

Publications RAVEL

RAVEL, une
économie d'argent

**guide pratique
pour les calculs
de rentabilité**



André Müller
Felix Walter

RAVEL - Publications RAVEL

Office fédéral des questions conjoncturelles

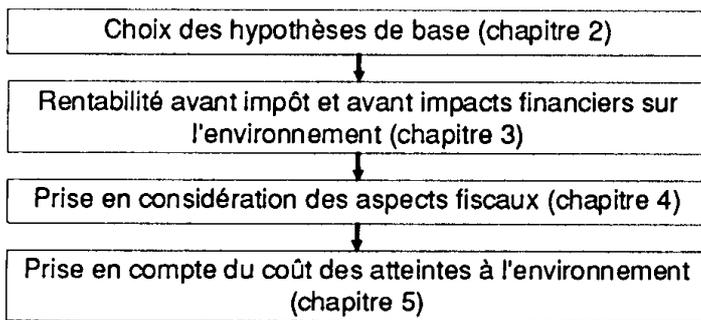
Table des matières

1. Introduction	1
2. Bases de calcul de rentabilité	2
a) Taux d'intérêt appliqué	3
b) Durée d'utilisation	4
c) Frais d'exploitation	4
d) Augmentation des frais d'exploitation	4
e) Prix de l'énergie	4
f) Augmentation du prix de l'énergie	5
g) Annuités et facteurs moyens	6
3. Rentabilité de différents systèmes énergétiques	7
a) Comparaison de différents systèmes énergétiques (avec durée d'utilisation égale)	7
b) Comparaison de mesures d'économies d'énergie	9
4. Prise en considération des aspects fiscaux	12
a) Usage propre	12
b) Location	14
c) Entreprises (personnes morales)	14
5. Prise en compte des coûts sur l'environnement	15
6. Questions particulières	16
a) Subventions	16
b) Calcul du délai de remboursement	16
c) Problème des investissements de remplacement	16
d) Comparaison lors de durées d'utilisation différentes	17
e) Analyse de sensibilité	17
Sources	18
Tableau A: facteurs d'annuité	22
Tableau B: facteurs moyens	23
Tableau C: durée d'utilisation / frais d'exploitation	24

1. Introduction

RAVEL se propose de promouvoir l'utilisation rationnelle de l'énergie, particulièrement de l'électricité, grâce à l'amélioration des compétences professionnelles. Le pari de l'utilisation rationnelle de l'énergie ne pourra être gagné que s'il s'accompagne d'un meilleur fonctionnement des systèmes énergétiques, d'une diminution de la pollution et surtout d'une économie financière. Ce document a justement pour but de traiter de ce dernier point. La décision de choisir un système énergétique plutôt qu'un autre, respectivement de prendre une mesure d'économie d'énergie dépend de sa rentabilité. Une économie d'énergie, en particulier d'électricité est-elle rentable? Quelle est la solution technique la plus avantageuse? Ce sont les deux questions-clés que les investisseurs posent le plus souvent aux ingénieurs. Les professionnels de l'énergie trouveront les réponses tout au long de ce document.

Pour le calcul de rentabilité, le point de vue de l'investis-



seur est absolument déterminant, car c'est lui qui décidera si une mesure se réalisera ou non. Ce groupe de personnes désire essentiellement connaître les aspects économiques, c'est-à-dire les répercussions des investissements sur leur portemonnaie. L'impact sur l'environnement, consécutif au choix du système énergétique, devient également un facteur de décision de plus en plus prisé. Tant les pouvoirs publics que les privés peuvent encore tenir compte d'une considération d'économie politique élargie: le prix des atteintes à l'environnement (coûts externes) consécutives aux décisions prises.

Les hypothèses de travail, comme par exemple le taux d'intérêt, la durée d'utilisation et l'augmentation des prix, de même que les méthodes d'analyse choisies (statiques, dynamiques) influencent le résultat des calculs de rentabilité. Le chapitre 2 comporte des conseils pour les taux d'intérêts, les durées d'utilisation et les renchérissements à prendre en considération.

Le chapitre 3 esquisse un processus dynamique: le calcul des annuités qui est d'utilisation facile et évite la distorsion des résultats. Pour les privés, les impôts jouent un grand

rôle sur l'évaluation de la rentabilité. Aussi le chapitre 4 explique l'une des démar-

ches possibles pour prendre en compte les effets fiscaux. L'influence du prix des atteintes à l'environnement sur les calculs de rentabilité est traitée au chapitre 5.

Finalement (chapitre 6), différentes questions particulières sont discutées: subventions, délais de remboursement, investissements de substitution, comparaisons entre alternatives de durée d'utilisation différentes et analyses de sensibilité. Des exemples tirés des projets d'étude de RAVEL illustrent ce document.

Ce document ne traite que des problèmes les plus courants et les plus simples. Il essaie d'appréhender les problèmes de rentabilité de manière intuitive et renonce totalement à la présentation de formules. Les bases mathématiques et les démonstrations approfondies - particulièrement - la méthode de calcul de rentabilité, procédé pour les investissements par étapes successives, et fluctuation de la consommation d'énergie - sont étudiées dans "Methoden der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Energiesystemen" (RAVEL-Leitfaden, Elektrowatt AG, Zürich, 1991).

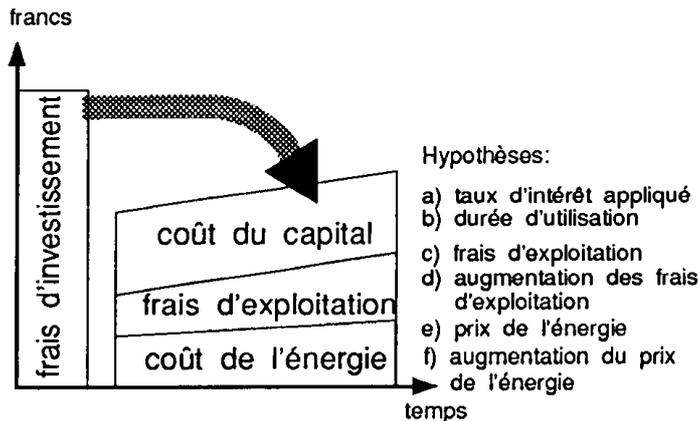
La méthode de calcul proposée ici est un calcul dynamique des annuités. Elle permet une comparaison annuelle des coûts, respectivement des produits. L'adoption d'un taux d'intérêt nominal (par exemple le taux hypothécaire) facilite la prise en compte des aspects fiscaux. Nous développons différents conseils au sujet des augmentations des frais d'exploitation et des augmentations du prix de l'énergie. Il est aussi possible de calculer avec les taux d'intérêts réels en lieu et place des taux nominaux. Dans la plupart des cas, les calculs selon ces deux méthodes donnent le même résultat. Certains problèmes ne peuvent être résolus qu'en se plaçant dans les conditions de la réalité. Ce guide résout la problématique des investissements de substitution (chapitre 6c), ainsi que la comparaison entre différentes alternatives avec diverses durées d'utilisation (chapitre 6d) à l'aide de méthodes de calcul avec taux réels.

2. Bases de calcul de rentabilité

Pour porter un jugement de rentabilité sur les mesures d'économie d'énergie ou lors de la comparaison de différents systèmes énergétiques, il faut comparer les investissements actuels avec les futures économies annuelles d'énergie et de frais d'exploitation.

Pour la comparaison entre les investissements et les coûts annuels, il faut convertir les frais d'investissement en annuités, c'est-à-dire en montants annuels égaux. Ces montants annuels doivent couvrir à la fois les intérêts et l'amortissement de l'investissement. La somme du coût de l'énergie et du capital ainsi que des frais d'exploitation donne alors les coûts annuels totaux du système énergétique choisi.

Par comparaison entre différents systèmes, il est alors possible de choisir les plus avantageux. Les mesures d'économie d'énergie sont rentables lorsque les coûts annuels du capital investi et des frais d'exploitation sont inférieurs aux économies d'énergie annuelles réalisées et exprimées en francs.



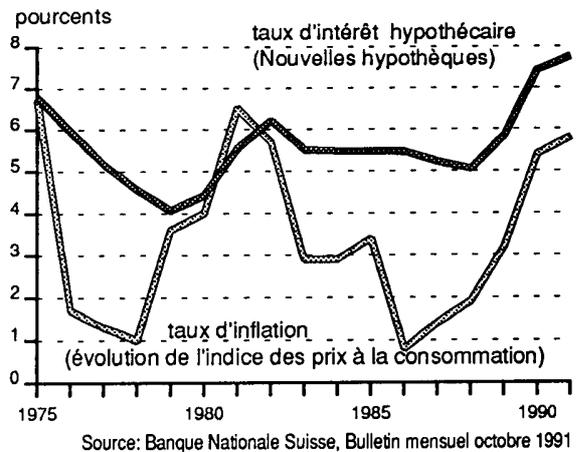
Différentes hypothèses doivent être émises pour évaluer le coût annuel du capital, des frais d'exploitation et de l'énergie. Il faut fixer le taux d'intérêt, la durée d'utilisation de l'installation, les frais d'exploitation, l'augmentation des frais d'exploitation, le prix de l'énergie et son augmentation.

Toutes ces hypothèses doivent être considérées comme des directives et peuvent être remplacées par vos propres valeurs. Le plus souvent, il y a encore d'autres contraintes fixées par le mandant.

a) Taux d'intérêt appliqué

Le calcul du coût annuel du capital s'opère à l'aide de facteurs d'annuité (voir le tableau A de l'annexe). Pour pouvoir fixer le facteur d'annuité décisif, il faut connaître le taux d'intérêt appliqué, ainsi que la durée d'utilisation de l'installation. Il faut prendre garde que le taux d'intérêt n'est pas le même pour les bâtiments d'habitation que pour les investissements industriels et commerciaux. Dans le secteur des bâtiments d'habitation, on peut généralement compter

sur un taux d'intérêt équivalent à celui des hypothèques de 1er rang (1991: 8% pour les nouvelles hypothèques [1]). Dans le domaine professionnel et industriel, il faut distinguer entre les mesures énergétiques appliquées aux bâtiments et celles concernant les procédés de fabrication. Lors de mesures énergétiques sur des bâtiments du secteur des services et de l'artisanat, partiellement également pour des bâtiments industriels, on peut aussi appliquer un taux basé sur le taux hypothécaire. Le taux des crédits commerciaux se situe généralement 1/4 % à 1/2 % au-dessus de celui appliqué pour les bâtiments d'habitation. Pour les mesures spécifiques aux processus de fabrication, le taux est fréquemment fixé par les entreprises elles-mêmes. Dans la pratique, la plupart des entreprises travaillent avec un taux d'intérêt résultant



d'un mélange entre le coût du capital propre et celui du capital emprunté. On utilise généralement un taux d'intérêt du capital propre plus élevé que celui des hypothèques, à cause du risque encouru. (1991: env. 8 1/2% + 1% à 2% ou encore davantage lors de projets à hauts risques [2]).

