont évidemment pas de nature à résoudre nos propres préoccupations. Pour cela, il faut étendre le champ de nos investigations.

Notre ravitaillement en énergie est étroitement lié à l'*économie européenne de l'énergie.* Nous disposons, il est vrai, d'hydro-électricité et de bois de chauffage indigènes, mais ces deux formes d'énergie réunies ne couvrent que 38 % de la consommation annuelle de calories ; la part de l'hydro-électricité seule atteint aujourd'hui 23 % environ. Nous dépendons donc en grande partie des combustibles étrangers ; nous sommes par conséquent intéressés à ce qu'ils soient utilisés partout judicieusement. L'accroissement considérable de la demande européenne de charbon à prévoir pour les prochaines dizaines d'années exige impérativement d'utiliser aussi rationnellement que possible cette source d'énergie si importante, d'autant plus que les difficultés de l'extraction du charbon seront toujours plus grandes. Il s'agit aussi, dans cet ordre d'idées, de remplacer le charbon par l'énergie hydro-électrique, mais on devra choisir en premier lieu les cas les plus favorables, c'est-à-dire ceux permettant de réaliser la plus grande économie. Sans aucun doute, la production thermo-électrique est du nombre. En Europe, elle absorbe aujourd'hui environ 16 % de la production annuelle totale de charbon ; cette fraction continuera certainement à augmenter. En dépit des progrès considérables réalisés dans l'utilisation du combustible par les machines thermiques modernes, les centrales européennes à vapeur travaillent encore avec un rendement moyen à peine supérieur à 25 %. Dans ce seul secteur, 12 % de la capacité calorifique de la totalité des charbons extraits se perdent dans l'atmosphère. Cette perte est environ trois fois plus considérable que la chaleur de frottement de nos cours d'eau.

A ce point de vue, il ne semble pas rationnel d'utiliser l'énergie hydro-électrique pour le chauffage des locaux, par exemple par effet Joule. Il est vrai qu'on réalise ainsi une économie de combustible d'environ 160 gr/kWh chez le consommateur. Mais s'il est possible d'envoyer la même quantité d'énergie électrique dans le réseau de distribution pour remplacer une quantité équivalente de kWh produits thermiquement, il en résulte une économie de 500 g de charbon de bonne qualité à l'usine thermique. Devant ce critère, la pompe à chaleur, elle aussi, a de la peine à se justifier, car, pour économiser 500 g de charbon chez le consom-

mateur, il faut que le coefficient d'amplification soit supérieur à 3. Et si cette condition est réalisable dans un cas donné , on doit se demander encore si la même économie ne serait pas réalisable moyennant l'investissement d'un capital moindre, en fournissant l'énergie électrique au réseau et en chauffant au charbon. L'investissement ne sera économiquement défendable que si l'économie réalisable avec la pompe à chaleur est sensiblement plus élevée.

Etant donné que notre réseau national d'électricité est relié à l'ouest et au nord du pays aux centres de production thermique de nos voisins, que nous possédons nous-mêmes des centrales thermiques et que celles-ci seront peut-être encore agrandies, il n'est pas possible de passer sous silence les considérations qui précèdent. Nous constatons donc que, pour des raisons d'économie énergétique, la pompe à chaleur actionnée par l'énergie hydro-électrique ne pourra se propager en Suisse que dans un domaine relativement restreint : celui où le coefficient d'amplification est élevé, comme par exemple en utilisant dans les industries les eaux de déchet ou en employant des compresseurs de buées pour installations d'évaporation.

Nous n'avons traité là qu'un des côtés du problème : la pompe à chaleur actionnée par l'énergie hydro-électrique. L'autre face se présente bien plus avantageusement au point de vue de l'économie de l'énergie : il s'agit de la *combinaison du moteur thermique avec la pompe à chaleur*. Au lieu d'utiliser le combustible dans des chaudières à basse pression pour produire de la chaleur à basse température pour usages industriels ou chauffage de locaux, on le brûlera dans des chaudières à très haute pression alimentant une turbine accouplée directement à une pompe à chaleur. De cette manière, on économisera, en principe, par unité de chaleur de plus grandes quantités de combustible qu'en branchant la pompe à chaleur sur un réseau alimenté en énergie électrique d'origine mixte, hydraulique et thermique. La pompe à chaleur trouvera ainsi un champ d'application plus vaste. Celui-ci pourra aussi s'étendre au chauffage des locaux dans le cas d'installations de grande puissance, comme celles des centrales de chauffage à distance. En principe, il n'y a pas de différence entre les deux solutions possibles : accouplement direct du moteur thermique à la pompe à chaleur (variante très séduisante du point de vue du constructeur) ou production d'énergie électrique dans une turbine à contre-pression, énergie qui sera transmise à la pompe à chaleur située à distance.

