Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 101 (1975)

Heft: 22: SIA spécial, no 5, 1975: Chauffage - ventilation - climatisation

Artikel: Quelques réflexions sur le chauffage des bâtiments

Autor: Nordhof, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72584

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: 09.12.2025

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

Quelques réflexions sur le chauffage des bâtiments

par J. NORDHOF, Zurich

Introduction

Pourquoi s'intéresser au chauffage des bâtiments ? Mis à part son renchérissement depuis près de 2 ans, il ne semble poser aucun problème. C'est oublier qu'en Suisse les combustibles fossiles et les carburants représentent 85 % des agents énergétiques utilisés, l'électricité faisant le complément avec 15 % seulement. La production de chaleur absorbe 65 % de cette énergie, ce qui montre clairement son rôle prépondérant dans le bilan énergétique du pays.

La brusque élévation du prix des combustibles, la protection de l'environnement, la rareté et la chèreté des capitaux demandent que le problème du chauffage des bâtiments soit réétudié sous un jour nouveau. Sans entrer dans des détails, disons qu'actuellement, en Suisse, il existe deux types principaux de chauffage : le chauffage central par bâtiment et le chauffage urbain. Nous omettons volontairement le chauffage individuel par poêle et le chauffage électrique, le premier étant appelé à disparaître, le second restant limité à des applications particulières.

Le chauffage central occupe largement la première tant du point de vue de la puissance installée que du nombre des installations. Le chauffage urbain est peu répandu en Suisse comparé à ce qu'il l'est en Scandinavie, dans la République fédérale d'Allemagne ou dans les pays de l'est européen. Il existe cependant quelques installations de ce genre, en particulier à Bâle, Berne, Genève, Lausanne et Zurich, où elles tirent leur énergie principalement de centrales d'incinération d'ordures et alimentent en général des bâtiments publics.

L'extension d'un tel système de chauffage à une ville entière, puis à une région, semble à première vue aisée, si l'on en croit certains auteurs. Cependant, il ne faut pas sous-estimer les énormes moyens techniques et financiers nécessaires à l'établissement de toute l'infrastructure de distribution.

Dans le cadre des nombreuses études technico-économiques qu'elle a effectuées dans le domaine du chauffage urbain, la société Motor-Columbus Ingénieurs-Conseils SA à Baden a essayé d'apporter plus de clarté sur les aspects financiers et économiques des différents types de chauffage.

C'est le résultat de ces études et les conclusions que l'on peut actuellement en tirer que nous développerons ci-après :

Le coût réel du chauffage central

Si vous demandez au propriétaire d'une maison individuelle ce que le chauffage lui a coûté l'hiver dernier, il vous répondra invariablement qu'il a consommé tant de milliers de litres de mazout et qu'il l'avait acheté à un bon prix. Il oublie l'amortissement, l'entretien de l'installation et d'autres postes que nous verrons plus en détail. Lorsque vous posez la même question au locataire d'un grand ensemble, administré par une agence immobilière, il vous répondra que cela lui a coûté très cher et vous présentera une facture détaillée ne comprenant pas moins de 5 rubriques. Dans un cas comme dans l'autre, la réponse n'est pas satisfaisante ; il convient de faire une analyse détaillée et complète du coût de l'investissement à la construction ainsi que des frais d'exploitation et d'entretien d'une installation de chauffage.

Analysons tout d'abord les frais du premier investissement. Nous avons calculé les frais d'installation d'une chaufferie pour différentes grandeurs de bâtiment en nous appuyant sur des réalisations de façon à cerner le plus exactement possible chaque détail du prix. Les résultats de cette analyse sont donnés dans la figure 1, une fois sous forme de prix global et une fois sous forme de prix unitaire. Le niveau des prix est celui du printemps 1975. Pour faciliter la compréhension du diagramme, nous avons exprimé les coûts en fonction du volume utile des bâtiments et de la puissance thermique nécessaire. L'une de ces notations est plus familière à l'architecte, l'autre à l'ingénieur. La relation entre volume utile et puissance thermique n'est pas absolument cohérente et admet implicitement que la puissance installée varie linéairement avec le volume utile des bâtiments, ce qui n'est pas rigoureusement le cas.