Taux d'intérêt hypothécaire et taux d'inflation

Le graphique ci-dessus montre que le taux hypothécaire et le taux d'inflation dépendent l'un de l'autre. Le taux d'inflation moyen des 15 dernières années se monte à 3,4%. La moyenne nominale du taux d'intérêt hypothécaire (hypothèque 1er rang) était de 5,7%. Le taux hypothécaire moyen réel se monte à: 5,7% - 3,4% = 2,3%. Il est relativement constant sur une longue période d'observation. Cela signifie, que le taux hypothécaire et le taux d'inflation ne peuvent pas être considérés séparément. Si le taux d'inflation baisse, le taux hypothécaire doit être ajusté. La différence entre l'un et l'autre ne devrait pas être plus petite que 2%, ni plus grande que 3%. Une considération à long terme doit tenir compte du

2. Bases de calcul de rentabilité

taux moyen d'inflation attendu. Un pronostic du taux d'inflation sur les 10 à 15 prochaines années n'est pas possible. La déduction d'une valeur réaliste ne peut se baser que sur le passé. Le taux moyen d'inflation attendu devrait ainsi se situer autour des 4%. Cependant, le choix du taux d'inflation ne joue en règle générale pas un grand rôle sur les calculs de rentabilité (lorsque le taux d'inflation se situe entre 2% et 6%). En revanche, il est important de tenir compte de son influence sur les coûts d'exploitation et sur l'augmentation du prix de l'énergie pour le calcul du taux d'intérêt. Exemple: une propriétaire de son logement prétend calculer un taux d'intérêt de 8% pour le calcul de rentabilité. Elle admet ainsi implicitement un taux d'inflation d'environ 6%. Les frais d'exploitation et les augmentations de prix de l'énergie doivent alors aussi se baser sur un taux d'inflation de 6% (voir tableau 2).

Si on prend les taux réels, on calcule avec un taux d'inflation de 0% et un taux d'intérêt de 2%. Cela conduit au même résultat que le calcul avec les taux nominaux. Pour les mandants qui ont peu de connaissances de ces calculs de rentabilité, il est cependant très difficile de comprendre, pourquoi on peut faire un calcul avec un taux d'intérêt de 2%, alors qu'ils doivent payer un taux beaucoup plus élevé sur leurs emprunts. Le calcul basé sur les taux nominaux a l'avantage de pouvoir tenir compte plus facilement des aspects fiscaux. Comme nous l'avons déjà dit, nous allons appliquer la manière de faire 'réelle' aux investissements de substitution et aux comparaisons entre alternatives avec durées d'utilisation différentes.

b) Durée d'utilisation

L'estimation de la durée d'utilisation peut en général se faire soit à l'aide du tableau C (voir annexe), soit suivant les indications du fabricant. Pour l'estimation de la durée d'utilisation d'une installation industrielle, il faut en principe se baser sur la durée d'utilisation de l'installation, qui est le plus souvent plus courte que la durée de vie théorique. La durée d'utilisation est aussi souvent donnée par le mandant, surtout s'il s'agit de grandes entreprises du secteur des services ou de l'industrie.

c) Frais d'exploitation

RAVEL

Les frais d'exploitation sont comptabilisés par année et comprennent les frais de personnels et de matières pour la maintenance (y compris le service, le nettoyage, et la surveillance). Il faut aussi tenir compte des coûts d'assurance et d'administration. Les frais de maintenance peuvent être calculés sur la base de contrats d'entretien ou des indications des fournisseurs. Lors d'une première estimation, on peut toutefois se servir des valeurs provenant d'expériences précédentes, au moyen desquelles on peut estimer les frais annuels d'entretien à partir des investissements (consulter le tableau C de l'annexe).

d) Augmentation des frais d'exploitation

Ces frais ne sont pas constants, mais dépendent du renchérissement général. L'augmentation des frais d'exploitation est d'au minimum 4% (= futur taux d'inflation attendu). Il faudra encore tenir compte d'une éventuelle augmentation de prix réelle, qui peut aller jusqu'à 2% [3]. La marge d'augmentation des frais d'exploitation annuels atteint ainsi 4%-6%, lorsque le taux d'inflation se situe autour de 4%.

e) Prix de l'énergie

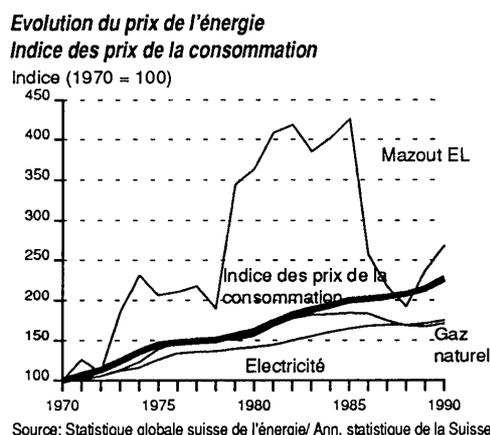
Les prix spécifiques de l'énergie pour le mazout varient dans le temps et dépendent des quantités achetées. Le prix du mazout et du bois peut encore varier localement. Le prix des énergies de réseau, comme l'électricité, le gaz et la chaleur à distance sont très différents d'un fournisseur à l'autre. De plus, ils peuvent bénéficier de tarifs spéciaux, si la livraison est interruptible. Les prix de l'énergie varient ainsi de cas en cas et doivent être vérifiés pour chaque calcul de rentabilité. Les exemples de cette brochure sont calculés au moyen des prix d'énergie [10] donnés par le tableau 1.

Prix moyens de l'énergie en 1991 (prendre garde à la remarque du point e) Tableau 1

Agent énergétique	Gros consommateurs (moyenne tension)		Petits consommateurs (basse tension)
	Taxe de puissance	Prix de l'énergie	(évent. taxe de base en plus)
Mazout EL		40 Fr./100kg	45 Fr./100kg
Electricité heures pleines (h.p.) hiver	100 Fr./kW en année	12 cts/kWh	20 cts/kWh
Electricité heures pleines (h.p.) été		9 cts/kWh	
Electricité heures creuses (h.c.) hiver		8 cts/kWh	10 cts/kWh
Electricité heures creuses (h.c.) été		6 cts/kWh	
Gaz naturel (y compris taxes de base et de puissance)			3.5 cts/kWh
Chauffage à distance (y compris taxes de base et de puissance)		5.0 cts/kWh	7.0 cts/kWh
Bois décheté: bois de feuillus (jusqu'à 45% d'humidité) env. Fr. 40.-/m ³			
Bois en stères: hêtres env. Fr. 60.-/stère			

f) Augmentation du prix de l'énergie

Lorsque l'on connaît le prix de l'énergie et la consommation, on peut déduire son coût annuel actuel. Mais, ces coûts vont augmenter à cause de l'augmentation du prix de l'énergie. Le graphique ci-dessous donne un aperçu de l'augmentation des prix des différentes catégories d'énergie en relation avec l'évolution de l'indice des prix à la consommation de 1970 à 1990.



Le graphique montre qu'un pronostic de l'évolution future du prix de l'énergie est entaché de la plus grande incertitude. Quelques tendances se dessinent toutefois: les prix de l'énergie sont actuellement à un très bas niveau. Il est difficilement concevable qu'ils puissent encore baisser à l'avenir. L'augmentation minimale devrait correspondre au taux d'inflation. Dans la règle, il faudrait cependant compter avec une augmentation réelle, à cause d'une part des réserves limitées en énergies fossiles telles que le gaz et le mazout, et d'autre part de l'augmentation des dépenses pour la production d'électricité (prescriptions de sécurité, élimination des déchets, débits

2. Bases de calcul de rentabilité

d'eau minimaux). De plus, un impôt sur l'énergie ou une taxe sur le CO₂ devrait renchérir le prix à la consommation et rendre ainsi les investissements pour les économies d'énergie plus rentables.

Le tableau 2 peut servir de point de repère lors de la détermination des hypothèses de base utilisées pour le calcul de rentabilité. Vu l'insécurité de l'évolution du prix de l'énergie à long terme, une marge est donnée. Le mieux est de procéder aux calculs en prenant une valeur moyenne, puis de faire varier certaines valeurs, comme par exemple le prix du mazout (pour les analyses de sensibilité: se reporter au chapitre 6). De cette manière, on peut repérer si le critère de rentabilité se modifie, et quelles sont les valeurs critiques. Dans certains cas exceptionnels, on peut admettre d'autres valeurs. Par exemple, pour l'évaluation d'un chauffage électrique, si le tarif des heures creuses en hiver est déjà de 15 cts/kWh, il ne faudrait pas compter une augmentation réelle du prix de l'électricité de 3,5% (variante médiane), mais seulement de 1,5%. De même, pour le cas particulier des gros consommateurs, il faut anticiper l'évolution du niveau et de la structure des tarifs. Les considérations habituellement valables ne sont pas applicables à ces cas-là.

Les augmentations de prix contiennent uniquement les taxes actuelles. Si des taxes de 10-20% sur les énergies fossiles devaient être introduites, et que la date d'introduction ne soit pas encore connue, il est possible d'en tenir compte en élevant la valeur de l'augmentation du prix de l'énergie pour le gaz ou le mazout de 0,5%. Si la date d'introduction de la taxe devait être proche, on pourrait tout de suite augmenter le prix de l'énergie du montant de la taxe.

Résumé des données de base

Tableau 2

Taux d'intérêt appliqué	secteur du bâtiment:	taux d'inflation + 2.0 % à + 3.0 %	
	secteur des services, industrie et artisanat:	taux d'inflation + 2.5 % à + 3.5 %	
	procédés de production (ajouter + 1% à + 2%):	taux d'inflation + 3.5 % à + 5.5 %	
Durée d'utilisation	d'après l'expérience, Tableau C de l'annexe		
	Valeur donnée par le fabricant		
	Durée du procédé de fabrication		
	Valeur donnée par le mandant		
Frais d'exploitation	d'après l'expérience, Tableau C de l'annexe		
	donnée par le fabricant / service d'entretien		
	minimum	moyenne	maximum
Augmentation annuelle des frais d'exploitation		+ 1 %	+ 2 %
Augmentation annuelle des coûts de l'énergie	taux d'inflation	taux d'inflation	taux d'inflation
Electricité: niveau moyen du tarif [4]	taux d'inflation	taux d'inflation + 1.0 %	taux d'inflation + 2.0 %
Electricité: tarif heures creuses hiver (chauffage électrique) [4]	taux d'inflation + 2.0 %	taux d'inflation + 3.5 %	taux d'inflation + 5.0 %
Mazout EL [5]	taux d'inflation	taux d'inflation + 2.0 %	taux d'inflation + 4.0 %
Gaz naturel [6]	taux d'inflation	taux d'inflation + 1.5 %	taux d'inflation + 3.0 %
Chauffage à distance [7]	taux d'inflation	taux d'inflation + 1.0 %	taux d'inflation + 2.0 %
Bois [8]	taux d'inflation	taux d'inflation	taux d'inflation

Données de base pour un taux d'inflation attendu de 4%

Tableau 3

	minimum	moyenne	maximum
Augmentation annuelle des frais d'exploitation	4 %	5 %	6 %
Augmentation annuelle du coût de l'énergie			
Electricité: niveau moyen du tarif	4 %	5 %	6 %
Electricité: tarif heures creuses hiver (chauffage électrique)	6 %	7.5 %	9 %
Mazout EL	4 %	6 %	8 %
Gaz naturel	4 %	5.5 %	7 %
Chauffage à distance	4 %	5 %	6 %
Bois	4 %	4 %	4 %

