

FICHES TECHNIQUES
D'AMÉLIORATION THERMIQUE
(Volume I)

F. Berthoud, E. Bermudez,
B. Giovannini et A. Gsponer

REMERCIEMENTS

Nous remercions toutes les personnes qui par leur collaboration nous ont permis de rassembler les données présentées dans ce rapport, et plus particulièrement le "programme d'impulsions" de l'Office fédéral des questions conjoncturelles pour nous avoir donné accès aux informations récoltées dans sa campagne d'évaluation du succès des améliorations thermiques dans le bâtiment.

Mars 1985

Cette étude a été réalisée avec le soutien financier partiel du Fonds national pour la recherche énergétique (NEFF), sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie.

Adresse: CUEPE, 2-4 rue du Lièvre, 1211 Genève 24
tél. 022/43 92 42

617.9

FIC

Table des matières

- Introduction
- 1. Description du bâtiment
- 2. Description de l'amélioration
- 3. Données avant l'amélioration thermique
- 4. Données après l'amélioration thermique
- 5. Rentabilité énergétique de l'amélioration thermique
- 6. Rentabilité économique de l'amélioration thermique
 - 6.1 Paramètres économiques
 - 6.2 Analyse coût-bénéfice
 - 6.3 Durée de remboursement
 - 6.4 Taux de rendement interne
 - 6.5 Prix équivalent de l'énergie
- 7. Exemple
- 8. Comment utiliser ces fiches?

Références

Fiches 1 à 107

Tableau synoptique du contenu des fiches

Introduction

Ce document contient les fiches techniques de 107 cas d'améliorations thermiques réalisées entre 1973 et 1983 sur 280 bâtiments suisses correspondant à 2900 logements environ. Ces fiches techniques sont le résultat d'une élaboration technique et économique des données qui nous ont été fournies. Ces 107 cas constituent les deux tiers du total des cas enregistrés à la fin 1984 dans la base de données du CUEPE sur les améliorations thermiques des bâtiments. Les cas restants ainsi que ceux que nous rassemblons actuellement feront l'objet d'un document à paraître ultérieurement. Un effort particulier a été fait pour rassembler un maximum de cas d'améliorations concernant des immeubles locatifs. C'est ainsi que 2800 logements environ correspondent à des appartements dans des locatifs et 75 seulement à des villas.

Pour une description plus complète de cette base de données et de son utilisation, nous renvoyons le lecteur au document intitulé: Une coopérative de données sur l'amélioration thermique des bâtiments [1]. Dans cette introduction, nous expliquerons brièvement la signification des données et des résultats contenus dans les fiches techniques. Nous donnerons les définitions utilisées pour calculer les indicateurs techniques et économiques qui caractérisent l'efficacité des améliorations thermiques. Enfin, nous ferons quelques commentaires sur l'interprétation des indicateurs économiques et la manière d'utiliser ces fiches.

Nous précisons d'emblée que les incertitudes sur les données sont encore appréciables et que les chiffres doivent être utilisés avec circonspection: une erreur d'au moins 20 à 30 % doit être envisagée comme possible. Ces incertitudes proviennent de divers facteurs dont il est difficile de tenir compte exactement, même dans les meilleures conditions: différences du comportement des occupants avant et après une amélioration thermique, différences dans l'appréciation du surcoût lié à une amélioration thermique effectuée dans le cadre d'une rénovation, limitations dues à l'utilisation du bilan énergétique annuel, etc.

Les fiches d'amélioration thermique sont identifiées par un numéro qui correspond au "cas d'amélioration" tel qu'il est enregistré dans la base de données. Si l'amélioration a été effectuée en plusieurs étapes, nous avons regroupé les informations dans une seule fiche afin d'obtenir une vue d'ensemble des travaux et de leurs effets. En cas de besoin, le CUEPE peut fournir les adresses du bâtiment, de la régie ou du propriétaire, à condition que ceux-ci y consentent.

1. Description du bâtiment

La première section de la fiche technique, donne les caractéristiques générales et l'emplacement du bâtiment. Dans la mesure du possible, ces informations sont accompagnées d'une photographie. Seule S, la surface chauffée brute, est utilisée dans la suite des calculs.

2. Description de l'amélioration thermique

Cette section comprend une description sommaire des travaux d'amélioration thermique ainsi que l'année et l'investissement correspondant. Cet investissement, I, est égal au total des coûts d'exécution lorsque les travaux sont entièrement destinés à l'amélioration thermique ou au surcoût lorsque l'amélioration thermique est effectuée dans le cadre d'une rénovation.

On trouvera dans cette section le nom des agents énergétiques utilisés pour le chauffage et la préparation de l'eau chaude sanitaire. Comme les consommations ne sont en général pas mesurées séparément lorsque le même agent est utilisé pour ces deux usages, les chiffres donnés dans les sections suivantes seront les consommations totales pour chaque agent.