Cependant, quel que soit le projet envisagé, on devra toujours lui comparer la variante selon laquelle l'énergie électrique produite par le moteur thermique est envoyée dans le réseau de distribution, tandis que la chaleur d'échappement sert au chauffage en se passant de la pompe à chaleur. On verra alors qu'excepté les cas où le coefficient d'amplification est très élevé, cette solution conduit à la plus grande économie relative de combustible, sans parler de l'avantage d'un investissement moindre de capital.

Résumé

Nous arrivons à la conclusion que, considérée du point de vue général de l'économie énergétique de notre pays, la pompe à chaleur est économiquement supérieure au chauffage direct à l'électricité dans le domaine de la production de chaleur à basse température. Elle permet de réaliser, en principe, des économies de combustible plus fortes lorsque l'énergie mécanique qui l'actionne provient d'une installation combinée de production de chaleur et de force motrice que si celle-ci est d'origine hydraulique. Il est des cas, toutefois, où il est plus avantageux, du point de vue de l'utilisation des combustibles, de livrer l'énergie électrique de provenance thermique au réseau plutôt que de la consommer dans une pompe à chaleur. Il faut alors renoncer à la pompe à chaleur.

Pour terminer, nous allons donner encore le *résultat d'une enquête antérieure sur les pompes à chaleur en service en Suisse*, de même que les conclusions d'une étude sur les possibilités d'extension de ces machines dans l'industrie [1].

Au début de 1944, 40 installations de pompes à chaleur étaient en service dans notre pays pour la production de chaleur industrielle et le chauffage des locaux. Cinq d'entre elles utilisent les compresseurs à jets de vapeur, qui réalisent la compression non pas à l'aide de travail électrique, mais par l'énergie de jets de vapeur, c'est-à-dire provenant de combustible.

La puissance totale de ces 40 installations est d'environ 63 millions de kcal/h ; la puissance nécessaire pour actionner les compresseurs atteint 12 000 kW en chiffre rond. Ces installations économisent quelque 50 000 t de charbon par année. L'énergie nécessaire est de 51 millions de kWh, dont 57 % en hiver et 43 % en été. La quantité de chaleur rendue utilisable annuellement par ces pompes atteint 306 milliards de kcal, dont la part principale, soit 260 milliards de kcal environ, est tirée des eaux de déchet. Le coefficient d'amplification moyen, non compris les installations travaillant avec compresseurs à jets de vapeur, atteint le chiffre élevé de 6,3 dû aux nombreux compresseurs de buées des installations d'évaporation figurant dans la statistique. Dans l'ensemble des 40 installations de pompes à chaleur considérées, on économise donc 960 g de charbon de bonne qualité par kWh.

Des 50 000 t de charbon remplacées annuellement, 75,8 % concernent les installations d'évaporation existantes, 14,9 % les pompes à chaleur industrielles et 9,3 % les pompes à chaleur pour le chauffage des locaux. Plus précisément, les installations d'évaporation réalisent une économie de 1160 g de charbon de bonne qualité par kWh, les pompes à chaleur de l'industrie 698 g/kWh et les pompes à chaleur pour le chauffage des locaux 640 g/kWh. Il s'agit des valeurs moyennes de chacune de ces catégories.

La contribution des cours d'eau publics pour alimenter des pompes à chaleur en service en 1944 est très modeste. Il n'en est prélevé annuellement que 22,8 milliards de kcal.

Ces chiffres conduisent à la conclusion qu'en Suisse il y a en service un nombre relativement élevé d'installations industrielles d'évaporation utilisant des compresseurs de buées qui réalisent, par comparaison avec

[1] Extrait d'un rapport du professeur B. Bauer à l'Office fédéral de l'économie électrique.

les procédés d'évaporation sans récupération de chaleur, une économie remarquable de combustible. L'introduction de la pompe à chaleur pour couvrir les autres besoins de chaleur de l'industrie n'en est qu'à ses débuts ; il en est de même pour le chauffage des locaux. Néanmoins, à cet égard, la Suisse paraît être plus avancée que l'étranger et il semble qu'aucune ville au monde ne compte autant d'installations de pompes à chaleur en service que Zurich.