Les exemples de cette brochure sont basés sur un taux d'inflation anticipé de 4%. Le tableau 3 résume les principales hypothèses sur l'évolution future des prix.

g) Annuités et facteurs moyens

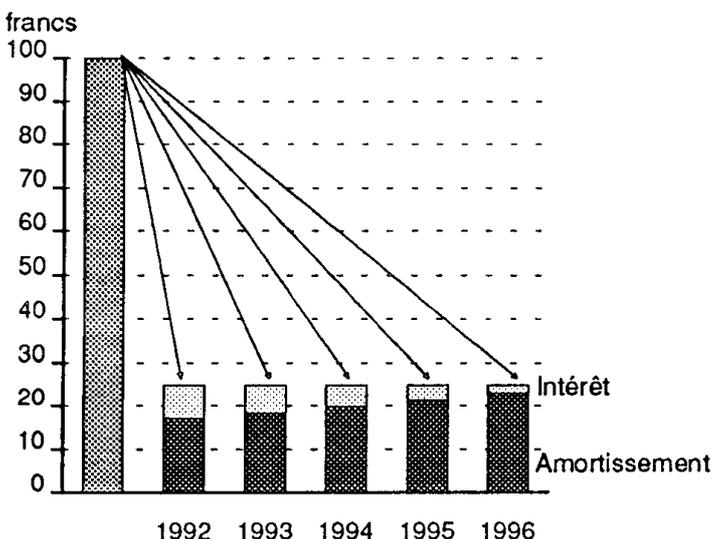
Les calculs de rentabilité suivants sont basés sur la comparaison entre les coûts annuels, respectivement les produits.

Le premier problème à résoudre est la transformation du coût unique de l'investissement en montants annuels constants (annuités). Ces montants représentent le coût annuel des frais de capital et doivent couvrir les frais pour le paiement des intérêts ainsi que les frais d'amortissement de l'investissement. La figure suivante montre comment on peut se représenter cela graphiquement.

Exemple: montant du taux d'intérêt de 8%, durée de vie de 5 ans. A l'aide des facteurs d'annuité (voir tableau A de l'annexe), il est relativement facile d'estimer les coûts annuels du capital. Un investissement de Fr. 100.- engendre un coût annuel du capital de Fr. 100.- * 0.25 (facteur d'annuité) = Fr. 25.-.

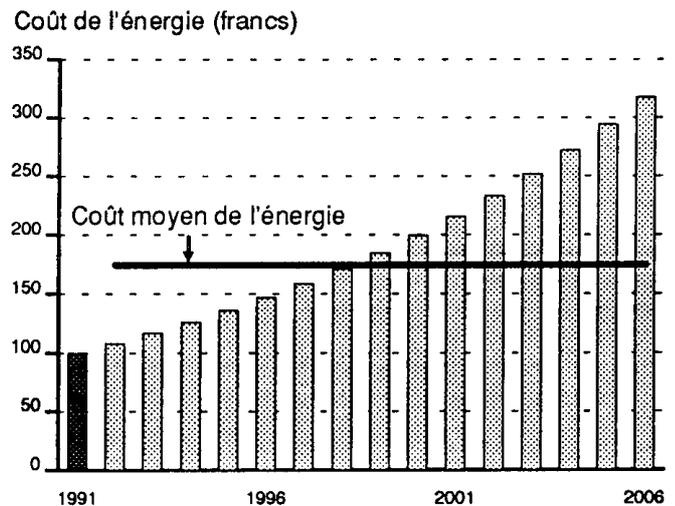
Le 2e problème consiste à établir une valeur de comparaison pour les coûts de l'énergie et les frais

Annuités



d'exploitation qui sont en constante augmentation. Il est facile à comprendre qu'il faut estimer une sorte de valeur moyenne. Cela se fait à l'aide d'un facteur moyen. Le problème est illustré par le graphique suivant:

Facteur moyen



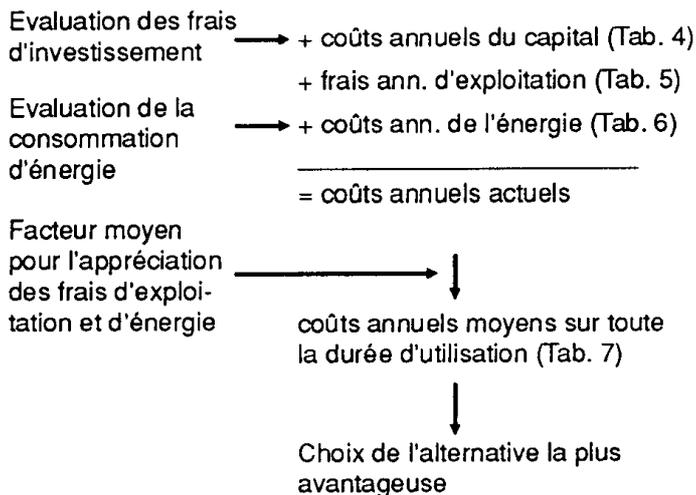
Le calcul du coût annuel moyen de l'énergie peut se faire à l'aide des facteurs moyens (voir tableau B de l'annexe). Exemple: soient un taux d'intérêt interne et une augmentation du prix de l'énergie de 8%, une durée d'utilisation de 15 ans. Pour un coût actuel de l'énergie de Fr. 100.-, on peut calculer le coût moyen de l'énergie sur une durée totale de 15 ans en multipliant le coût actuel annuel de l'énergie par le facteur moyen; cela donne: coût annuel moyen de l'énergie = Fr. 100 * 1.752 (= facteur moyen) = Fr. 175.20.

3. Rentabilité de différents systèmes énergétiques

On jugera de la rentabilité sur la base des coûts annuels. Dans l'industrie, on choisira l'installation qui engendre les coûts annuels les plus bas. Lors de nouvelles constructions ou de rénovation totale, il y a le plus souvent plusieurs systèmes énergétiques à choix. Le paragraphe suivant doit montrer comment comparer ces différents systèmes du point de vue de la rentabilité. On va admettre une durée d'utilisation identique pour les différentes alternatives. Le cas de durée d'utilisation différentes sera étudié plus en détail au chapitre 6d. Le paragraphe suivant montre rapidement comment juger de la rentabilité des mesures d'économie d'énergie.

a) Comparaison de différents systèmes énergétiques (avec durée d'utilisation égale)

On peut décomposer les frais en frais d'amortissement et paiement des intérêts (coûts annuels du capital), frais pour la surveillance et l'entretien (frais d'exploitation) ainsi que coûts de l'énergie. On peut procéder de la manière suivante:



On calcule en premier lieu les coûts annuels du capital, qui sont déduits des frais d'investissement.

Les investissements constituent une dépense unique au début de la période d'étude et peuvent être évalués avec assez de précision. Les investissements qui interviennent en -même temps qu'un investissement énergétique, mais qui poursuivent un autre but (par exemple amélioration du confort), n'interviennent pas dans le calcul de rentabilité. Il faut remarquer que la séparation entre les investissements pour les économies d'énergie et ceux pour l'entretien ou l'amélioration du confort n'est pas toujours facile à faire dans la pratique. Nous entrerons dans les détails lors des exemples. Il est important de ne pas renchériser des investissements énergétiques par des investissements poursuivant d'autres buts. Mais il faut aussi noter toutes les dépenses y relatives:

- * dépenses directes pour les appareils, machines, conduites, montage, terrain, techniques de mesure et de régulation, isolation, bâtiments spécialement construits pour l'installation de chauffage ou pour le stockage.
- * frais indirects pour la planification, le conseil, la surveillance des travaux, les installations de chantier, le démontage des anciennes installations
- * frais de mise en service et de formation du personnel
- * frais pour perte de production
- * éventuellement taxes uniques de raccordement (pour les énergies de réseau), taxes d'abonnement

Dans ce contexte, il se pose souvent la question de l'intégration de la valeur résiduelle d'une installation existante dans les calculs de rentabilité. Il faut retenir, qu'en principe, pour les calculs de rentabilité, les dépenses futures doivent être minimisées et qu'il n'est plus possible de tenir compte rétroactivement d'investissements antérieurs. Quant à la valeur résiduelle, il faut distinguer entre la valeur comptable et la valeur commerciale (le prix que l'on pourrait récupérer par la vente d'une ancienne installation). Pour les calculs de rentabilité, c'est la valeur commerciale qui est importante. Il faut distinguer deux cas:

l'ancienne installation (ou une partie) est revendue: dans ce cas, il faut déduire le prix de vente du prix des nouveaux investissements.

l'ancienne installation (ou une partie) peut continuer à être utilisée: dans ce cas, il faut rajouter la valeur marchande de cette installation à la valeur des nouveaux investissements.

La valeur comptable résiduelle n'influence le calcul de rentabilité qu'au niveau des implications fiscales. Celles-ci sont cependant presque toujours négligeables et ne doivent pas nécessairement être prises en compte.

On convertit les coûts d'investissement en montants annuels égaux (annuités) au moyen des facteurs d'annuité. Le facteur d'annuité dépend du taux d'intérêt interne et de la durée d'utilisation de l'investissement. Il peut être estimé à l'aide du tableau des annuités (voir tableau A de l'annexe). A l'aide du tableau 4, on peut établir les coûts annuels du capital.

Les coûts annuels d'exploitation (voir chapitre 2c) sont donnés au tableau 5.

Les coûts annuels de l'énergie peuvent être déduits de la consommation estimée et des prix d'achats donnés dans le tableau 6. Pour les énergies de réseau (électricité, gaz et chaleur à distance) il faut encore tenir compte des taxes de bases annuelles.