3. Données avant amélioration thermique

Ces données comprennent la puissance installée de l'installation de chauffage, P [kW], et les consommations annuelles de mazout, d'électricité, de gaz, de bois, etc, avant l'amélioration thermique: Qn, Qe, Qg, Qb, ... Afin de permettre des comparaisons avant-après, ces consommations ne sont données que pour les agents pour lesquels les consommations avant et après

sont connues. Les quantités sont exprimées selon l'usage en [kg/an], [kWh/an], [m3/an], [stère/an], etc. Dans les cas où la consommation de mazout nous a été donnée en litres, nous avons supposé une densité de 0.84 [kg/l], et si la puissance de la chaudière était exprimée en [kcal/h], nous l'avons convertie en [kW] selon la formule $1 \text{ [kcal/h]} = 0.001136 \text{ [kW]}$. En divisant la puissance et les consommations d'énergie par la surface, on obtient la puissance spécifique en [W/m2] et les indices énergétiques en [MJ/m2.an]:

Ps	=	P/S	[W/m2]
En	=	41.9 Qn/S	[MJ/m2.an]
Ee	=	3.6 Qe/S	[MJ/m2.an]
Eg	=	33.5 Qg/S	[MJ/m2.an]
Eb	=	6000 Qb/S	[MJ/m2.an]
Et	=	En + Ee + Eg + Eb	[MJ/m2.an]

Les chiffres qui apparaissent dans ces formules sont les facteurs de conversion entre les unités usuelles et celles du système international (par exemple, la combustion de 1 kg de mazout correspond à 41.9 MJ, etc). A la dernière ligne, Et est l'indice énergétique total.

Dans les cas d'améliorations pour lesquels les consommations énergétiques ont été mesurées sur plusieurs années, nous avons pris comme consommation annuelle la moyenne des chiffres disponibles. De cette façon, on réduit l'effet des variations annuelles liées au climat ou à d'autres perturbations. Par contre, nous n'avons en général pas fait la correction des consommations énergétiques annuelles en fonction de la variation des degrés-jours caractéristiques du climat local (sauf quand des informations météorologiques précises, ou les consommations d'un bâtiment de référence voisin, étaient disponibles).

4. Données après amélioration thermique

Ces données sont semblables à celles qui concernent le bâtiment avant l'amélioration. On utilise les mêmes symboles, mais affectés du signe prime. Par exemple, Qn est la consommation annuelle de mazout avant, et Qn' la consommation de mazout après l'amélioration thermique. Dans les cas où la consommation énergétique après l'amélioration est disponible pour plusieurs années ou que des informations de normalisation fiables existent, nous avons procédé comme pour les consommations avant l'amélioration.

5. Rentabilité énergétique de l'amélioration thermique

Les quantités d'énergie économisées sont obtenues en faisant la différence entre les consommations d'énergie avant et après l'amélioration thermique. Avec ces différences, on peut calculer l'amélioration de l'indice énergétique, en [MJ/m².an], et l'économie d'énergie réalisée, en %. Dans le cas du mazout, par exemple:

$$\begin{aligned}\Delta Q_m &= Q_m - Q_m' \\ \Delta E_m &= E_m - E_m' \\ [\%] &= \Delta Q_m / Q_m\end{aligned}$$

En faisant de même pour les autres agents énergétiques, on peut calculer ΔE_t , l'amélioration de l'indice énergétique total, ainsi que l'économie d'énergie totale en % :

$$\begin{aligned}\Delta E_t &= \Delta E_m + \Delta E_e + \Delta E_g + \Delta E_b \\ [\%] &= \Delta E_t / E_t\end{aligned}$$

6. Rentabilité économique de l'amélioration thermique

Les calculs de rentabilité économique sont faits avec les méthodes usuelles dont on trouvera un exposé simplifié dans la référence [2]. Ces méthodes sont identiques à celles qui sont exposées dans le Manuel "Etudes et Projets" de l'Office fédéral pour les questions conjoncturelles [3].

Le concept général utilisé pour les calculs de rentabilité économique est celui d'actualisation. Ce principe consiste à transformer en valeur actuelle les investissements faits dans le passé et les revenus futurs qui en découlent. De cette façon, on peut évaluer aujourd'hui les caractéristiques économiques globales de ces investissements, et les comparer à d'autres opérations financières.

En théorie, pour appliquer ce concept de manière rigoureuse à un ensemble de travaux effectués à des époques différentes, il faudrait rapporter toutes les dépenses à une année de référence qui serait la même pour tous les cas. Pour simplifier, nous avons négligé cette correction, et nous avons effectué les calculs économiques comme si toutes les améliorations thermiques avaient été effectuées en 1983.

6.1 Paramètres économiques

Pour effectuer les calculs économiques, il est nécessaire de connaître certaines caractéristiques du financement: taux d'intérêts, durées d'amortissement, etc. On a aussi besoin d'une hypothèse raisonnable pour n , la durée de vie des travaux d'amélioration thermique examinés, c'est-à-dire la durée pendant laquelle on estime que ces travaux produiraient l'effet voulu. Dans les cas où la plus grande partie de l'investissement correspondait à des travaux sur l'enveloppe (isolation des murs, du toit, etc...) nous avons pris une durée de vie de 25 ans. Et dans le cas où la plus grande partie correspondait aux installations techniques (chaudière, brûleur, etc...) nous avons pris 15 ans.

De plus, il faut fixer les prix des différents agents énergétiques pour 1983, qui est prise comme année de référence :

P_m	=	0.65	[Fr/kg]
P_e	=	0.12	[Fr/kWh]
P_g	=	0.50	[Fr/m ³]
P_b	=	70	[Fr/St]

Ces prix sont des valeurs moyennes. Pour tenir compte des variations importantes des tarifs, nous avons admis dans certains cas un prix différent pour l'électricité lorsqu'elle était destinée à des pompes à chaleur ou au chauffage électrique.

Il est intéressant de faire les calculs économiques aussi bien dans le cas où l'on suppose que les prix de l'énergie restent constants, que dans celui où au contraire on suppose qu'ils augmentent avec le temps. Dans ce dernier cas, nous supposons que ces prix croissent de manière exponentielle avec un taux de renchérissement annuel de

$$e = 0.08$$

c'est-à-dire 8 % par an.