Pour évaluer la consommation de chaleur susceptible d'être couverte par d'autres pompes à chaleur en Suisse, on s'est borné à examiner les établissements industriels. Il n'était pas question, cela va sans dire, d'examiner dans chaque cas particulier si l'installation d'une pompe à chaleur est économiquement justifiée ; il aurait fallu pour cela risquer des prévisions très problématiques aujourd'hui sur le coût futur de l'installation et les prix du combustible et de l'énergie. Seules ont été éliminées de notre étude les exploitations industrielles qui, pour des raisons techniques ou pour un manque évident de rentabilité, ne se prêtent pas à l'emploi d'une pompe à chaleur. On peut donc admettre que les cas examinés représentent le nombre maximum de pompes à chaleur possible dans les établissements industriels suisses. On pourrait objecter à cela que de nouvelles exploitations viendront s'ajouter aux établissements examinés par suite d'extensions d'entreprises existantes ou de création d'industries nouvelles. Mais les nouveaux cas éventuels dont il n'a pas été tenu compte seront certainement compensés par le grand nombre de cas qui ont été considérés, mais, selon toute probabilité, ne seront jamais réalisés. Il n'y a aucun doute que les projets de pompe à chaleur déjà cités et ceux dont il est question ci-après représentent — quant à leur répercussion sur l'économie de combustible, la demande d'énergie et le prélèvement de chaleur sur nos cours d'eau — le maximum de ce qu'on peut attendre dans un avenir rapproché, sur la base d'estimations optimistes.

Pour le choix des exploitations qui pourraient être envisagées aujourd'hui pour les applications de la pompe à chaleur, nous sommes partis de la statistique de la consommation industrielle de charbon. Celle-ci englobe 1092 consommateurs dont on a éliminé tous ceux qui absorbent moins de 500 t par année, estimant que pour ces petits consommateurs de charbon une pompe à chaleur serait économiquement exclue. Il s'agit de 793 exploitations, c'est-à-dire 72,5 % du nombre total. Leur consommation globale de charbon ne représente toutefois que 13 % de la demande totale de l'industrie, de sorte que leur élimination ne peut avoir une grande influence sur le résultat de notre étude. Pour une autre catégorie de consommateurs, l'élimination s'impose du fait que la production de chaleur à des températures dépassant 90 à 100° C est généralement plus économique au moyen de combustibles ou même d'électricité (effet Joule), donc sans pompe à chaleur. C'est ainsi qu'aucun des 127 consommateurs de l'industrie métallurgique, de l'industrie des machines et de celle des matériaux de construction n'est à retenir ; ils représentent en chiffre rond 16 % du nombre de toutes les entreprises, mais participent pour 40 % environ à la consommation industrielle totale de charbon. Enfin, 22 autres établissements ont été éliminés de notre étude, soit parce que leur exploitation est incompatible avec l'installation d'une pompe à chaleur, soit parce qu'ils en possèdent déjà une.

Une fois ce tri opéré, il restait encore 150 consommateurs industriels de charbon, soit 13,7 % qu'il valait la peine d'examiner individuellement plus à fond. Leur consommation annuelle de charbon se montait à 352 000 t en 1941, soit 41,5 % de la consommation totale dans l'industrie. Comme on le voit, la possibilité d'emploi de la pompe à chaleur dans l'industrie suisse se réduit à un nombre relativement restreint d'entreprises qui absorbent, il est vrai, environ 4/10 de la consommation totale de charbon.