3. Rentabilité de différents systèmes énergétiques RAVEL

Exemple: Pompe à chaleur Air-eau:

- Invest. PAC 1. 18'000.- PAC
- 2. 5'000.- Raccordement, montage
- 3. 2'300.- divers (10% de l. dt)
- 25'300.-
- Invest. pour une nouvelle conduite: 2'000.-

Données

- Taux d'intérêt appliqué: 6%
- Augmentation des frais d'exploitation: 5%
- Augmentation du prix de l'électricité: h.p.: 5%, h.c.: 7,5%

Coûts annuels du capital Tableau 4

Installation	Frais d'investissement	Durée d'utilisation	Facteur d'annuité	Coûts annuels du capital
Pompe à chaleur	25'300	15 ans	0,103	2'606
Nouvelle conduite	2'000	15 ans	0,078	156
Total	27'300			2'762

Frais annuels d'exploitation Tableau 5

Installation	Valeur de l'installation	Frais annuels de surveillance et d'entretien en % de la valeur de l'installation	Frais annuels d'exploitation
Abonnement pour le service d'entretien: Fr. 450.- pour l'ans			225
Total			225

Coûts annuels d'énergie Tableau 6

Agent énergétique	Taxe annuelle de base (base et puissance)	Consommation	Coûts spécifique	Coûts annuels d'énergie
Electricité h.p.	160.- Fr./an	4375 kWh/an	20 cts/kWh	160 + 875 = 1035
Electricité h.c.		4375 kWh/an	10 cts/kWh	438
Mazout		kg	Fr./100kg	
Gaz naturel		kWh	cts/kWh	
Total				1473

Total des coûts moyens annuels Tableau 7

	Facteur moyen durée moyenne d'utilisation: 15,73	Coûts annuels	Coûts moyens / an sur la durée d'utilisation
Coûts du capital	xx	2762	2762
Frais d'exploitation	1,454	225	327
Electricité h.p.	1,454	1035	1505
Electricité h.c.	1,773	438	777
Mazout			
Gaz naturel			
Total			5371

Le bilan pour toute la durée d'utilisation d'une alternative peut se déterminer à l'aide du tableau 7: les coûts annuels du capital comprennent les frais nominaux pour l'amortissement et l'intérêt; ils sont constants tout au long de la durée d'utilisation. Les coûts annuels du capital ne se modifient plus au cours de la durée d'utilisation. En revanche, les frais d'exploitation annuels et d'énergie augmentent régulièrement, car les frais de salaires et de matières, ainsi que le prix de l'énergie augmentent continuellement. On peut tenir compte relativement facilement de ces augmentations de prix à l'aide des facteurs moyens (tableau B de l'annexe). Pour les installations mixtes (c'est-à-dire des parties ayant différentes durées d'utilisation), l'estimation du facteur moyen se fera à l'aide de durée d'utilisation pondé-

Lors d'une comparaison entre plusieurs alternatives, on choisit celle qui a les coûts annuels moyens les plus bas. Les différentes alternatives doivent cependant présenter environ la même durée d'utilisation, afin que la comparaison soit possible. Au paragraphe 6d, on expose

comment on peut comparer des alternatives de durées d'utilisation différentes.

rée. Exemple: la partie A de l'installation coûte Fr. 100.- et a une durée de vie de 15 ans. La partie B coûte Fr. 200.- et a une durée de vie de 20 ans. La durée d'utilisation pondérée, qui compte pour l'estimation du facteur moyen peut être calculée de la manière suivante:

$$(15 \cdot 100 + 20 \cdot 200) / (100 + 200) = 18,3 \text{ années.}$$

Exemple: Récupération de chaleur (RC)

Investissement RC : 1. 110'000.- Installation de récupération
 2. 15'000.- Montage, démontage
 3. 12'500.- Divers (10% de 1. et 2.)
137'500.-

Nouvelle conduite à distance pour les bâtiments A et B : 35'000.-

Coûts annuels du capital

Tableau 8

Installation	Dépenses d'investissement pour les économies d'énergie	Durée d'utilisation	Facteur d'annuité	Coûts annuels du capital
Récupération RC	137'500	15 ans	0,103	- 14'163
Conduite à distance	35'000	30 ans	0,073	- 2'555
Total	172'500			- 16'718

Frais annuels d'exploitation supplémentaires

Tableau 9

Installation	Valeur de l'installation	Coûts annuels de surveillance et d'entretien en % de la valeur de l'installation	Frais annuels d'exploitation
RC	110'000	3%	- 3'300
Conduite à distance	35'000	2%	- 700
Total			- 4'000

Economies d'énergie annuelles

Tableau 10

Agent énergétique	Taxe de base annuelle (base, puissance)	Economie	Coûts spécifiques	Montant de l'économie d'énergie annuelle
Electricité h.p.	Taxe de base de demande	85'000 kWh/an	11 cts/kWh	+ 9'350
Electricité h.c.	inchangée	50'000 kWh/an	8 cts/kWh	+ 4'000
Mazout		12'500 kg	40 Fr./100kg	+ 5'000
Gaz naturel		kWh	ct/skWh	
Total				+ 18'350

Total des coûts/produits moyens annuels

Tableau 11

	Facteur moyen durée moyenne d'utilisation: 18,04	Coûts annuels	Coûts/produits annuels moyens sur la durée d'utilisation
Coûts du capital	xx	- 16'718	- 16'718
Frais d'exploitation	4,522	- 4'000	- 6'088
Electricité h.p.	4,522	+ 9'350	+ 14'231
Electricité h.c.	4,522	+ 4'000	+ 6'088
Mazout	4,664	+ 5'000	+ 8'320
Gaz naturel			
Total			+ 5'833

} 28'639

Remarques:

Calcul de la durée moyenne d'utilisation : $\frac{137'500 \cdot 15 + 35'000 \cdot 30}{137'500 + 35'000} = 18,04 \text{ ans}$

Résultat : L'installation d'une récupération de chaleur est rentable ; elle apporte une économie annuelle moyenne de Fr. 5'833.-

4. Prise en considération des aspects fiscaux

Les résultats des calculs de rentabilité sont considérablement modifiés par les aspects fiscaux. Cependant, l'influence fiscale est multiple, dépend de beaucoup de facteurs et varie de canton à canton. En principe, il faut distinguer entre les privés et les entreprises. Par "privés", on entend toutes les personnes qui paient leur impôt après taxation pour personne physique. Les investissements pour les mesures d'économie d'énergie influencent directement les impôts sur le revenu et sur la fortune des propriétaires, qu'ils occupent leur logement eux-mêmes ou qu'ils le louent. Pour les locataires, cela n'a aucun effet sur la taxation du revenu; en revanche, ils profitent de la baisse des coûts de l'énergie, mais doivent généralement payer en conséquence des loyers plus élevés.

Par "entreprises", nous entendons toutes les corporations qui sont taxées sur la base d'une déclaration d'impôt pour personnes morales. Ce sont les sociétés par actions, les sociétés à responsabilité limitée (les clubs et fondations sont souvent taxés sur la base de déclaration d'impôt pour les personnes physiques). Les personnes morales doivent s'acquitter d'un impôt sur le revenu et sur le capital. L'impôt sur le capital n'est quasiment pas influencé. Les impôts sur les bénéficiaires ne doivent être considérés que dans les cas où les calculs de rentabilité ne donnent aucun résultat déterminant, vu que leur influence est en général peu importante.

Il faut d'abord évaluer de combien les investissements énergétiques vont modifier le revenu et la fortune imposables. L'effet de l'augmentation ou de la diminution de ce revenu ou de cette fortune imposable sur la somme effective d'impôt à payer va dépendre du taux d'impôt marginal. Ce taux d'impôt marginal exprime: combien de pourcents du revenu supplémentaire, respectivement de la fortune sont à payer en impôt. Un taux d'impôt de 30% par ex. signifie que l'on aura une diminution d'impôt de Fr. 300.- pour une déduction du revenu de Fr. 1000.-. On peut calculer le taux d'impôt marginal pour les personnes physiques à l'aide du tableau 12.

Le taux d'impôt marginal pour la fortune se détermine de la même manière. Ce procédé n'est valable que pour autant que le revenu imposable avant et après l'investissement se trouve dans la même classe. Si l'on devait sauter plusieurs classes, il faudrait alors tenir compte de tous les taux d'impôt marginaux pour un calcul exact. Par approximation, on peut faire les calculs avec la valeur moyenne des taux d'impôt marginaux.

Dans la plupart des cantons, le taux d'impôt des entreprises est basé sur le rendement, dest-à-dire le rapport entre les produits imposables et le montant du capital avec les réserves. Généralement le taux d'impôt des personnes morales est communiqué par l'entreprise elle-même.

a) Usage propre

Imaginons qu'un propriétaire veuille évaluer les mesures d'économie d'énergie d'un immeuble existant. Les coûts moyens annuels, respectivement les produits, sans prise

en compte des aspects fiscaux, sont rassemblés au tableau 11. Les incidences fiscales peuvent avoir trois effets:

- * un effet unique sur les impôts sur le revenu (tableau 13)
- * une modification annuelle permanente de l'impôt sur le revenu (tableau 14)
- * une modification annuelle durable de l'impôt sur la fortune (tableau 15)

Dans la plupart des cantons, les investissements pour les économies d'énergie peuvent être partiellement ou totalement déduits du revenu en tant que frais d'entretien des bâtiments. Le montant de cette déduction unique peut être déterminé à l'aide du tableau 13. Pour cette déduction unique, le quota autorisé par chaque canton, est déterminant. Cette déduction unique est cependant perdue, si l'on déduit les frais d'entretien forfaitairement (voir tableau 14, colonne 3), et si le canton n'autorise aucune déduction supplémentaire. En multipliant toutes les déductions fiscales possibles avec le pourcentage de charge fiscale correspondant au taux d'impôt marginal, on obtient le montant des impôts réellement économisés. Cette déduction unique est transformée en montants annuels au moyen du facteur d'annuité.

Le revenu imposable augmente lors de l'augmentation de la valeur locative et diminue en fonction du montant des intérêts réelement payés (en cas de financement étranger), respectivement du rendement du capital (en cas de financement par les fonds propres). Le tableau 14: Modification annuelle des impôts sur le revenu, permet de saisir les effets de cette modification du revenu.

De la même manière, le tableau 15: Modification annuelle des impôts sur la fortune, prend en compte la modification du montant de la fortune imposable. La fortune imposable augmente lors d'une augmentation de la valeur fiscale (nouvelle taxation) et diminue avec l'augmentation des dettes ou avec la diminution du capital placé.

Les tableaux 7, respectivement 11 sont donc à compléter pour permettre de juger de la rentabilité en tenant compte des aspects fiscaux.

4. Prise en considération des aspects fiscaux

RAVEL

*Exemple: Pour l'exemple de la récupération de chaleur (page 9), on tient compte des aspects fiscaux suivants:
 Information prise auprès de l'office cantonal des impôts, le nouvel investissement provoquera une nouvelle estimation fiscale:
 Valeur locative : + 7000 Fr. l'année RC Valeur imposable : + 20'000.- RC
 + 1'500 Fr. l'année Conduite + 20'000.- Conduite*

	revenu	fortune
Revenu / fortune imposable	80'000	500'000
Taux d'impôt marginal pour les impôts cantonaux d'après les directives de la déclaration d'impôt	6.1%	1.25%
Barème d'impôt: Canton: 2.2 Commune: 2.2. Eglise: 0.18 Total:	4.58	4.58
Taux d'impôt marginal pour l'impôt fédéral direct	8.8%	XXXXXXXXXX
Taux d'impôt marginal total	36.14%	5.73%

Installation	Dépenses d'investissement	Pourcentage de déduction	Déduction légale du revenu imposable	Taux d'impôt marginal revenu	Déduction fiscale	Facteur d'annuité	Revenu annuel dû à l'économie d'impôt
RC	137'500	50%	68'750	36.14%	25'259	0.103	+ 2'602
Conduite	35'000	-					
Total							+ 2'602

Installation	Augmentation de la valeur locative	Modification de la déduction forfaitaire	Financement par emprunt: taux d'intérêt	Financement par fonds propres: taux	Modification du revenu imposable	Taux d'impôt marginal revenu	Economie annuelle d'impôt sur le revenu
RC	+ 7'000	-	6%	-	- 1'250	36.14%	+ 459
Conduite	+ 1'500	-	-	-	- 600	36.14%	+ 220
Total							+ 679

Installation	Augmentation de l'estimation fiscale du bâtiment	Financement par emprunt: Augmentation des dettes	Financement par fonds propres: Diminution du capital	Modification de la fortune imposable	Taux d'impôt marginal fortune	Economie annuelle de l'impôt sur la fortune
RC	+ 20'000	- 137'500	-	- 67'500	5.73%	+ 387
Conduite	+ 20'000	- 35'000	-	- 15'000	5.73%	+ 86
Total						+ 473

	Coûts / revenus annuels moyens sur la durée d'utilisation
Coûts annuels du capital (Tableau 7 resp. 11)	- 16'718
Frais d'exploitation annuels moyens (Tableau 7 resp. 11)	- 6'088
Economie d'énergie annuelle moyenne (Tableau 7 resp. 11)	+ 28'639
Economie unique d'impôt sur le revenu (annuités) (Tableau 13)	+ 2'602
Economie périodique d'impôt sur le revenu (Tableau 14)	+ 679
Economie périodique d'impôt sur la fortune (Tableau 15)	+ 473
Total	+ 9'587

Le bilan total, c'est-à-dire la représentation de l'ensemble des coûts/produits annuels moyens, s'effectue à l'aide du tableau 16. Les propriétaires qui occupent leur propre logement, doivent tenir compte de l'ensemble des coûts annuels de capital, des frais

d'exploitation, des coûts de l'énergie (économie) et des incidences fiscales lors de leur calcul de rentabilité. Les mesures d'économie d'énergie sont rentables, lorsque les économies annuelles dépassent les coûts annuels.