Ce taux est probablement élevé par rapport aux estimations actuelles du renchérissement prévisible du prix de l'énergie. Néanmoins, il est proche de celui qui est généralement utilisé dans la pratique. En particulier, ce taux de 8% est égal à celui qui a été retenu pour les exemples dans le manuel "Etudes et Projets" déjà cité.

Comme dans ce document, nous prenons un taux d'intérêt p égal au taux hypothécaire, fixé à 5%:

$$p = 0.05$$

En ce qui concerne le financement de l'investissement, afin de simplifier les calculs, nous supposons aussi que le remboursement de la dette se fait par annuités constantes, c'est-à-dire que le total de l'intérêt et de l'amortissement de la dette (la somme payée à la banque chaque année) est une fraction constante de la dette initiale. Le taux d'annuité est fonction du taux d'intérêt et de la durée de remboursement du capital emprunté. En prenant une durée de remboursement égale à la durée de vie de l'amélioration, le taux d'annuité s'écrit:

$$a = \frac{p}{[1 - (1+p)^{-n}]}$$

ce qui donne pour l'annuité:

$$A = a I \quad [\text{Fr/an}]$$

Lorsqu'on veut tenir compte de l'effet du renchérissement de l'énergie sur la rentabilité de l'amélioration thermique, il suffit de remplacer le taux d'intérêt par un taux composé [1]. Celui-ci est égal à:

$$q = \frac{(p+e)}{(1+e)} = -i/36$$

De la sorte, pour chaque calcul économique, on peut utiliser la même formule, à condition d'utiliser le taux p lorsqu'on ne tient pas compte du renchérissement de l'énergie, et le taux q lorsqu'on veut en tenir compte. Dans les fiches techniques, on trouvera les résultats des calculs économiques pour les deux cas en question.

Pour comparer entre eux les effets de travaux effectués sur des bâtiments de taille et de consommation énergétique différentes, il est nécessaire de procéder à une normalisation relative des investissements effectués. Une méthode naturelle est de prendre comme norme une quantité directement proportionnelle à la consommation énergétique initiale. On définit ainsi l'intensité d'investissement J :

$$J = A/B$$

où A est l'annuité et B le budget énergie initial, c'est-à-dire le total des dépenses annuelles pour l'énergie avant l'amélioration thermique:

$$B = P_m Q_m + P_e Q_e + P_g Q_g + P_b Q_b$$

Cette définition de l'intensité d'investissement sous la forme d'un rapport sans dimensions a notamment l'avantage de permettre des comparaisons indépendantes des unités. Toutefois, tout comme pour l'indice de dépense d'énergie, l'usage consiste plutôt à exprimer les quantités relatives par rapport à la surface chauffée brute. On définit ainsi l'intensité d'investissement spécifique et le budget énergie spécifique:

$$I_s = I/S \quad \text{et} \quad B_s = B/S$$

6.2 Analyse coût-bénéfice

La première étape de l'évaluation de la rentabilité consiste à faire le total des gains enregistrés durant la première année, ce qui revient à calculer la diminution du budget énergie:

$$\Delta B = B - B' = P_m \Delta Q_m + P_e \Delta Q_e + P_g \Delta Q_g + P_b \Delta Q_b$$

Cette économie annuelle augmentera au cours des années au fur et à mesure de l'accroissement du prix de l'énergie. Pour calculer le bénéfice annuel qui en résulte, il faut actualiser ces gains en tenant compte du taux d'intérêt, ce qui conduit à utiliser la formule suivante pour l'économie annuelle actualisée:

$$\Delta B'' = \Delta B \frac{[1 - (1-q)^{-n}]/q}{[1 - (1+p)^{-n}]/p}$$

Dans le cas où le prix de l'énergie n'augmente pas, $p = q$, on vérifie que l'économie annuelle actualisée reste égale à sa valeur initiale.

Pour que l'amélioration thermique soit rentable, il faut que ce bénéfice annuel soit au moins égal au coût annuel. Au minimum, ce coût est donné par le taux d'annuité. Mais, pour faire un calcul de rentabilité complet, il faudrait aussi tenir compte de frais d'entretien, de l'incidence des impôts, ainsi que du transfert à charge des locataires d'une partie des frais d'investissements [4]. Pour simplifier, on prendra ici un coût annuel égal à l'annuité. Par définition, la rentabilité, qui doit être supérieure à un pour que l'opération soit rentable, est alors donnée par la formule

$$R = \Delta B''/A$$

En comparant cette définition avec celle de l'intensité d'investissement, on constate qu'une amélioration thermique ne peut être rentable que si l'intensité est inférieure à un lorsque le prix de l'énergie reste constant.

Pour calculer les répercussions financières sur le loyer et les charges, la quantité la plus intéressante n'est pas la rentabilité mais le gain annuel moyen par m²:

$$G = (\Delta B'' - A)/S$$

Si l'amélioration thermique est rentable, G sera positif et correspondra à une diminution nette du loyer et des charges; pour une opération non-rentable, G sera négatif, ce qui correspondra à une augmentation.

Cependant, même si une amélioration thermique n'est pas "rentable" au sens où nous l'avons défini ici, cela ne veut pas dire qu'elle n'est pas intéressante. En effet, une augmentation relativement faible du loyer et des charges est souvent la condition nécessaire à la réalisation d'économies d'énergies importantes, à une amélioration substantielle du confort thermique ou acoustique, etc. Les progrès de ce genre sont difficiles à exprimer en termes monétaires, si bien qu'il n'est pas facile d'en tenir compte dans une analyse coût-bénéfice.

Dans les trois paragraphes suivants, nous allons rappeler les définitions de trois critères de rentabilité économique qui sont utilisés dans la pratique pour caractériser de diverses manières la rentabilité d'une amélioration thermique.