Le lecteur sera frappé par l'importance des postes « génie civil » et « citerne », la chaudière et le brûleur ne représentant que la portion congrue du coût total de l'installation. En exprimant les pourcentages des divers postes en fonction du coût de l'installation, on arrive en moyenne à la relation suivante :

— Chaudière et brûleur (y compris pompe à combustible, tuyauterie, robinetterie, dispositifs de réglage et de sécurité)	41
— Génie civil et maçonnerie (comprenant local de chauffe, bac de rétention de la citerne et cheminée)	39
— Citerne (avec robinetterie, tuyauterie, jauge de mesure de contenance, protection cathodique, etc.)	20
	100 %

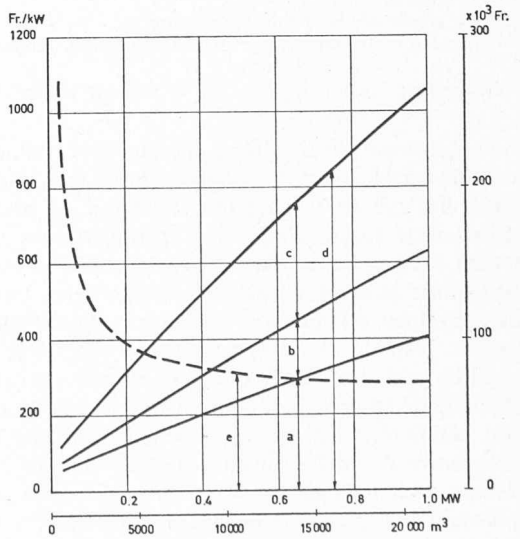


Fig. 1. — Les installations de chauffage central en chiffres :
a) génie civil en francs
b) citerne en francs
c) chaudière en francs
d) chaufferie en francs
e) prix du kW installé (fr/kW)

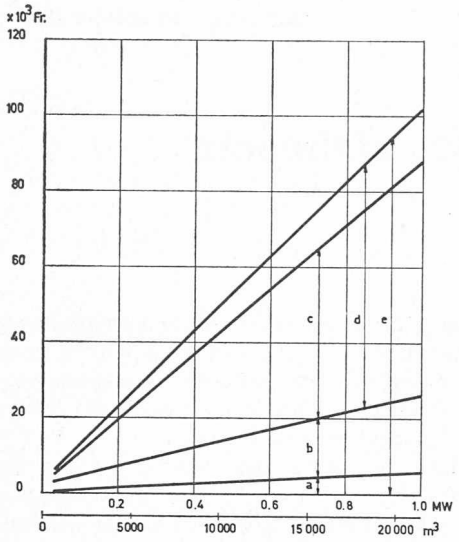


Fig. 2. — Le coût annuel du chauffage central :
a) service et entretien
b) amortissement
c) combustible à 400 fr/t
d) combustible à 500 fr/t
e) coût annuel avec du combustible à 500 fr/t

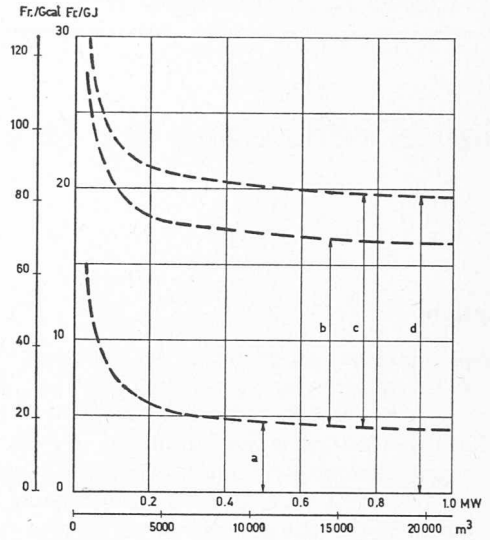


Fig. 3. — Le prix de la chaleur dans le chauffage central :
a) service, entretien et amortissement
b) combustible à 400 fr/t
c) combustible à 500 fr/t
d) prix de revient de la chaleur avec du combustible à 500 fr/t

On notera également que le prix spécifique de l'installation au kilowatt installé pour des pavillons et de petits immeubles commence à se rapprocher de celui d'une centrale nucléaire, ce qui laisse présager une anomalie dans la conception actuelle du chauffage.