Le procédé de prise en compte des aspects fiscaux est aussi valable pour la comparaison entre diverses alternatives énergétiques, particulièrement lorsqu'un bâtiment existant doit être assaini énergétiquement. Pour les nouveaux bâtiments, il n'est généralement pas possible de calculer un abaissement fiscal unique. L'évaluation du taux de l'impôt marginal doit être effectuée à partir du futur revenu imposable, respectivement de la future fortune imposable, vu qu'un nouveau bâtiment modifie fortement la situation fiscale. Pour les nouveaux bâtiments, la prise en compte des aspects fiscaux n'est intéressante que lorsque les valeurs locatives et par conséquent les valeurs fiscales pour les différents systèmes énergétiques varient beaucoup. Ceci est surtout le cas lors de comparaison entre des systèmes conventionnels et des alternatives.

b) Location

Généralement, les propriétaires ne font que reporter les frais d'exploitation et les coûts d'énergie dans les charges, c'est-à-dire que les locataires profitent d'un assainissement. Le bilan pour les propriétaires de logements loués n'est influencé que par les coûts annuels du capital, qui - pour autant que les mesures énergétiques correspondent à une plus-value - se traduiront pas une augmentation de loyer. Lors de l'évaluation de la modification permanente du revenu imposable, il faut tenir compte, en lieu et place de la valeur locative, des revenus effectifs, respectivement des augmentations qui pourront être répercutées sur les loyers. Le tableau 17 permet d'établir le bilan pour les propriétaires de logements loués.

Globalement pour les propriétaires, c'est le rendement brut qui est déterminant. Par rendement brut, on entend le quotient des revenus de location et des frais d'investissement. Lors d'assainissement, il faut diminuer les frais d'investissement du montant unique déductible des impôts (Tableau 13). Le rendement brut devrait être d'au minimum 1 pour-cent audessus du taux d'intérêt appliqué.

Lors d'assainissement, on peut aussi dresser un bilan pour les locataires. Il faut alors comparer les frais d'exploitation et l'économie d'énergie avec l'augmentation de loyer. Pour les locataires, il faut en plus tenir compte du bilan des

4. Prise en considération des aspects fiscaux

coûts/revenus annuels sur une période de 5 à 6 ans suivant la mesure d'assainissement. Les premières années suivant un assainissement sont particulièrement critiques pour les locataires, vu qu'ils subissent tout de suite une augmentation de loyer, mais qu'ils ne profiteront pleinement de l'assainissement que lorsque le prix de l'énergie aura augmenté. C'est la raison pour laquelle, ils préfèrent les investissements de remplacement ou les mesures d'amélioration immédiates à une rénovation de grande ampleur.

c) Entreprises (personnes morales)

Pour les entreprises, la saisie correcte des effets fiscaux est particulièrement complexe. Les deux facteurs fiscaux les plus importants sont la forme de financement et les amortissements. Le procédé exposé ci-dessous convient surtout pour la prise en compte des aspects fiscaux lors de l'assainissement énergétique d'une entreprise (société par action).

Lors de financement par emprunts, les intérêts sont directement déductibles des impôts (tableau 18), par opposition au financement par du capital propre (les dividendes ne sont pas déductibles).

En règle générale, les mesures d'économies d'énergie engendrent des dépenses correspondant à une plus-value et ne sont alors pas déductibles des impôts au contraire des dépenses pour le maintien de la valeur (entretien). Dans le cas particulier, il faut d'abord déterminer quelles dépenses engendrent une plus-value et quelles dépenses sont de l'entretien pur. La part d'investissement que les autorités fiscales admettent être de l'entretien, peut être déduite des impôts (tableau 19). On convertit cette déduction fiscale unique en montants annuels constants (annuités) répartis sur toute la durée d'utilisation (à l'aide des facteurs d'annuité).

12

Bilan pour les propriétaires de logements loués

Tableau 17

	Coûts / revenus annuels sur la durée d'utilisation
Coûts annuels du capital (Tableau 7 resp. 11)	- 16'718
Augmentation de prix du loyer <i>10% de l'investissement total</i>	+ 17'250
Economie unique d'impôt sur le revenu (annuité) (Tableau 13)	+ 2'602
Economie périodique d'impôt sur le revenu (Tableau 14) *	- 2'535
Economie périodique d'impôt sur la fortune (Tableau 15)	+ 473
Total	+ 1'072

Remarques:

*	Augmentation du loyer	intérêt de la dette	Δ revenu imposable	taux d'impôt marginal	économie d'impôt
	+ 17'250	- 8'250 - 2'100	= + 6'900	36,74%	- 2'535

Exemple: Récupération de chaleur (Exemple page 9)
 D'après l'office cantonal de taxation des impôts:
 - Taux d'impôt marginal: 15%
 - RC: 90'000 entretien
 47'500 plus-value
 - Conduite: 35'000 plus-value

Installation	Investissement	Taux d'intérêt de l'emprunt	Intérêt payé	Taux d'impôt marginal	Economie d'impôt gain d'impôt
RC	137'500	8%	8'250	15%	+ 1'238
Conduite	35'000	8%	2'800	15%	+ 315
Total					+ 1'553

Installation	Dépenses pour le maintien de la valeur (entièrement déductible)	Taux d'impôt marginal	Déduction d'impôt	Facteur d'annuité	Annuité de l'économie d'impôt unique
RC	90'000	15%	13'500	0,103	+ 1'391
Conduite	-				
Total					+ 1'391

Installation	Investissements à plus-value	Amortissement annuel (amort. linéaire)	Economies d'énergie	Modification des frais d'exploitation	Modification du gain imposable	Taux d'impôt marginal	Economie d'impôt gain d'impôt
RC	47'500	- 3'167 · 1,1*	+ 28'639	- 6'088	+ 17'347	15%	- 2'598
Conduite	35'000	- 1'467 · 1,5*					- 2'598
Total							

* 50% d'amortissement possible sur 2 ans

Taux d'intérêt appliqué	Durée d'utilisation					
	5 ans	10 ans	15 ans	20 ans	25 ans	30 ans
5 %	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4
8 %	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6
10 %	1.0	1.1	1.3	1.5	1.6	1.8
15 %	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.3

Pour les investissements énergétiques à plus-value, les amortissements comptables admis par les autorités fiscales entraînent aussi une économie d'impôt. Il n'y a pas que les amortissements, mais aussi les économies de dépenses pour l'énergie et la modification des frais d'exploitation qui influencent le bénéfice et ainsi les impôts d'une entreprise (tableau 20). Le cas des amortissements linéaires est relativement facile à prendre en compte dans notre calcul de rentabilité. Il suffit de diviser les dépenses d'investissement par la durée d'utilisation pour obtenir le montant annuel à amortir.

pour les économies d'énergie. Aussi l'effet fiscal consécutif à la modification de la fortune est négligeable.

Remarques: les aspects fiscaux du mode de financement peuvent aussi être pris en compte par un choix approprié du calcul du taux d'intérêt. Si le calcul du taux d'intérêt est donné par l'entreprise, il faut s'assurer que l'aspect financier soit bien être pris en compte pour le calcul de la rentabilité.

Les investissements pour les économies d'énergie peuvent être amortis jusqu'à 50%, au cours des deux premières années pour l'impôt fédéral direct (les cantons sont généralement aussi généreux pour les amortissements). L'amortissement a alors un effet dégressif et a une influence plus généreuse sur le bénéfice des entreprises que les amortissements linéaires. L'effet -d'un tel amortissement n'est pas trivial à calculer et il faut faire intervenir un facteur de correction. Si l'investissement peut être amorti de 50% en 2 ans, alors on peut faire intervenir l'amortissement linéaire multiplié par le facteur de correction du tableau 21.

Généralement, la valeur de la fortune d'une entreprise n'est pas fondamentalement modifiée par un investissement

5. Prise en compte des coûts sur l'environnement

Traditionnellement, la charge Pour l'environnement engendrée par les différents systèmes énergétiques n'est pas prise en compte pour les calculs de rentabilité. Un bilan des émissions ou un bilan des impacts sur l'environnement peut être établi séparément. Il est cependant possible d'inclure dans le calcul de rentabilité, les coûts environnementaux, souvent appelés coûts externes: pour différents combustibles et différents systèmes énergétiques, les coûts externes sont pris en compte par une augmentation de prix. Le canton de Thurgovie utilise aujourd'hui déjà ces augmentations dans ses calculs de rentabilité. De nouvelles valeurs vont être publiées, avec la collaboration du programme PACER. Mais jusqu'à la parution de ces résultats, nous allons utiliser les valeurs publiées sur mandat du Canton de Thurgovie (voir tableau 22). Bien que l'évaluation de telles valeurs soit audacieuse, cela devrait être utile pour une première évaluation grossière.

Dans le cadre d'un tel calcul de rentabilité plus étendu - avec inclusion des coûts de l'impact sur l'environnement - les prix de l'énergie doivent être augmentés de ce supplément ou évalués séparément comme dans le tableau 23 (Remarque: le facteur moyen est évalué à partir du taux d'intérêt et de l'inflation attendue).

Pour les installations et les bâtiments publics, la rentabilité devrait toujours être examinée en tenant compte des impacts sur l'environnement.

Par "installations et bâtiments publics", on entend tous les bâtiments et installations bâtis ou subventionnés par les pouvoirs publics. Ce sont: les bâtiments communaux (y compris les sociétés communales, comme par exemple les associations pour l'adduction et le traitement des eaux, les bâtiments cantonaux, les institutions cantonales (par ex. les banques cantonales, les établissements d'assurances) et les bâtiments appartenant à la Confédération (y compris, les bâtiments des CFF, des PTT, de la CNA, etc.).