6.3 Période de remboursement (ou durée d'amortissement)

Un premier critère de rentabilité économique est obtenu en calculant la durée de remboursement (ou durée d'amortissement), c'est-à-dire le nombre d'années nécessaires pour que les économies d'énergie "remboursent" l'investissement initial et la somme des intérêts:

$$N = - \log (1 - pI/\Delta B) / \log (1+p)$$

Pour que l'amélioration soit rentable, il faut que N soit inférieur à n, la durée de vie:

$$N < n$$

6.4 Taux de rendement interne (ou taux d'intérêt interne)

Un deuxième critère de rentabilité économique est procuré par le taux de rendement interne. Ce taux est obtenu en calculant le taux d'intérêt pour lequel la somme des économies d'énergie capitalisées est égale au capital investi, ce qui conduit à résoudre par rapport à r l'équation suivante:

$$I = \Delta B [1 - (1+r)^{-n}] / r$$

En première approximation, la solution de cette équation s'écrit:

$$r = \Delta B/I - I/(n^2 \Delta B) + \dots$$

Dans de nombreux cas, cette solution approchée est suffisante. Toutefois, dans les fiches techniques, on trouvera la solution exacte.

La prise en compte de l'augmentation du prix de l'énergie est très simple. Il suffit d'utiliser la règle de composition des taux annuels, rappelée à la fin du paragraphe 6.1, et qui donne:

$$r_e = r(1+e) + e$$

Après avoir calculé r ou r_e on peut comparer cet investissement dans les "économies d'énergie" avec un autre placement dont le rendement p est connu. L'économie d'énergie sera un placement plus rentable si r ou r_e sont supérieurs au rendement du placement considéré:

$$r_e > r > p$$

L'utilité pratique du taux de rendement interne est d'être directement utilisable dans les discussions sur les possibilités de financement des investissements nécessaires. En effet, si le taux de rendement interne est supérieur ou égal à p, l'investissement sera rentable au sens où nous l'avons défini ($R > 1$). Cela signifie que le gain dû aux économies d'énergie est suffisant pour rembourser la dette, intérêts compris. Par contre, si le taux de rendement interne est nul, les économies sont tout juste suffisantes pour rembourser l'investissement initial, sans les intérêts. Ainsi, si le taux de rendement interne r est supérieur à zéro, les économies d'énergie peuvent être rentables à condition que le taux d'intérêt du prêt soit au plus égal à r. Et si r est inférieur à zéro, les économies d'énergie ne peuvent pas être rentables, quel que soit la valeur du taux d'intérêt.

6.5 Prix équivalent de l'énergie

Un troisième et dernier critère de rentabilité économique est constitué par le prix équivalent de l'énergie. On calcule alors le prix que l'énergie devrait avoir pour que les travaux d'amélioration thermique soient tout juste rentables. Comme on cherche en priorité à diminuer la consommation du pétrole, on calcule généralement ce coût équivalent en supposant que l'agent énergétique auquel les économies d'énergies se sont substituées est le mazout. Dans ce cas:

$$P_{eq} = I [41.9 / (S \Delta Et)] [p / (1 - (1+p)^{-n})] \quad [Fr/kg]$$

Pour une amélioration thermique rentable, ce coût équivalent de l'énergie doit être inférieur au prix de référence du mazout:

$$P_{eq} < P_m = 0.65 \quad [Fr/kg]$$

En pratique, ce critère de rentabilité est équivalent à la rentabilité définie au paragraphe 6.2. En effet, dans le cas où il n'y a qu'un seul agent énergétique, on vérifie facilement la relation:

$$P_{eq} = P_m / R$$

7. Exemple

Illustrons les formules ci-dessus par un exemple concret. Pour cela, prenons dans les fiches le cas No 20 dans lequel un ensemble de bâtiments locatifs comprenant 537 appartements à été amélioré thermiquement à l'occasion d'une rénovation générale. Les façades et les combles ont été isolées et l'installation centrale de chauffage à distance améliorée.

La surface chauffée brute de l'ensemble est de $S = 33'700 \text{ m}^2$. Avant la rénovation, entre 1975 et 1979, la consommation moyenne de mazout pour le chauffage était de $Q_m = 692$ tonnes par an, ce qui correspondait à un indice énergétique $E_m = 860 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{an}$. Par une réduction du débit des brûleurs il a été possible d'abaisser la puissance spécifique de 94 à 65 W/m². En raison de l'isolation thermique des façades, des combles et du plafond des caves, ainsi que des améliorations apportées au système de production de chaleur, la consommation de mazout pour le chauffage n'est plus que de 310 tonnes par année, ce qui correspond à un indice énergétique de chauffage de 385 MJ/m²·an. En raison d'une diminution de la vitesse de rotation des pompes de circulation on a en plus enregistré une baisse de la consommation d'électricité, ce qui donne au total une économie d'énergie de 55 %.

Les travaux d'amélioration thermique ont été effectués entre 1980 et 1983. Le coût total de la rénovation a été de de 13 millions de francs, dont 4'850'000 francs peuvent être attribués à l'amélioration thermique, ce qui correspond à un investissement de 144 Fr/m². Pour un taux d'intérêt de 5 % et une durée de vie de 25 ans le taux d'annuité est de 7.1 %, ce qui donne une annuité de 344'120 Fr/an. Cette annuité est presque égale au budget énergie initial, 478'000 Fr/an, ce qui correspond à une forte intensité d'investissement, $J = 0.71$.

