

PARAMETRISATION ELEMENTAIRE DES AMELIORATION ENERGETIQUES  
REALISEES EN SUISSE ENTRE 1975 ET 1985

A.Gsponer et P. Haefeli, CUEPE, Université de Genève, 1211 Genève 24

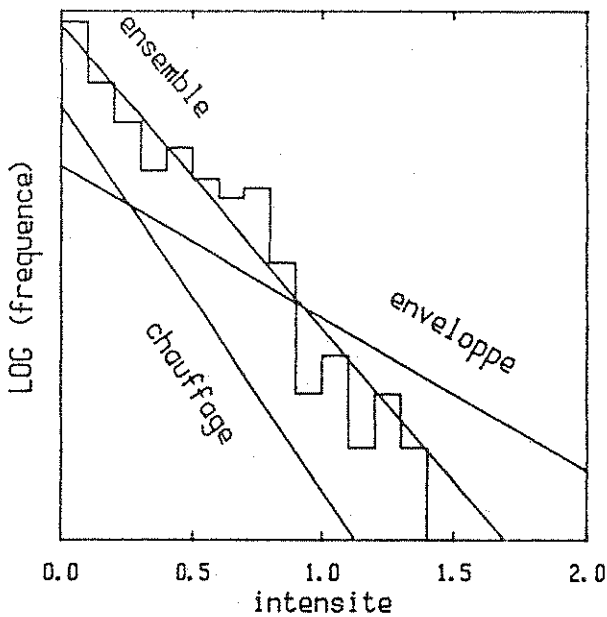
Depuis 1981 le CUEPE s'efforce de récolter et d'analyser un maximum de cas d'amélioration thermiques de bâtiments pour lesquels les consommations énergétiques avant/après ainsi que les coûts des travaux sont connus avec suffisamment de précision. Dans cette communication brève, nous présentons une analyse simplifiée de l'amélioration de 459 bâtiments (113 villas, 301 locatifs et 45 immeubles non-résidentiels). La surface chauffée totale correspondante est de 410'700 m<sup>2</sup>. L'investissement total de 15'800'000 Fr est réparti entre 233 améliorations des installations techniques (37 Fr/m<sup>2</sup> en moyenne pour 25±15 % d'économie) et 226 rénovations de l'enveloppe (99 Fr/m<sup>2</sup> pour 28±16 % d'économie d'énergie).

1. ECONOMIE D'ENERGIE ET INTENSITE D'INVESTISSEMENT

L'économie d'énergie obtenue par l'assainissement d'un bâtiment donné est normalement une fonction croissante de la somme d'argent investie. La forme analytique de cette fonction n'est pas connue en général. Toutefois, sa caractéristique principale étant de procurer un rendement (énergétique et économique) décroissant en fonction de l'investissement, il est naturel de postuler une forme exponentielle [1]:

$$E = E_0 \exp(-A - B J) \quad (1)$$

$E_0$  est la consommation d'énergie initiale,  $E$  la consommation après amélioration et  $J$  l'intensité d'investissement [Fr/m<sup>2</sup>, Fr/MJ, ...]. Dans cette analyse nous avons pris comme mesure de l'intensité la variable non-dimensionnelle obtenue en divisant l'annuité par le total des dépenses annuelles pour l'énergie avant l'amélioration. L'histogramme ci-joint montre que la distribution de fréquence de cette intensité a une allure exponentielle, que ce soit pour les améliorations du chauffage ou de l'enveloppe, ce qui permet une paramétrisation simple:



$$dN = C \exp(-C J) dJ \quad (2)$$

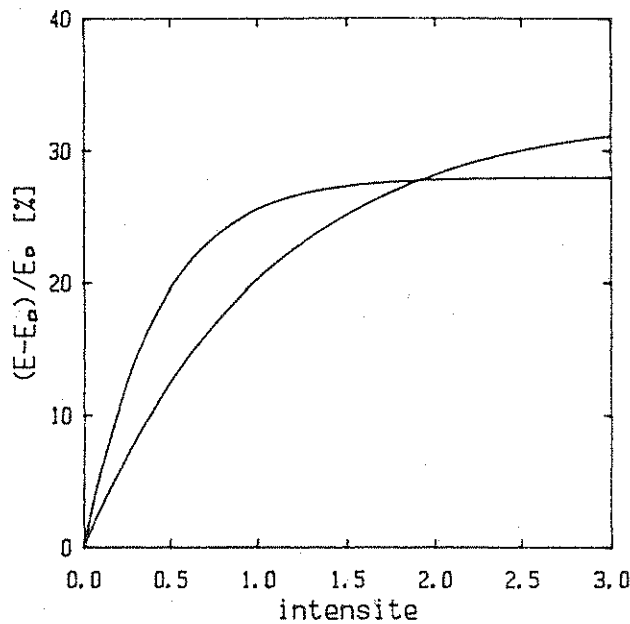
2. ANALYSE DE REGRESSION

Le tableau ci-dessous donne les paramètres  $A$ ,  $B$  et  $C$  pour les améliorations des installations techniques, pour celles de l'enveloppe (qui comprennent en général une rénovation au-moins partielle du chauffage), ainsi que pour l'ensemble de ces deux catégories.