On peut résumer comme suit les résultats des investigations :

Ce sont les fabriques de textiles qui présentent les meilleures conditions pour l'installation de pompes à chaleur. Sur 50 fabriques examinées, 36 se prêteraient à des solutions favorables, car une part considérable des besoins de chaleur pour la fabrication et le chauffage des locaux pourrait être couverte par des pompes à chaleur. Dans l'industrie chimique, on pourrait installer avantageusement des pompes à chaleur dans 16 des 25 établissements examinés, principalement comme compresseurs de buées dans les installations d'évaporation et de cuisson dans le vide. L'industrie des denrées alimentaires a montré des conditions tout aussi favorables dans 13 fabriques sur 21. L'industrie du papier n'offre que peu d'applications de la pompe à chaleur ; 2 cas seulement sur 16 pourraient s'y prêter. On a examiné 9 fabriques de l'industrie du caoutchouc et du cuir et trouvé dans 3 cas une solution intéressante. Ainsi, parmi 121 entreprises examinées, 70 se prêteraient techniquement à l'exploitation de pompes à chaleur.

L'ensemble de ces projets d'installations permettrait d'obtenir une quantité de chaleur totale de 125 millions de kcal/h environ, dont la production exigerait une puissance électrique installée de 34 000 kW. Il serait possible d'économiser environ 67 000 t de charbon par année, soit 39,3 % des besoins annuels des établissements en question. Cette économie représente toutefois seulement 6,5 % de la consommation industrielle totale de la Suisse (1938). Les 70 installations de pompes à chaleur mentionnées nécessiteraient une fourniture annuelle d'énergie d'environ 100 millions de kWh dont 65 % en hiver et 35 % en été. 290 milliards de kcal seraient prélevés sur des sources de chaleur encore inutilisées aujourd'hui, dont 139 milliards de kcal sur des eaux de déchet de fabriques et 151 milliards de kcal sur des cours d'eau publics. Quelques unes des installations de pompes à chaleur utiliseraient la chaleur latente de la nappe souterraine dont on pourrait abaisser la température jusqu'à 4° C. Le coefficient d'amplification moyen de toutes les installations projetées de pompes à chaleur est de 4,31, ce qui veut dire que chaque kWh utilisé permettrait d'économiser en moyenne 658 g de charbon de bonne qualité.

Il est particulièrement intéressant de comparer les projets d'installations de pompe à chaleur dans l'industrie aux installations déjà réalisées. Il en résulte que l'économie annuelle de charbon réalisable au

moyen des nouvelles installations, c'est-à-dire 67 000 t, n'est que de 32 % plus élevée que celle réalisée par les pompes à chaleur existantes. La raison en est que la plupart des installations permettant d'économiser de grandes quantités de charbon, les compresseurs de buées, sont déjà réalisées, de sorte que les nouveaux projets ne sauraient améliorer sensiblement la situation. En revanche, la pompe à chaleur permet de réaliser encore des économies considérables dans la production de chaleur industrielle. Il en est de même, bien que dans une mesure plus modeste, pour les pompes à chaleur destinées au chauffage des fabriques.

Comme les compresseurs de buées travaillent avec un coefficient d'amplification relativement très élevé, le coefficient d'amplification moyen des installations existantes, de 6,3, est évidemment plus grand que celui des installations projetées, de 4,31. Autrement dit, les pompes à chaleur existantes permettent d'économiser 960 g de charbon par kWh, tandis que les pompes à chaleur projetées n'atteindraient que 658 g/kWh. Le spécialiste sera peut-être frappé par le coefficient d'amplification relativement élevé des pompes à chaleur pour production de chaleur industrielle et chauffage des locaux dans les fabriques. Précisons que ces pompes récupèrent une bonne partie des pertes de chaleur intervenues dans la fabrique même.

Si toutes les installations de pompes à chaleur considérées dans cette étude devaient être réalisées, on obtiendrait, avec les installations existantes, une économie annuelle totale de charbon d'environ 117 000 t. La puissance électrique raccordée serait de 46 000 kW et la consommation annuelle d'énergie de 151 millions de kWh dont environ 62 % en hiver et 38 % en été. L'économie spécifique moyenne réalisée serait de 769 g de charbon de bonne qualité par kWh, correspondant à un coefficient d'amplification de 5.

En résumé, on peut dire qu'avec les nouvelles installations projetées, l'économie de charbon réalisée actuellement par année pourrait être un peu plus que doublée, mais qu'il faudrait pour cela tripler la consommation d'énergie électrique. C'est que les cas d'application les plus favorables de la pompe à chaleur sont pour la plupart déjà réalisés (compresseurs de buées). On voit aussi que les possibilités d'employer la pompe à chaleur, envisagées du point de vue des consommateurs, demeurent relativement restreintes, même sur la base des estimations optimistes qui précèdent.