La diminution des consommations de mazout et d'électricité correspond à une économie annuelle de 263'000 ou 687'000 Fr suivant que l'on tienne compte ou non du renchérissement de l'énergie. Dans le premier cas la rentabilité est inférieure à un, $R = 0.76$, mais dans le deuxième cas l'amélioration thermique est rentable. Les autres critères de rentabilité économique confirment cette analyse. Le gain annuel moyen par m² est de -2.41 Fr/m²·an dans le cas où il n'y a pas d'augmentation du prix de l'énergie. Ceci correspond à une augmentation du loyer, charges comprises, de $2.41 \times 33'700 / 540 = 150$ Fr par année et par appartement, soit 12 Fr par mois.

8. Comment utiliser ces fiches ?

Les utilisateurs trouveront sûrement eux-mêmes toutes sortes d'usages pour ces fiches. Cependant, leur principale utilité restera probablement celle de fournir des exemples documentés de cas réels d'améliorations thermiques, qu'elles soient réussies ou non. Autant il y aura de fiches, autant il y aura de leçons à tirer pour d'autres réalisations futures.

A la fin de ce volume on trouvera un tableau synoptique dans lequel les caractéristiques les plus importantes des améliorations thermiques réalisées dans chaque cas sont données. De cette manière il est facile de retrouver tous les cas où on a procédé, par exemple, à une isolation des façades, à un changement complet de l'installation de production de chaleur, etc.

En se référant aux photographies des bâtiments, aux genres d'améliorations thermiques effectuées, ou aux autres caractéristiques (y compris les indicateurs économiques, qu'ils soient favorables ou non), un propriétaire, un ingénieur ou un architecte reconnaîtra peut-être un immeuble, un projet d'amélioration thermique ou encore un problème semblable au sien. Il est alors possible de profiter de l'expérience déjà acquise, d'essayer de faire mieux.

Le CUEPE continuera à récolter, à étudier et à faire connaître dans l'avenir des exemples d'améliorations thermiques. Nous souhaitons que les bureaux d'ingénieurs et les propriétaires nous communiquent les exemples qu'ils connaissent, que les améliorations correspondantes soient réussies ou non.

Références

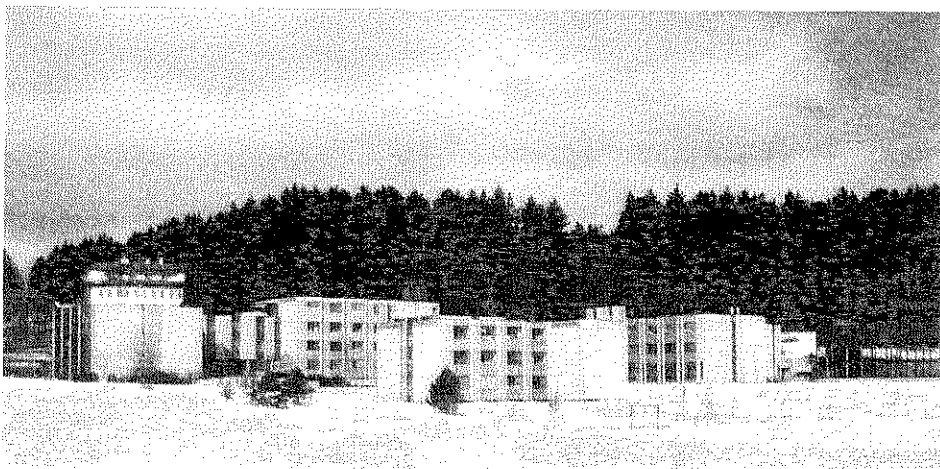
- [1] Une coopérative de données sur l'amélioration thermique des bâtiments, CUEPE, Université de Genève, Genève, 1984.
- [2] "Aspects économiques élémentaires de la conservation de l'énergie", in Conservation de l'énergie, CUEPE, Université de Genève, Genève, 1981.
- [3] Manuel "Etudes et Projets", Office fédéral des questions conjoncturelles, Programme d'impulsion pour l'amélioration thermique des bâtiments, Form. 724.500 f, Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne, 1983.
- [4] Rentabilité des mesures d'amélioration thermique des bâtiments, Office fédéral des questions conjoncturelles, Programme d'impulsion pour l'amélioration thermique des bâtiments, Form. 724.539 f, Office central fédéral des imprimés et du matériel, 3000 Berne, 1982.

fiche d'amélioration thermique

cas N° 1

1. Description du bâtiment

Type de bâtiment : Ecole Surface chauffée brute: 15'000 [m²]
 Type de construction : Massive ___ Légère X Année de construction: 1975
 Nombre d'étages : 1 à 4 Nombre d'appartements:
 Ville : Lausanne Canton: VD Altitude: 872 [m]



2. Description de l'amélioration thermique

Etat du bâtiment avant l'amélioration et justification des travaux
 Agents énergétiques - Chauffage: gaz Eau chaude: gaz

Description des travaux d'amélioration

Par paquet: X ou par étapes: ___ Etape No: ___ Année: 1981
 Agents énergétiques - Chauffage: gaz Eau chaude: gaz

Pose de régulation programmable;

Optimisation de l'installation de chauffage;

Pose de récupérateurs de chaleur.