Pour les privés et les entreprises, l'élargissement des calculs de rentabilité aux impacts sur l'environnement apporte un facteur supplémentaire de décision important. Leur prise en compte peut être mentionnée dans le bilan social d'une entreprise.

14

Exemple: Economie sur les atteintes à l'environnement dans l'exemple RC (page 9)
*Estimation du facteur moyen: durée d'utilisation: 18,04 ans } valeur du facteur
 taux d'inflation: 4% } moyen = 1,395
 taux d'intérêt appliqué: 6%*

Augmentation du prix de l'énergie (Prix de base 1991) [9]

Tableau 22

Combustible	Système énergétique	Augmentation de prix de l'énergie	Remarques
Mazout EL	Petites installations	9 Fr. / 100 kg	Les augmentations de prix de l'énergie comprennent les coûts pour les dommages causés à la santé humaine, aux bâtiments, à la forêt et aux cultures. En revanche, les atteintes à la santé des animaux, et les dommages dus à l'effet de serre ne sont pas pris en compte.
Mazout EL	Grosses installations	11 Fr. / 100 kg	
Mazout M/S	Grosses installations	29 Fr. / 100 kg	
Gaz naturel	Petites installations	0.24 ct s/ kWh	
Gaz naturel	Grosses installations	0.30 ct s/ kWh	
Gaz naturel	Couplage chaleur/force avec catalyseur	0.12 ct s/ kWh	
Bois	Petites installations	105 Fr. / Tonne	
Bois	Grosses installations	70 Fr. / Tonne	
Charbon	Petites installations	310 Fr. / Tonne	
Charbon	Grosses installations	335 Fr. / Tonne	
Les augmentations de prix pour l'électricité seront communiquées dès que les valeurs PACER seront publiées.			

Moyenne annuelle des coûts (resp. économies) environnementaux

Tableau 23

Agent énergétique	Quantité économisée	Augmentation du prix de l'énergie	Facteur moyen	Economie sur les atteintes à l'environnement
<i>Economie de mazout</i>	<i>12'500 kg</i>	<i>11 Fr. / 100 kg</i>	<i>1,395</i>	<i>1'918</i>
Total				<i>1'918</i>

Remarques:

La pose d'une récupération de chaleur entraîne une décharge de l'environnement, qui peut être quantifiée à Fr. 1'918.-/année ou en arrondissant Fr. 2'000.-/année.

6. Questions particulières

a) Subventions

Dans certains cantons, les installations pour l'utilisation d'énergies renouvelables - comme par ex. le soleil, le bio-gaz, la géothermie et le bois - sont subventionnées. Savoir

remboursement, respectivement d'amortissement peut ainsi être évalué relativement facilement par un graphique (voir figure).

*Exemple: Installation d'énergie solaire : Investissement brut : 100'000
Subvention cantonale : 40'000*

Coûts annuels du capital lors de subvention **Tableau 24**

Installation	Investissement	Subvention	Investissement net	Durée d'utilisation	Facteur d'annuité	Coûts annuels du capital
<i>Energie solaire</i>	<i>100'000</i>	<i>40'000</i>	<i>60'000</i>	<i>20 ans</i>	<i>0,087</i>	<i>5220</i>
Total						5220

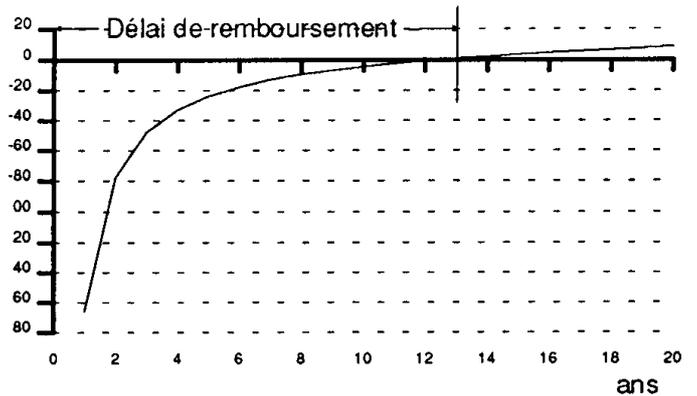
si une installation économisant l'énergie sera subventionnée ou non, et de quel montant, doit être déterminé avec les autorités cantonales compétentes. Pour l'investisseur, le calcul des frais d'investissements nets (coûts totaux d'investissement moins le montant de la subvention) est déterminant (tableau 24).

b) Calcul du délai de remboursement

On se pose souvent la question du délai de remboursement ou durée d'amortissement pour les mesures d'économie d'énergie. Par délai de remboursement ou durée d'amortissement, on entend le temps qu'il faut pour que le montant de l'énergie économisé calculé en francs soit aussi élevé que le montant de l'investissement initial. Le tableau 25 répond à cette question. Le calcul n'est pas seulement fait pour la durée d'utilisation, mais pour différentes durées. Ainsi, il est possible de calculer les coûts moyens annuels, respectivement les revenus pour 5, 10, 15 ou 20 ans (Tableau 25). Les valeurs pour des intervalles de temps différents peuvent être calculées avec suffisamment de précision par interpolation linéaire. Le temps de

Délai de remboursement

Coûts/revenus moyens annuels



Exemple: Calcul du délai de remboursement pour l'exemple de la RC de la page 9

Résultat: Après 10 ans, les coûts moyens annuels sont encore plus élevés de Fr. 4603.- que les produits moyens annuels. Après 15 ans, le résultat est juste inversé → le délai de remboursement est d'environ 13 ans

Comparaison pour diverses durées (Estimation du délai de remboursement) **Tableau 25**

	Facteur d'annuité resp.				Investissement Coûts annuels aujourd'hui	Coûts/revenus annuels moyens pour les premiers			
	5 ans	10 ans	15 ans	20 ans		5 ans	10 ans	15 ans	20 ans
Coûts du capital (Tab. 8)	<i>0,237</i>	<i>0,136</i>	<i>0,103</i>		- 127'500	- 40883	- 23460	- 17468	
frais d'exploitation (Tab. 9)	<i>1,154</i>	<i>1,290</i>	<i>1,433</i>		- 4'000	- 4616	- 5160	- 5732	
Electricité h.p. (Tab. 10)	<i>1,154</i>	<i>1,290</i>	<i>1,433</i>		+ 9'350	+ 10790	+ 12062	+ 13399	
Electricité h.c. (Tab. 10)	<i>1,154</i>	<i>1,290</i>	<i>1,433</i>		+ 4'000	+ 4616	+ 5160	+ 5732	
Mazout (Tab. 10)	<i>1,187</i>	<i>1,359</i>	<i>1,544</i>		+ 5'000	+ 5935	+ 6795	+ 7770	
Total						- 24158	- 4603	+ 3351	

c) Problème des investissements de remplacement

Dans la pratique, la question se pose souvent de savoir s'il vaut la peine de remplacer une installation en parfait état de fonctionnement, mais consommant beaucoup d'énergie, par une nouvelle installation moins gourmande. Nous allons proposer ci-dessous une solution simple, applicable dans la plupart des cas. Nous partons de l'hypothèse que l'ancienne installation ne peut plus être revendue. Il faut alors comparer les frais d'exploitation et d'énergie de la vieille installation avec les coûts annuels totaux (capital, frais d'exploitation et d'énergie) de la nouvelle installation. Il est alors très important que le calcul soit fait en tenant compte des taux d'intérêts réels.

d) Comparaison lors de durées d'utilisation différentes

Pour la comparaison d'alternatives de durées de vie différentes, il est à nouveau important de procéder aux calculs avec des taux de renchérissement réels plutôt que des taux d'intérêts nominaux. Il est nécessaire de procéder à des simplifications: on fait l'hypothèse qu'à la fin de la durée d'utilisation, l'installation sera remplacée au même prix réel que pour l'investissement initial. Nous ne faisons ici qu'une démonstration simpliste d'une telle comparaison (modification des tableaux 4 et 7). Faisons l'hypothèse que nous devons comparer trois installations de durée de vie de 10, 15 et respectivement 20 ans. La durée pour la comparaison doit alors être au minimum de 20 ans. Le facteur d'annuité (tableau 4) pour le calcul du coût annuel du capital se base sur la durée d'utilisation effective des différentes alternatives et sur le taux réel d'intérêt. La valeur du facteur moyen pour le calcul des frais moyens annuels d'exploitation et d'énergie (tableau 7) sera calculée pour toutes les alternatives pour la durée d'utilisation la plus longue, 20 ans dans notre cas, et pour le taux de renchérissement réel.

e) Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité permet d'analyser l'influence de modifications des hypothèses de base (par exemple augmentation du prix de l'énergie) sur le résultat du calcul de rentabilité. Dans le cadre d'une analyse de sensibilité, on peut tenir compte de questions comme, 'quoi, quand?'. Les questions qui peuvent être étudiées dans le cadre d'une analyse de sensibilité, sont par exemple: * Comment se modifie le délai de remboursement d'une mesure énergétique:

- si le prix du mazout augmente de 4% plutôt que de 2%?
- si le taux d'intérêt appliqué est plus élevé de 1%?

- si la durée d'utilisation est raccourcie de 5 ans?

* De combien le prix de l'énergie doit-il augmenter au minimum pour ne pas compromettre la rentabilité de la mesure, c'est-à-dire que la période de remboursement reste plus courte que la durée d'utilisation (procédé de la valeur critique, respectivement du break-even-analysis)?

Lors d'une première étape, on fait varier différentes hypothèses et on examine leur influence sur le résultat de la ren-

tabilité. Il est possible de ne faire varier qu'une grandeur à la fois (par exemple l'augmentation du prix du mazout) ou plusieurs valeurs simultanément (par exemple en plus du mazout, l'augmentation du prix de l'électricité). Il est ainsi possible de déterminer les hypothèses critiques, celles qui influencent le résultat de manière prépondérante (le plus souvent les prix de l'énergie).

Lors d'un deuxième temps, une fois les hypothèses critiques connues, on cherche à savoir de combien elles peuvent varier au maximum sans compromettre la rentabilité de la mesure d'économie. Une analyse de sensibilité permet de donner par exemple les réponses suivantes: L'augmentation de prix du mazout a une influence prépondérante sur la rentabilité. Si l'augmentation de prix réelle du mazout dépasse 2,5%, alors la mesure d'économie d'énergie est rentable.

Différents cas traitant de plusieurs questions et de leur influence sur les résultats de l'analyse de sensibilité seront présentés sous forme d'exercices.