L'analyse du coût du chauffage a été faite sur la base de pièces comptables établies par des agences immobilières de la région de Zurich et Baden pour des bâtiments de diverses grandeurs. Le prix du combustible étant sujet à des hausses importantes, il a été utilisé comme paramètre. Les frais de chauffage sont groupés en trois rubriques :

a) Frais d'entretien :
- nettoyage de la citerne,
- ramonage de la chaudière et de la cheminée,
- service d'entretien du brûleur,
- primes d'assurances,
- frais d'administration.

b) Frais financiers :
- amortissement de l'installation,
- intérêt sur le stock du combustible,
- perte de location pour l'espace occupé par la chaufferie et la citerne.

c) Frais de combustible et énergie électrique :
- combustible : besoins pour des températures moyennes, pertes 1 % ;
- électricité : pour la pompe, le brûleur et les commandes.

Le dépouillement de ces divers comptes de chauffage a été assemblé dans la figure 2. Comme pour les frais d'investissement, il s'agit de valeurs moyennes qui ne peuvent être mises sous forme d'équations paramétriques. Une fois encore, on a opéré en abscisse avec une double échelle afin de faciliter la compréhension du diagramme, tout en restant convaincu du manque de rigueur scientifique de la notation. Dans la figure 3, nous avons reporté le prix de revient de la chaleur. Le fait le plus frappant est l'allure hyperbolique de ce prix de revient en fonction de la grandeur du bâtiment. Cela est dû principalement aux frais fixes très élevés des petites installations de chauffage. Le propriétaire ou le locataire n'est pas conscient de la situation puisqu'il paie l'amortissement de l'installation sous forme de loyer à une banque ou à une agence immobilière et ne considère comme frais de chauffage que l'entretien et le combustible. Nous pouvons donc conclure qu'il est très avantageux d'installer un chauffage commun à plusieurs villas ou immeubles, pour autant que les distances entre bâtiments ne soient pas trop grandes.