3. Données avant amélioration

Puissance installée :	5234 [kW]	Puissance spécifique:	348.9 [W/m ²]
Consommations		Indices énergétiques	
mazout :	0 [kg/an]	mazout :	0 [MJ/m ² .an]
électricité:	1265000 [kWh/an]	électricité :	304 [MJ/m ² .an]
gaz :	606000 [m ³ /an]	gaz :	1353 [MJ/m ² .an]
bois :	0 [st/an]	bois :	0 [MJ/m ² .an]
		Total:	1657 [MJ/m ² .an]

4. Données après amélioration

Puissance installée :	5234 [kW]	Puissance spécifique:	348.9 [W/m ²]
Consommations		Indices énergétiques	
mazout :	0 [kg/an]	mazout :	0 [MJ/m ² .an]
électricité:	1100000 [kWh/an]	électricité :	264 [MJ/m ² .an]
gaz :	460000 [m ³ /an]	gaz :	1027 [MJ/m ² .an]
bois :	0 [st/an]	bois :	0 [MJ/m ² .an]
		Total:	1291 [MJ/m ² .an]

5. Rentabilité énergétique

Agent énergétique	Economie d'énergie	Amélioration de l'indice énergétique	Amélioration relative
mazout :	0 [kg/an]	0 [MJ/m ² .an]	0.0 [%]
électricité:	165000 [kWh/an]	40 [MJ/m ² .an]	13.0 [%]
gaz :	146000 [m ³ /an]	326 [MJ/m ² .an]	24.1 [%]
bois :	0 [st/an]	0 [MJ/m ² .an]	0.0 [%]
		Total: 366 [MJ/m ² .an]	22.1 [%]

6. Rentabilité économique

Prix des agents énergétiques	Paramètres économiques	
mazout :	0.65 [Fr/kg]	Renchérissment de l'énergie: 8.0 [%/an]
électricité:	0.12 [Fr/kWh]	Durée de vie : 15.0 [an]
gaz :	0.50 [Fr/m ³]	Taux d'intérêt : 5.0 [%/an]
bois :	70.0 [Fr/st]	Taux d'annuité : 9.6 [%/an]
Budget énergie initial:	454800 [Fr/an]	Investissement: 50000 [Fr]
Budget énergie par m ² :	30.32 [Fr/m ² .an]	Investissement: 3.33 [Fr/m ²]
Annuité :	4817 [Fr/an]	Intensité : 0.01

Etude de rentabilité	sans	/	avec	renchérissment de l'énergie
Economie annuelle actualisée	92800	/	169256	[Fr/an]
Prix équivalent de l'énergie	0.04	/	0.02	[Fr/kg de mazout].
Durée de remboursement	0.6	/	0.5	[an]
Taux de rendement interne	185.6	/	208.4	[%/an]
Rentabilité	19.26	/	35.14	
Gain annuel moyen par m ²	5.87	/	10.96	[Fr/m ² .an]

fiche d'amélioration thermique

cas N° 2

1. Description du bâtiment

Type de bâtiment : locatif Surface chauffée brute: 4760 [m²]
 Type de construction : Massive Légère Année de construction: 1973
 Nombre d'étages : 6 Nombre d'appartements: 48
 Ville : Emmen Canton: LU Altitude: 429 [m]



2. Description de l'amélioration thermique

Etat du bâtiment avant l'amélioration et justification des travaux

Agents énergétiques - Chauffage: mazout Eau chaude: mazout

- Façade de mauvaise qualité;
- Problèmes de condensation.

Description des travaux d'amélioration

Par paquet: ou par étapes: Etape No: Année: 1982

Agents énergétiques - Chauffage: mazout Eau chaude: mazout

- Réfection des façades avec pose de 4 cm d'isolation;
- Installation d'une nouvelle chaudière et d'un nouveau brûleur;
- Isolation du plafond de la cave et du toit.

La totalité de l'investissement est attribué à l'amélioration thermique.

Investissement (Matériel: Matériel et main d'oeuvre:): 586'500 [Fr]

3. Données avant amélioration

Puissance installée :	0 [kW]	Puissance spécifique:	0.0 [W/m ²]
Consommations		Indices énergétiques	
mazout :	83000 [kg/an]	mazout :	731 [MJ/m ² .an]
électricité:	0 [kWh/an]	électricité :	0 [MJ/m ² .an]
gaz :	0 [m ³ /an]	gaz :	0 [MJ/m ² .an]
bois :	0 [st/an]	bois :	0 [MJ/m ² .an]
		Total:	731 [MJ/m ² .an]

4. Données après amélioration

Puissance installée :	0 [kW]	Puissance spécifique:	0.0 [W/m ²]
Consommations		Indices énergétiques	
mazout :	54200 [kg/an]	mazout :	477 [MJ/m ² .an]
électricité:	0 [kWh/an]	électricité :	0 [MJ/m ² .an]
gaz :	0 [m ³ /an]	gaz :	0 [MJ/m ² .an]
bois :	0 [st/an]	bois :	0 [MJ/m ² .an]
		Total:	477 [MJ/m ² .an]

5. Rentabilité énergétique

Agent énergétique	Economie d'énergie	Amélioration de l'indice énergétique	Amélioration relative
mazout :	28799 [kg/an]	254 [MJ/m ² .an]	34.7 [%]
électricité:	0 [kWh/an]	0 [MJ/m ² .an]	0.0 [%]
gaz :	0 [m ³ /an]	0 [MJ/m ² .an]	0.0 [%]
bois :	0 [st/an]	0 [MJ/m ² .an]	0.0 [%]
		Total: 254 [MJ/m ² .an]	34.7 [%]

6. Rentabilité économique

Prix des agents énergétiques	Paramètres économiques
mazout :	0.65 [Fr/kg] Renchérissement de l'énergie: 8.0 [%/an]
électricité:	0.00 [Fr/kWh] Durée de vie : 25.0 [an]
gaz :	0.50 [Fr/m ³] Taux d'intérêt : 5.0 [%/an]
bois :	70.0 [Fr/st] Taux d'annuité : 7.1 [%/an]