BIBLIOGRAPHIE

Technique de la défense contre le bruit, par *W. Zeller*, Dr-ing. habil., Dr rer. techn., ingénieur-conseil, professeur à l'Ecole polytechnique de Stuttgart. Traduit de l'allemand par *A. Bouchet*, ancien élève de l'Ecole polytechnique. Paris, Eyrolles, 1954. — Un volume 16,5 × 25 cm, 441 pages, 258 figures. Prix : relié, 3500 fr. franç.

Le progrès constant de la technique, l'augmentation du rythme de la production et des transports, ont provoqué un accroissement considérable des bruits de toutes sortes, qui rend de plus en plus d'actualité le problème de l'isolation phonique, dans la mécanique et dans le bâtiment. Or la connaissance approfondie des théories modernes de l'isolation phonique est indispensable pour la réalisation de bonnes études, le choix des matériaux et la bonne exécution des travaux.

Cet ouvrage met à la disposition des architectes, des ingénieurs et des techniciens, les éléments essentiels leur permettant de résoudre tout problème d'isolation phonique. Il s'agit de construire de façon à limiter la transmission des bruits par les différents éléments des bâtiments. C'est la raison pour laquelle, dans cet ouvrage, on s'occupe plus spécialement des qualités d'isolation phonique des dalles et des murs, dans la construction des bâtiments d'habitation, des usines et des hôpitaux.

Une partie importante de l'ouvrage traite néanmoins de l'isolation phonique dans la mécanique car, sur tous les marchés du monde, c'est toujours la machine silencieuse qui l'emportera sur la machine bruyante. L'auteur expose donc les idées générales devant guider les constructeurs dans la conception et la réalisation des machines silencieuses de toutes sortes ; il indique également des méthodes permettant de diminuer le bruit des machines déjà en service.

Véritable aide-mémoire de l'isolation phonique moderne, ce livre réalise une parfaite liaison entre la théorie et la pratique et présente autant d'intérêt scientifique pour le théoricien que d'intérêt pratique pour le technicien.

Les chefs d'entreprises et d'industries, les bureaux de construction, les services techniques des administrations, les architectes, les ingénieurs, les constructeurs mécaniques, y trouveront une multitude de solutions pratiques, de méthodes éprouvées, de suggestions et de moyens efficaces de lutte contre le bruit.

Extrait de la table des matières

Principes de la défense contre le bruit : Notions de physique fondamentales. — Dérangements causés par le bruit. — Production des bruits et principes de leur limitation. — Propagation du bruit et principes de sa limitation. — Principaux appareils et méthodes de mesure utilisés dans la défense contre le bruit. — Matériaux d'insonorisation. — Eléments de construction et leur calcul pratique en vue de la défense contre le bruit pour des sources sonores données. *Défense contre le bruit en construction mécanique :* Défense contre le bruit dans les ateliers industriels et artisanaux, dans les entreprises de transports. *Défense contre le bruit dans la construction des bâtiments :* Sources de bruit et isolements sonores nécessaires. — Eléments de construction importants en ce qui concerne la protection contre le bruit. — Acoustique architecturale. — Protection contre le bruit dans les divers types de bâtiments. — Etude des défauts de construction du point de vue acoustique et moyens d'y remédier. — Règles générales applicables dans les laboratoires et dans la pratique courante à la mesure de la transmission des sons aériens et des bruits de choc.

DIN 1054. Gründungen. Zulässige Belastung von Flächen- und Pfahlgründungen. Entwurf 1951 mit Erläuterungen, par *Hans Lorenz*, Prof. Dr.-Ing., et *Philipp Ebert*, Dr.-Ing. Berlin-Wilmersdorf (Hohenzollerndamm 169), Wilhelm Ernst & Sohn, 1952. — Une brochure 21 × 30 cm, 13 pages, 5 figures. Prix : 2.50 DM.

Cette publication constitue un projet avec commentaires des normes allemandes DIN 1054 concernant les fondations. Après des définitions, on y trouve des indications sur l'exécution des sondages, sur les charges admissibles pour les semelles de fondation, sur les fondations sur pieux (pieux flottants, groupes de pieux, pieux spéciaux, essais de charge).

Une bibliographie de quarante-trois références signale les études récentes les plus importantes relatives aux fondations.