	A	B	corr(1)	C	corr(2)
enveloppe	.315±.04	.097±.04	0.22	1.14±0.32	0.79
chauffage	.248±.03	.243±.08	0.32	2.90±0.78	0.85
ensemble	.284±.02	.138±.03	0.28	2.28±0.23	0.95

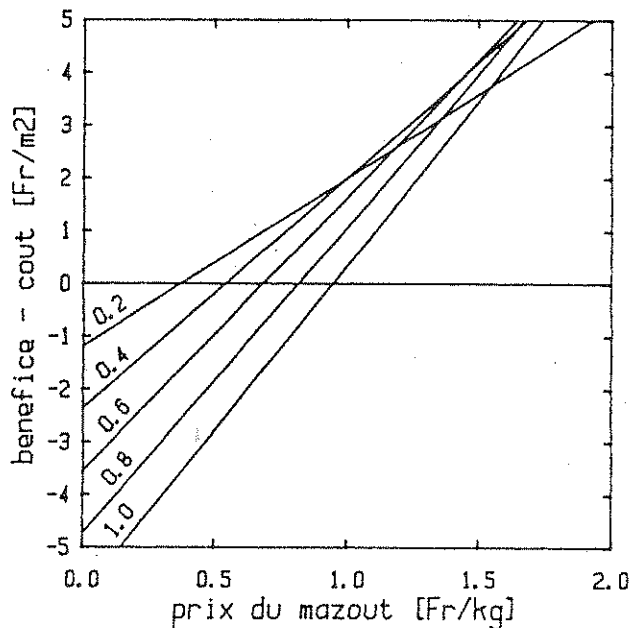
En examinant ces résultats, on voit que le paramètre A a une valeur finie et du même ordre que l'économie d'énergie relative. Ceci peut s'expliquer par le fait que pour un grand nombre de rénovations, des économies non-négligeables sont obtenues avec des investissements relativement faibles, ce qui explique aussi partiellement la mauvaise corrélation pour la fonction (1). La même raison explique aussi en partie la bonne corrélation trouvée pour une distribution exponentielle de l'intensité d'investissement. Cette situation devrait changer avec les rénovations futures. Celles-ci devraient comprendre un nombre croissant de rénovations lourdes, auquel cas le paramètre A de la fonction (1) devrait progressivement tendre vers zéro, et l'exponentielle (2) être probablement remplacée par une gaussienne.

### 3. ECONOMIE D'ENERGIE EN FONCTION DE L'INTENSITE D'INVESTISSEMENT



Une première application de la paramétrisation est le calcul de l'économie d'énergie relative moyenne en fonction de l'intensité, c'est-à-dire pour l'ensemble des travaux dont l'intensité d'investissement ne dépasse pas une valeur donnée. La figure montre que les courbes pour le chauffage ou les enveloppes tendent vers une valeur limite de 28 ou 33 %. Par définition de l'intensité,  $J=1$  correspond à la limite de rentabilité (pour un prix de l'énergie de référence que nous avons pris égal à 0.65 Fr le kg de mazout). A ce niveau d'investissement les économies ne seraient que de 20 ou 25 %, alors que pour  $J=2$  (seuil de rentabilité à 1.30 Fr/kg) les économies seraient de 28 % dans les deux cas.

### 4. ANALYSE COUT-BENEFICE



Pour une analyse coût-bénéfice on peut calculer, en fonction du prix du mazout, la différence entre l'énergie économisée (exprimée en Fr/m<sup>2</sup>) et l'annuité (pour un taux d'intérêt de 5 %). Sur la figure, les différentes droites correspondent à des intensités maximales croissantes. On constate que le seuil de rentabilité (l'intersection avec l'axe horizontal) croît avec l'intensité, de même que la pente des droites. Ainsi, si les investissements de petite intensité sont déjà rentables pour des prix de l'énergie modérés, les bénéfices potentiels sont plus grands pour les investissements importants, et ceci d'autant plus que le prix de l'énergie est élevé.

[1] A. Rabi: Optimizing investment levels in energy conservation, Energy Economics, (October 1985) 259-264.