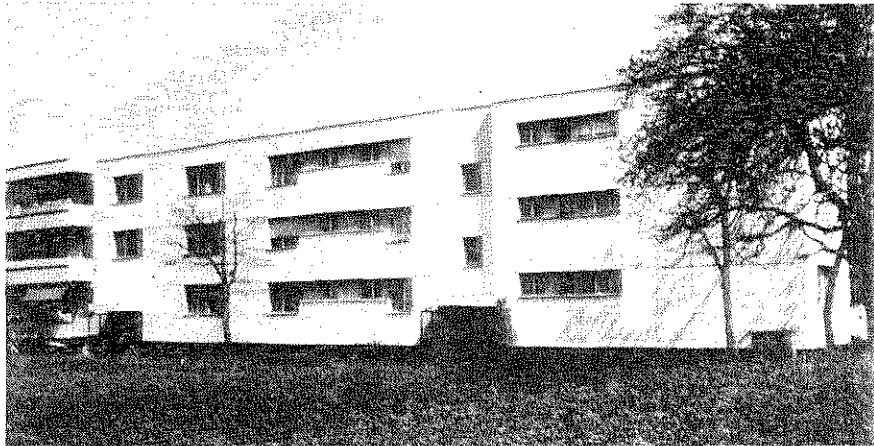
Budget énergie initial:	53950 [Fr/an]	Investissement:	586500 [Fr]
Budget énergie par m ² :	11.33 [Fr/m ² .an]	Investissement:	123.21 [Fr/m ²]
Annuité :	41614 [Fr/an]	Intensité :	0.77

Etude de rentabilité	sans	/	avec	renchérissement de l'énergie
Economie annuelle actualisée	18720	/	48885	[Fr/an]
Prix équivalent de l'énergie	1.44	/	0.55	[Fr/kg de mazout]
Durée de remboursement	-0.0	/	22.2	[an]
Taux de rendement interne	-1.7	/	6.2	[%/an]
Rentabilité	0.45	/	1.17	
Gain annuel moyen par m ²	-4.81	/	1.53	[Fr/m ² .an]

fiche d'amélioration thermique cas N° 3

1. Description du bâtiment

Type de bâtiment : locatif Surface chauffée brute: 2600 [m²]
 Type de construction : Massive ___ Légère ___ Année de construction: 1964
 Nombre d'étages : 3 Nombre d'appartements: 33
 Ville : Stein Canton: AG Altitude: 803 [m]



2. Description de l'amélioration thermique

Etat du bâtiment avant l'amélioration et justification des travaux
 Agents énergétiques - Chauffage: mazout Eau chaude: mazout

Description des travaux d'amélioration

Par paquet: X ou par étapes: ___ Etape No: ___ Année: 1981
 Agents énergétiques - Chauffage: mazout Eau chaude: mazout

- Isolation des façades, du plafond de la cave, du toit et des conduites d'eau chaude;
- Nouvelle chaudière combinée;
- Réduction des infiltrations par les fenêtres;
- Vannes thermostatiques.

La totalité de l'investissement est attribué à l'amélioration thermique.

Investissement (Matériel: Matériel et main d'oeuvre: X): 664'800 [Fr]

3. Données avant amélioration

Puissance installée :	0 [kW]	Puissance spécifique:	0.0 [W/m ²]
Consommations		Indices énergétiques	
mazout :	58199 [kg/an]	mazout :	938 [MJ/m ² .an]
électricité:	0 [kWh/an]	électricité :	0 [MJ/m ² .an]
gaz :	0 [m ³ /an]	gaz :	0 [MJ/m ² .an]
bois :	0 [st/an]	bois :	0 [MJ/m ² .an]
		Total:	938 [MJ/m ² .an]

4. Données après amélioration

Puissance installée :	0 [kW]	Puissance spécifique:	0.0 [W/m ²]
Consommations		Indices énergétiques	
mazout :	34200 [kg/an]	mazout :	551 [MJ/m ² .an]
électricité:	0 [kWh/an]	électricité :	0 [MJ/m ² .an]
gaz :	0 [m ³ /an]	gaz :	0 [MJ/m ² .an]
bois :	0 [st/an]	bois :	0 [MJ/m ² .an]
		Total:	551 [MJ/m ² .an]

5. Rentabilité énergétique

Agent énergétique	Economie d'énergie	Amélioration de l'indice énergétique	Amélioration relative
mazout :	24000 [kg/an]	387 [MJ/m ² .an]	41.2 [%]
électricité:	0 [kWh/an]	0 [MJ/m ² .an]	0.0 [%]
gaz :	0 [m ³ /an]	0 [MJ/m ² .an]	0.0 [%]
bois :	0 [st/an]	0 [MJ/m ² .an]	0.0 [%]
		Total: 387 [MJ/m ² .an]	41.2 [%]

6. Rentabilité économique

Prix des agents énergétiques	Paramètres économiques
mazout : 0.65 [Fr/kg]	Renchérissment de l'énergie: 8.0 [%/an]
électricité: 0.12 [Fr/kWh]	Durée de vie : 25.0 [an]
gaz : 0.50 [Fr/m ³]	Taux d'intérêt : 5.0 [%/an]
bois : 70.0 [Fr/st]	Taux d'annuité : 7.1 [%/an]

Budget énergie initial:	37830 [Fr/an]	Investissement:	664800 [Fr]
Budget énergie par m ² :	14.55 [Fr/m ² .an]	Investissement:	255.69 [Fr/m ²]
Annuité :	47169 [Fr/an]	Intensité :	1.25