RAVEL

17

Littérature:

RAVEL-Leitfaden "Methoden der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Energiesystemen", projet RAVEL-Kompendium (parution milieu 1992)

Manuel RAVEL (Parution française fin 1992)

Manuel du programme d'impulsion 1987, "Les installations techniques dans la planification intégrale des bâtiments", Volume A, Chapitre 7: Rentabilité

Winje D., Witt D. (1991): "Energiewirtschaft", Handbuchreihe Energieberatung / Energiemanagement, Band 11, Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln

Norme SIA 380/1, "L'énergie dans le bâtiment"

[1] Le taux hypothécaire pour les nouvelles hypothèques était de 7,76% en octobre 1991, de 6,87% pour les anciennes hypothèques (moyenne de toutes les banques cantonales)

Source: Banque Nationale Suisse: "Bulletin mensuel octobre 1991"

[2] Taux d'intérêt appliqués: il n'est pas courant de prendre des taux supérieurs à 1 0% pour les investissements énergétiques, même lors de procédés très particuliers. Quelques grandes industries admettent un calcul du taux d'intérêt de 20% en y incluant un facteur global de risque. Mais ce procédé conduit à des résultats biaisés et dans la mesure du possible, ne devrait pas être utilisé. Un meilleur procédé consiste à construire un arbre de décision, ou à prendre en compte le risque suivant les théories économiques éprouvées.

[3] Les frais d'exploitation comprennent les frais de salaires et de matériel additionnés. Les frais d'exploitation subissent une augmentation constante surtout à cause de l'augmentation des salaires (environ 1,5% d'augmentation réelle par année, au cours des 20 dernières années).

Résultat: pour les calculs des différentes variantes, il faut prendre l'augmentation annuelle réelle:

minimum: le taux d'inflation / moyenne: taux d'inflation + 1.0% / maximum: taux d'inflation + 2%

[4] Augmentation annuelle du prix de l'électricité:

La modification du prix de l'électricité s'effectue dans plusieurs directions. D'une part il faut distinguer les différentes tensions (basses et moyennes tensions), et d'autre part, il existe différents tarifs journaliers (heures pleines/heures creuses). Pour les moyennes tensions et à l'avenir pour les basses tensions, il faudra encore tenir compte d'un prix différencié pour l'hiver et l'été. Il ne faut pas oublier non plus que les prix actuels des différentes compagnies d'électricité varient tant par leur niveau que par leur structure. Prenons l'hypothèse qu'à long terme (201 0), les tarifs de l'électricité doivent s'approcher des coûts marginaux, cela donne le tableau suivant:

**Apperçu de l'évolution des prix de l'électricité
(Base 1990)**

Augmentation annuelle réelle du coût de l'électricité d'une entreprise, si les coûts marginaux sont atteints en 2010:

	Parts de la consommation	Coûts marginaux			Entreprise électrique				
		bon marché (-20%)	moyenne	chère (+20%)	1990	2010	bon marché (-20%)	moyenne	chère (+20%)
Moyenne tension									
Puissance Fr./kW		84.1	105	126.2	63	43	-2.6%	-3.5%	-4.2%
hiver h.p.	35%	9.5	11.8	14.2	14.7	21.6	3.4%	2.4%	1.7%
hiver h.c.	19%	6.5	8.2	9.8	9.9	17.4	4.0%	3.1%	2.3%
été h.p.	31%	7.5	9.4	11.3	7.8	6.2	-0.7%	-1.6%	-2.3%
été h.c.	15%	4.6	5.7	6.9	5.5	4.6	0.1%	-0.8%	-1.5%
Moyenne		9.8	12.2	14.6	12.2	15.2	1.8%	0.9%	0.1%
Basse tension									
hiver h.p.	30%	16.0	20.0	24.0	23.6	30.0	2.5%	1.6%	0.9%
hiver h.c.	24%	8.0	10.0	12.0	15.8	23.2	4.4%	3.4%	2.7%
été h.p.	26%	16.0	20.0	24.0	13.1	10.6	-1.6%	-2.5%	-3.2%
été h.c.	20%	8.0	10.0	12.0	5.5	4.6	-2.2%	-3.0%	-3.7%
Moyenne		12.5	15.6	18.7	15.6	18.2	1.5%	0.6%	-0.1%
Moyenne pondérée		11.4	14.2	17.0	14.2	17.0	1.6%	0.7%	0.0%

Source: parts de la consommation, prix moyen de l'électricité 1985(1), coûts marginaux 1985 (2) et 2010(3): Infrac (1988): "Grenzkosten und Tarife für Electricität", Arbeitsdokument Nr. 14, EGES

Remarques: les coûts marginaux correspondent au scénario du moratoire EGES. Dans ce scénario, l'augmentation du prix de l'électricité atteint +0,7% (pour le scénario "de sortie du nucléaire 2025": env. 1%). La structure des tarifs actuels s'appuie sur une estimation grossière (structure des tarifs tirée des tarifs des FMB). La distinction entre fournisseurs d'électricité "cher" ou "bon marché" ne sert qu'à montrer que le prix de l'électricité peut varier suivant le fournisseur (il faut penser que les différents fournisseurs d'électricité présentent des coûts marginaux distincts). L'évolution du prix de l'énergie pour une installation donnée est chaque fois un cas particulier. Pour un chauffage électrique par exemple, il n'est généralement pas judicieux de faire les calculs en admettant une augmentation moyenne du prix de l'électricité, mais il faut tenir compte d'une augmentation plus élevée.

L'évolution des prix est encore dépendante des charges fiscales. L'introduction progressive d'une taxe de 10% sur l'électricité aurait pour conséquence une augmentation de prix de 0,4% par année.

Résultat: pour un calcul de variantes, on peut prendre les augmentations de prix de l'électricité suivantes:

minimum: taux d'inflation / moyenne: taux d'inflation + 1.0% / maximum: taux d'inflation + 2.0%. Pour les chauffages électriques (hiver-h.c.), on peut envisager les augmentations suivantes: minimum: taux d'inflation + 2% / moyenne: taux d'inflation + 3.5% / maximum: taux d'inflation + 4%

[5] Augmentation annuelle du prix du mazout:

On peut penser que le prix du pétrole, sur une longue période, ne devrait pas dépasser les prix de revient des produits de substitution (par exemple le combustible tiré des schistes bitumineux, des sables bitumineux, du charbon fluidifié). Le prix du pétrole tiré des produits de substitution revient à environ Fr. 1 03.-/100 kg. (4)

Si nous prenons un prix moyen du pétrole pour gros consommateurs de Fr. 42.7 /100 kg, il en résulte par hypothèse l'augmentation de prix suivante:

Pour l'augmentation maximale du prix du mazout, nous faisons l'hypothèse que le prix du pétrole atteindra déjà vers l'an 2010 à 2015, le prix des produits de substitution.(5)

Dans ce cas, l'augmentation du prix du mazout atteint environ 4%.

Une augmentation moyenne du prix du mazout arrondie à 2% a lieu, si l'on fait l'hypothèse que le prix du pétrole atteindra Fr. 55.-/100 kg d'ici à l'an 2005. (6)

L'introduction d'une taxe de 10 à 20% sur les énergies fossiles conduirait à une augmentation d'environ 0.5% (cela toujours avec l'hypothèse que la taxe soit permanente).

Résultat: pour un calcul de variantes, on peut prendre le renchérissement annuel suivant: minimum: taux d'inflation / moyenne: taux d'inflation + 2.0% / maximum: taux d'inflation + 4.0%.

1 Le prix moyen du courant électrique en 1990 atteint 14.17 cts/kWh (Statistique suisse de l'électricité 1990).

2 Les coûts marginaux pour 1990 sont estimés à partir des tarifs 1990.

3 Les coûts marginaux pour 2010 ont été calculés sur la base 1990 à l'aide de l'index des prix à la consommation.

4 EGES Hauptbericht S.37 (Prix de base 90).

5 Dans les scénarios EGES, en cas de forte croissance de l'économie, il est admis que l'on atteindra déjà le prix des énergies de substitution en l'an 2005.

6 Dans les scénarios EGES, cette hypothèse est subordonnée à une faible croissance de l'économie (calculée sur la base de 1990)

[6] Augmentation annuelle du prix du gaz:

Les scénarios EGES ont fait l'hypothèse d'une augmentation du prix du gaz de 1% plus faible que celle du mazout. Ici aussi, il faudrait éventuellement tenir compte de l'introduction d'une taxe sur l'énergie.

Résultat: pour les calculs de variantes, on peut compter avec le renchérissement du prix du gaz suivant:

minimum: taux d'inflation (constante réelle)/ moyenne: taux d'inflation + 1.5% / maximum: taux d'inflation + 3.0%

[7] Augmentation annuelle du prix de la chaleur à distance:

L'augmentation du prix de la chaleur dépend beaucoup de l'approvisionnement en énergie de chaque entreprise. D'une part, le rapport entre le prix des énergies primaires indigènes (ordures, mazout, charbon, gaz) joue un rôle, d'autre part il faut aussi tenir compte de la rémunération du capital investi, du fait des charges fixes élevées. Dans l'hypothèse que la chaleur à distance est surtout produite à partir de l'incinération des ordures (ce qui est le cas de la plupart des installations de production de chaleur à distance en Suisse), nous pouvons établir la convention suivante:

Résultat: pour les calculs de variantes, on peut compter avec le renchérissement annuel suivant:

minimum: taux d'inflation / moyenne: taux d'inflation + 1.0% / maximum: taux d'inflation + 2.0%

[8] Augmentation annuelle du prix du bois:

Le niveau du prix réel du bois est relativement stable depuis 1960 (Indice 1960: 108.7/1990: 113.9). Nous partons de l'hypothèse que le prix du bois va également rester très stable à l'avenir.

Résultat: pour toutes les variantes, l'augmentation du prix du bois correspondra au taux d'inflation.

[9] Augmentation du prix de l'énergie:

Les augmentations de prix que le canton de Thurgovie applique sont en effet plus basses:

- Mazout EL: Fr. 6.-/100 kg

- Gaz: 0,2 cts/kWh

- Bois (brûlé avec filtrage des fumées:) Fr. 50.-/t

[10] Prix de l'énergie:

Les prix de l'énergie utilisés dans ce document proviennent des résultats du rapport EGES (calculés sur la base des prix 1991), de l'analyse des tarifs Electricité-gaz chaleur à distance (état 1986/87) publiée par l'Office fédéral de l'Energie et réactualisés pour 1991, ainsi que les résultats des enquêtes actuelles.