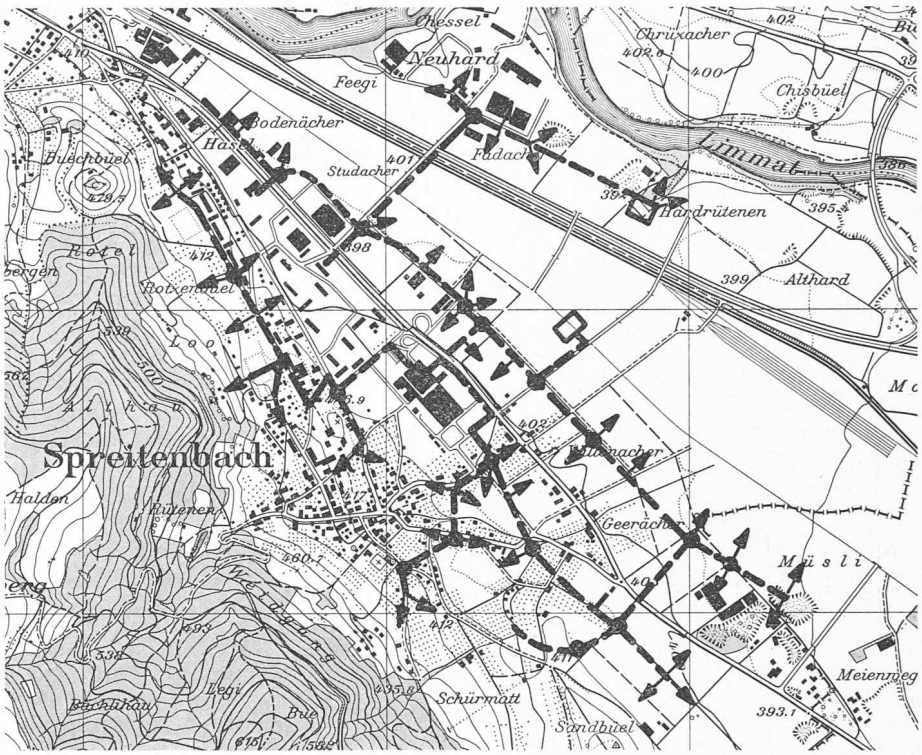
Le coût du chauffage urbain

Pour établir une comparaison valable entre le chauffage central et le chauffage urbain, nous avons essayé d'utiliser dans les deux cas la même méthode de calcul. Nous avons les installations chez le consommateur de chaleur, comprenant un échangeur de chaleur pour le chauffage proprement dit et un autre échangeur pour la production d'eau chaude. Ces deux appareils sont d'ailleurs souvent combinés en un seul appareil pour des raisons de prix et d'encombrement. On s'aperçoit que pour un bâtiment donné les frais d'installation sont bien moindres qu'avec le chauffage central. Il suffit, pour s'en convaincre, de comparer les valeurs indiquées aux figures 1 et 4. Cela ne nous permet pas de conclure que le chauffage urbain est plus économique que le chauffage central, car le coût des sous-stations chez le consommateur ne représente qu'une partie infime de l'investissement total. L'investissement principal est constitué par les centrales de chauffe et par le réseau de distribution. L'amortissement de telles installations sera répercuté sur le consommateur et constitue une part importante du prix de la chaleur. Le combustible constitue le deuxième élément du prix de vente de la chaleur. Dans le cas du chauffage urbain, la marge de manœuvre dans le choix du combustible est beaucoup plus grande que dans celui du chauffage central où l'on ne dispose pratiquement que du choix entre le fuel léger ou le gaz. On pourra utiliser la chaleur produite par une centrale d'incinération d'ordures ménagères ou de fuel lourd si les émissions ne portent pas trop atteinte à l'environnement ou encore une combinaison judicieuse de gaz avec du fuel.

Pour chaque installation, le prix de revient de la chaleur est différent, compte tenu de nombreux facteurs tels que grandeur de l'agglomération, coefficient d'utilisation du terrain, âge des bâtiments et taux de renouvellement des installations de chauffage central existantes. Ainsi dans chaque cas une étude préalable est nécessaire si l'on veut

Fig. 5. — Le réseau principal du chauffage urbain de Spreitenbach dans son état final :

■ — centrale existante
□ — sites retenus pour la centrale du chauffage urbain



être certain de faire un investissement rentable. De toute façon, il ne faut pas s'attendre à des différences de prix considérables entre la chaleur produite par le chauffage central d'un grand immeuble et celle provenant d'un chauffage urbain.

Pour illustrer la méthode nous donnerons ci-après un aperçu des résultats d'une étude effectuée pour la commune de Spreitenbach.

Le cas de la commune de Spreitenbach

La commune de Spreitenbach est située à peu près à mi-distance entre Baden et Zurich. Petit village à caractère agricole et artisanal, il comptait, il y a dix ans, quelques centaines d'habitants. En 1974, on recensait 7300 habitants et dans son développement final cette localité aura 25 000 habitants.

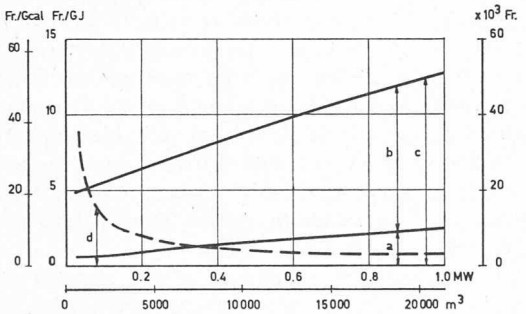


Fig. 4. — La sous-station du consommateur dans le cas du chauffage urbain :

a) génie civil en francs
b) échangeur de chaleur en francs
c) coût total de la sous-station en francs
d) incidence du coût de la sous-station sur le prix de la chaleur (en fr/GJ ou fr/Gcal)

Cette augmentation rapide de la population et le souci de prévoir un développement harmonieux et d'avant-garde ont conduit les autorités de la commune à confier l'étude technico-économique d'un chauffage urbain à la Société Motor-Columbus Ingénieurs-Conseils SA. Sans entrer dans les détails de cette étude, ni sur les méthodes appliquées pour analyser la valeur économique d'un tel projet [1], nous comparerons les frais d'investissements et d'exploitation pour la variante « tout chauffage central » avec ceux de la variante « chauffage urbain et conversion progressive des installations existantes ». La figure 5 donne une idée du réseau de distribution et des sites envisagés pour la centrale.

[1] A method of appraising the economy of district heating and its application to the city of Zurich (Deuxième Congrès international de chauffage urbain, Budapest 1973) par J. Nordhof.