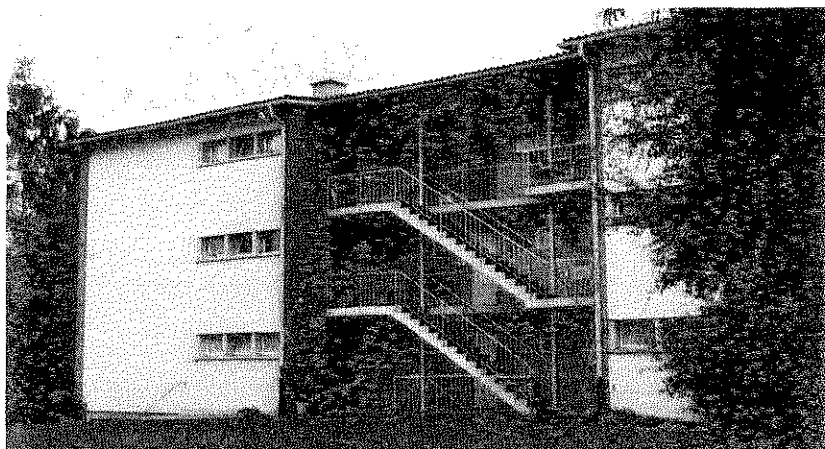
Etude de rentabilité	sans	/	avec	renchérissment de l'énergie
Economie annuelle actualisée	15600	/	40738	[Fr/an]
Prix équivalent de l'énergie	1.97	/	0.75	[Fr/kg de mazout]
Durée de remboursement	-0.0	/	27.7	[an]
Taux de rendement interne	-3.7	/	4.0	[%/an]
Rentabilité	0.33	/	0.86	
Gain annuel moyen par m ²	-12.14	/	-2.47	[Fr/m ² .an]

fiche d'amélioration thermique

cas N° 107

1. Description du bâtiment

Type de bâtiment : locatif (2 bâtiments) Surface chauffée brute: 1175 [m²]
 Type de construction : Massive X Légère Année de construction: 1963
 Nombre d'étages : 2 - 3 Nombre d'appartements: 15
 Ville : Bottmingen Canton: BL Altitude: 300 [m]



2. Description de l'amélioration thermique

Etat du bâtiment avant l'amélioration et justification des travaux

Agents énergétiques - Chauffage: mazout Eau chaude: mazout

Description des travaux d'amélioration

Par paquet: X ou par étapes: Etape No: Année: 1982

Agents énergétiques - Chauffage: mazout Eau chaude: mazout

- Isolation du plafond de la cave (5 cm) et du plancher des combles (10 cm);
- Isolation des niches de radiateurs;
- Pose de vannes thermostatiques

Investissement (Matériel: Matériel et main d'oeuvre: X): 42'600.- [Fr].

3. Données avant amélioration

Puissance installée :	169 [kW]	Puissance spécifique:	143.5 [W/m ²]
Consommations		Indices énergétiques	
mazout :	28781 [kg/an]	mazout :	1026 [MJ/m ² .an]
électricité:	0 [kWh/an]	électricité :	0 [MJ/m ² .an]
gaz :	0 [m ³ /an]	gaz :	0 [MJ/m ² .an]
bois :	0 [st/an]	bois :	0 [MJ/m ² .an]
		Total:	1026 [MJ/m ² .an]

4. Données après amélioration

Puissance installée :	169 [kW]	Puissance spécifique:	143.5 [W/m ²]
Consommations		Indices énergétiques	
mazout :	19320 [kg/an]	mazout :	689 [MJ/m ² .an]
électricité:	0 [kWh/an]	électricité :	0 [MJ/m ² .an]
gaz :	0 [m ³ /an]	gaz :	0 [MJ/m ² .an]
bois :	0 [st/an]	bois :	0 [MJ/m ² .an]
		Total:	689 [MJ/m ² .an]

5. Rentabilité énergétique

Agent énergétique	Economie d'énergie	Amélioration de l'indice énergétique	Amélioration relative
mazout :	9461 [kg/an]	337 [MJ/m ² .an]	32.9 [%]
électricité:	0 [kWh/an]	0 [MJ/m ² .an]	0.0 [%]
gaz :	0 [m ³ /an]	0 [MJ/m ² .an]	0.0 [%]
bois :	0 [st/an]	0 [MJ/m ² .an]	0.0 [%]
		Total: 337 [MJ/m ² .an]	32.9 [%]

6. Rentabilité économique

Prix des agents énergétiques	Paramètres économiques
mazout :	0.65 [Fr/kg] Renchérissement de l'énergie: 8.0 [%/an]
électricité:	0.12 [Fr/kWh] Durée de vie : 25.0 [an]
gaz :	0.50 [Fr/m ³] Taux d'intérêt : 5.0 [%/an]
bois :	70.0 [Fr/st] Taux d'annuité : 7.1 [%/an]

Budget énergie initial:	18708 [Fr/an]	Investissement:	42600 [Fr]
Budget énergie par m ² :	15.92 [Fr/m ² .an]	Investissement:	36.26 [Fr/m ²]
Annuité :	3023 [Fr/an]	Intensité :	0.16

Etude de rentabilité	sans	/	avec	renchérissement de l'énergie
Economie annuelle actualisée	6150	/	16059	[Fr/an]
Prix équivalent de l'énergie	0.32	/	0.12	[Fr/kg de mazout]
Durée de remboursement	8.7	/	6.2	[an]
Taux de rendement interne	13.9	/	23.0	[%/an]
Rentabilité	2.03	/	5.31	
Gain annuel moyen par m ²	2.66	/	11.10	[Fr/m ² .an]