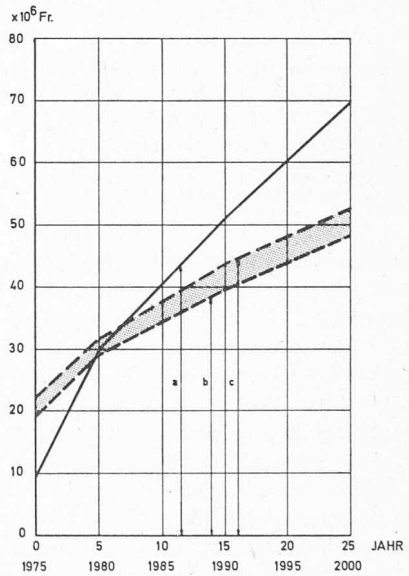


Fig. 6. — Comparaison des investissements entre le chauffage urbain et la même puissance installée en chauffages centraux par immeuble :

a) investissements cumulés dans les 25 années à venir
b) investissements cumulés pour le chauffage urbain dans la variante la meilleure marché (gaz naturel et petit stockage de fuel lourd)
c) investissements cumulés pour le chauffage urbain dans la variante la plus coûteuse (grand stockage de fuel)

Une centrale d'une puissance installée de 15 MW alimente déjà le centre d'achats. L'espace disponible dans cette chaufferie permet de porter la puissance à 32 MW. Avec le temps cette centrale serait raccordée au réseau de chauffage urbain et servirait uniquement à couvrir les pointes de consommation en hiver. La centrale principale serait située à la périphérie de la localité.

Dans les deux cas nous avons adopté un même taux de développement de la localité basé sur le plan d'aménagement existant. Les différences provenant d'un ralentissement ou d'une accélération de la construction n'influenceront donc pas la valeur de la comparaison.

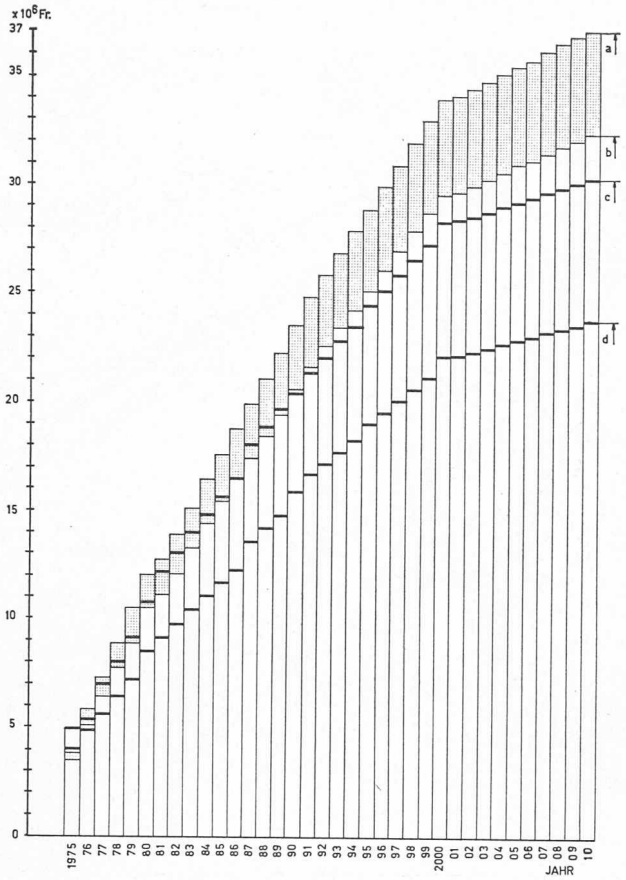


Fig. 7. — Comparaison des frais annuels du chauffage urbain avec ceux du chauffage central, pour la même puissance installée :

a) chauffage central (rendement moyen 0,7)
b) chauffage central (rendement moyen 0,85)
c) chauffage urbain, variante fuel léger ou fuel lourd et gaz naturel
d) chauffage urbain, variante fuel lourd

Cette comparaison montre que les investissements durant les premières années sont plus importants dans la variante « chauffage urbain ». Cela s'explique aisément par le fait qu'au début il faut construire une chaufferie et développer le réseau de distribution. Au bout de huit ans, sur la base du développement adopté, les investissements cumulés seraient identiques dans les deux cas. A la fin de la période considérée, ils s'avéreraient plus faibles dans le cas du chauffage urbain. Cette différence serait de l'ordre de 20 millions de francs constants (fig. 6).

Pour la comparaison du coût de production de la chaleur, nous avons adopté une relation fixe entre le prix du combustible pour chauffage central (prix de détail) et celui pour le chauffage urbain, combustible qui, pour ce dernier, est souvent d'une qualité différente et surtout d'un prix inférieur, grâce aux achats en gros.

Sans entrer dans le détail d'un calcul fastidieux effectué pour chaque année de la période considérée, nous avons reporté ces résultats dans la figure 7. Pour le chauffage central, nous avons déterminé le coût de la chaleur en nous basant sur un rendement des installations de 70 % (courbe supérieure) et 85 % (courbe inférieure). C'est dans cette plage qu'évoluera le coût réel de la chaleur et, d'une façon générale, plus près de la courbe supérieure que de la courbe inférieure, principalement à cause du mauvais réglage des brûleurs des installations domestiques. Pour le chauffage urbain, nous avons considéré diverses combinaisons de combustibles et admis un rendement identique des installations avec toutes les combinaisons de combustibles. La courbe supérieure se rapporte à du fuel léger ou à une combinaison de fuel lourd et de gaz naturel. Cette dernière solution présente l'avantage de faire intervenir deux sources d'approvisionnement géographiquement distinctes, ce qui augmente considérablement la sécurité de l'approvisionnement et diminue l'importance des installations de stockage. La courbe inférieure se rapporte à du fuel lourd, qui est manifestement la solution la plus économique, mais qui appelle quelques restrictions en ce qui concerne les émissions de gaz sulfureux. La variante utilisant uniquement du gaz naturel n'a pas été prise en considération, car il n'est guère possible d'obtenir de grandes quantités de gaz sans coupures de la fourniture pendant les heures de pointe et même si cette possibilité était envisageable, elle serait financièrement prohibitive.

En résumé, on constate que, suivant la combinaison de combustible utilisée, les frais de production et de distribution de chaleur dans le cas de Spreitenbach pourraient être inférieurs à ceux du chauffage central après cinq ans d'exploitation.

Conclusions

Sans vouloir donner à ces conclusions un caractère de généralité absolue, nous pouvons tirer de cette comparaison entre le chauffage central et le chauffage urbain les enseignements suivants :

Les investissements cumulés réalisés dans la branche du chauffage central sont, en définitive, plus élevés que ceux nécessaires à l'installation d'un chauffage urbain de même capacité. Dans la situation actuelle du marché des capitaux, ce point est d'une très grande importance.

Le coût de la chaleur dans les deux cas envisagés sera plus bas au bout d'un certain temps dans celui du chauffage urbain. Il est difficile de prévoir un véritable point d'intersection des courbes du coût de la chaleur pour le chauffage central et le chauffage urbain, mais une étude technico-économique bien conduite pourra donner un ordre de grandeur à quelques années près.

L'introduction du chauffage urbain conduit à une restructuration des marchés et à une modification du circuit des capitaux. Les installations domestiques deviennent meilleur marché. Le promoteur immobilier aura moins à investir dans un immeuble, mais il devra, d'une façon ou d'une autre, financer la construction de l'infrastructure nécessaire à la production et à la distribution de chaleur. Cela pourra se faire sous la forme d'une taxe de raccordement, d'une taxe d'équipement ou par toute autre forme de participation. Cela n'implique pas forcément une intervention de l'Etat, car il existe à l'étranger de nombreuses sociétés privées de distribution de chaleur.

Le chauffage urbain permettrait, avec le temps, une économie de combustibles, une diminution des atteintes à l'environnement et une plus grande flexibilité dans les sources d'approvisionnement. Dans une étape ultérieure, nous obtiendrions une plus grande indépendance à l'égard des produits pétroliers par l'utilisation de l'énergie thermique provenant de centrales nucléaires conçues pour la production mixte de chaleur et d'électricité. Mais ne nous leurrons pas sur la proximité de cette dernière possibilité car, avant de la rendre réalisable, il faudra investir dans l'infrastructure, pour l'ensemble des grandes villes du pays, bien plus que l'on ne l'a fait pour le réseau actuel des autoroutes et amortir les centrales de chauffe existantes.

Adresse de l'auteur :
J. Nordhof, ing. dipl. EPFL
Steinwiesstrasse 40,
8032 Zurich