Durée d'utilisation en années	Taux d'intérêt											
	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	15.0%	20.0%
1	1.010	1.020	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.150	1.200
2	0.508	0.515	0.523	0.530	0.538	0.545	0.553	0.561	0.568	0.576	0.615	0.655
3	0.340	0.347	0.354	0.360	0.367	0.374	0.381	0.388	0.395	0.402	0.438	0.475
4	0.256	0.263	0.269	0.275	0.282	0.289	0.295	0.302	0.309	0.315	0.350	0.386
5	0.206	0.212	0.218	0.225	0.231	0.237	0.244	0.250	0.257	0.264	0.298	0.334
6	0.173	0.179	0.185	0.191	0.197	0.203	0.210	0.216	0.223	0.230	0.264	0.301
7	0.149	0.155	0.161	0.167	0.173	0.179	0.186	0.192	0.199	0.205	0.240	0.277
8	0.131	0.137	0.142	0.149	0.155	0.161	0.167	0.174	0.181	0.187	0.223	0.261
9	0.117	0.123	0.128	0.134	0.141	0.147	0.153	0.160	0.167	0.174	0.210	0.248
10	0.106	0.111	0.117	0.123	0.130	0.136	0.142	0.149	0.156	0.163	0.199	0.239
11	0.096	0.102	0.108	0.114	0.120	0.127	0.133	0.140	0.147	0.154	0.191	0.231
12	0.089	0.095	0.100	0.107	0.113	0.119	0.126	0.133	0.140	0.147	0.184	0.225
13	0.082	0.088	0.094	0.100	0.106	0.113	0.120	0.127	0.134	0.141	0.179	0.221
14	0.077	0.083	0.089	0.095	0.101	0.108	0.114	0.121	0.128	0.136	0.175	0.217
15	0.072	0.078	0.084	0.090	0.096	0.103	0.110	0.117	0.124	0.131	0.171	0.214
16	0.068	0.074	0.080	0.086	0.092	0.099	0.106	0.113	0.120	0.128	0.168	0.211
17	0.064	0.070	0.076	0.082	0.089	0.095	0.102	0.110	0.117	0.125	0.165	0.209
18	0.061	0.067	0.073	0.079	0.086	0.092	0.099	0.107	0.114	0.122	0.163	0.208
19	0.058	0.064	0.070	0.076	0.083	0.090	0.097	0.104	0.112	0.120	0.161	0.206
20	0.055	0.061	0.067	0.074	0.080	0.087	0.094	0.102	0.110	0.117	0.160	0.205
25	0.045	0.051	0.057	0.064	0.071	0.078	0.086	0.094	0.102	0.110	0.155	0.202
30	0.039	0.045	0.051	0.058	0.065	0.073	0.081	0.089	0.097	0.106	0.152	0.201
35	0.034	0.040	0.047	0.054	0.061	0.069	0.077	0.086	0.095	0.104	0.151	0.200
40	0.030	0.037	0.043	0.051	0.058	0.066	0.075	0.084	0.093	0.102	0.151	0.200
50	0.026	0.032	0.039	0.047	0.055	0.063	0.072	0.082	0.091	0.101	0.150	0.200

Formules: Taux d'intérêt appliqué i , durée d'utilisation n et augmentation de prix de l'énergie e
(pour i et e , il faut utiliser la valeur décimale, c'est à dire: 6% = 0,06):

	Facteur d'annuité	Facteur moyen	
		pour $i = e$	pour $i \neq e$
Mathématiquement	$a = \frac{i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	$m = n * a$	$m = \frac{\left(1 + \frac{i-e}{1+e}\right)^n - 1}{\left(\frac{i-e}{1+e}\right) * \left(1 + \frac{i-e}{1+e}\right)^n} * a$
LOTUS 123 deutsch	@RATE(1; i; n)	n * @RATE(1; i; n)	@RATE(@AKTWERT(1; (i-e)/(1+e); n); i; n)
LOTUS 123 english	@PMT(1; i; n)	n * @PMT(1; i; n)	@PMT(@PV(1; (i-e)/(1+e); n); i; n)
EXCEL deutsch	-RMZ(i; n; 1)	RMZ(i; n; BW((i-e)/(1+e); n; 1))	
EXCEL english	-PMT(i; n; 1)	PMT(i; n; PV((i-e)/(1+e); n; 1))	

Taux d'intérêt appliqué: 1%

Durée d'utilisation en années	Renchérissement								
	-2.0%	-1.0%	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%
5	0.942	0.971	1.000	1.030	1.061	1.093	1.126	1.159	1.194
10	0.898	0.947	1.000	1.056	1.115	1.178	1.245	1.315	1.391
15	0.857	0.925	1.000	1.082	1.172	1.270	1.378	1.497	1.627
20	0.820	0.904	1.000	1.108	1.231	1.370	1.529	1.708	1.913
25	0.785	0.884	1.000	1.135	1.294	1.479	1.698	1.955	2.259
30	0.754	0.865	1.000	1.162	1.359	1.598	1.889	2.244	2.679

Taux d'intérêt appliqué: 2%

Durée d'utilisation en années	Renchérissement								
	-1.0%	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%
5	0.971	1.000	1.030	1.061	1.092	1.125	1.158	1.192	1.227
10	0.948	1.000	1.055	1.113	1.175	1.241	1.310	1.384	1.462
15	0.927	1.000	1.080	1.167	1.263	1.368	1.484	1.610	1.749
20	0.907	1.000	1.105	1.223	1.357	1.509	1.682	1.877	2.099
25	0.889	1.000	1.129	1.281	1.457	1.664	1.908	2.194	2.530
30	0.872	1.000	1.154	1.339	1.564	1.836	2.166	2.569	3.060

Taux d'intérêt appliqué: 3%

Durée d'utilisation en années	Renchérissement								
	0.0%	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%
5	1.000	1.030	1.060	1.092	1.124	1.157	1.191	1.226	1.261
10	1.000	1.054	1.111	1.172	1.237	1.305	1.378	1.454	1.536
15	1.000	1.078	1.163	1.256	1.359	1.471	1.593	1.727	1.875
20	1.000	1.101	1.215	1.344	1.490	1.655	1.842	2.054	2.295
25	1.000	1.124	1.268	1.436	1.632	1.861	2.130	2.446	2.817
30	1.000	1.146	1.320	1.531	1.784	2.091	2.463	2.915	3.467

Taux d'intérêt appliqué: 4%

Durée d'utilisation en années	Renchérissement								
	1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%
5	1.030	1.060	1.091	1.123	1.156	1.190	1.224	1.260	1.296
10	1.053	1.110	1.170	1.233	1.300	1.371	1.446	1.526	1.611
15	1.076	1.159	1.250	1.349	1.458	1.577	1.707	1.849	2.005
20	1.098	1.208	1.332	1.472	1.630	1.808	2.010	2.239	2.499
25	1.118	1.256	1.415	1.600	1.817	2.069	2.365	2.712	3.118
30	1.138	1.302	1.499	1.735	2.019	2.363	2.778	3.283	3.896

Taux d'intérêt appliqué: 5%

Durée d'utilisation en années	Renchérissement								
	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%
5	1.060	1.091	1.122	1.155	1.188	1.223	1.258	1.294	1.331
10	1.108	1.167	1.229	1.295	1.365	1.439	1.517	1.600	1.688
15	1.155	1.243	1.340	1.445	1.560	1.686	1.824	1.974	2.139
20	1.200	1.319	1.454	1.605	1.775	1.968	2.186	2.432	2.711
25	1.244	1.395	1.570	1.774	2.011	2.288	2.611	2.990	3.433
30	1.285	1.469	1.688	1.952	2.268	2.650	3.111	3.669	4.347

Taux d'intérêt appliqué: 6%

Durée d'utilisation en années	Renchérissment									
	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	11.0%
5	1.090	1.121	1.154	1.187	1.221	1.256	1.292	1.328	1.366	
10	1.164	1.225	1.290	1.359	1.431	1.508	1.589	1.675	1.766	
15	1.237	1.331	1.433	1.544	1.666	1.799	1.945	2.104	2.278	
20	1.308	1.436	1.581	1.744	1.927	2.134	2.368	2.632	2.930	
25	1.376	1.541	1.733	1.956	2.215	2.516	2.868	3.279	3.760	
30	1.440	1.644	1.888	2.179	2.529	2.950	3.458	4.072	4.815	

Taux d'intérêt appliqué: 7%

Durée d'utilisation en années	Renchérissment									
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%	12.0%
5	1.121	1.153	1.186	1.219	1.254	1.290	1.326	1.363	1.401	
10	1.222	1.285	1.353	1.424	1.499	1.579	1.663	1.752	1.846	
15	1.322	1.421	1.529	1.647	1.776	1.916	2.069	2.237	2.420	
20	1.419	1.558	1.713	1.888	2.085	2.306	2.556	2.838	3.156	
25	1.514	1.694	1.903	2.145	2.426	2.754	3.135	3.579	4.099	
30	1.603	1.829	2.097	2.418	2.802	3.263	3.818	4.489	5.299	

Taux d'intérêt appliqué: 8%

Durée d'utilisation en années	Renchérissment									
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%	12.0%
5	1.120	1.152	1.184	1.218	1.252	1.288	1.324	1.361	1.398	
10	1.218	1.281	1.347	1.416	1.490	1.568	1.651	1.738	1.830	
15	1.313	1.409	1.514	1.628	1.752	1.888	2.036	2.197	2.373	
20	1.403	1.536	1.684	1.850	2.037	2.247	2.484	2.750	3.050	
25	1.488	1.658	1.853	2.080	2.342	2.646	2.999	3.410	3.888	
30	1.565	1.774	2.021	2.314	2.665	3.084	3.586	4.190	4.918	

Taux d'intérêt appliqué: 10%

Durée d'utilisation en années	Renchérissment									
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%	12.0%
5	1.118	1.150	1.182	1.215	1.249	1.283	1.319	1.355	1.393	
10	1.211	1.271	1.335	1.402	1.473	1.548	1.627	1.711	1.799	
15	1.296	1.387	1.485	1.592	1.708	1.835	1.972	2.122	2.285	
20	1.373	1.494	1.629	1.780	1.948	2.137	2.349	2.587	2.854	
25	1.440	1.590	1.763	1.961	2.189	2.451	2.754	3.105	3.511	
30	1.497	1.676	1.886	2.133	2.425	2.771	3.182	3.673	4.259	

Taux d'intérêt appliqué: 15%

Durée d'utilisation en années	Renchérissment									
	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%	12.0%
5	1.114	1.145	1.176	1.208	1.240	1.274	1.308	1.343	1.379	
10	1.195	1.250	1.308	1.369	1.434	1.502	1.573	1.648	1.728	
15	1.259	1.337	1.421	1.512	1.610	1.716	1.831	1.955	2.090	
20	1.308	1.406	1.513	1.632	1.763	1.908	2.070	2.249	2.449	
25	1.344	1.457	1.584	1.728	1.890	2.074	2.283	2.521	2.793	
30	1.369	1.495	1.638	1.803	1.993	2.212	2.468	2.765	3.113	

Tableau C: durée d'utilisation/ frais d'exploitation

Les données se rapportent à la durée d'utilisation pendant laquelle un système énergétique ou une mesure d'économie d'énergie doit être amortie. Lors de conditions favorables et avec un entretien adéquat, la durée de vie peut être beaucoup plus longue que la durée d'utilisation proposée. Mais cette durée de vie peut parfois être aussi beaucoup plus courte que celle indiquée dans le tableau, en suite de défauts des matériaux ou d'erreurs lors de la fabrication et du montage.

Nous ne donnons qu'une liste des installations et mesures d'économies les plus courantes, accompagnées de leur durée d'utilisation et de leurs frais d'exploitation (coût pour la surveillance et l'entretien). Il est possible de trouver des informations plus détaillées dans les publications "Durée d'amortissement" de l'Office fédéral des bâtiments et "Planification intégrale" de l'Office des questions conjoncturelles, ainsi que dans la norme SIA 380/1.

	Durée d'utilisation en années	frais d'exploitation (surveillance et entretien)	
		en % de la valeur de l'installation ¹⁾	autres valeurs de comparaison
Production de chaleur par électricité: stockage, chauffage direct	15	2	
Brûleur, chaudière à mazout / gaz	15	3	
Pompe à chaleur avec moteur à entraîn. électrique	15	3	
Pompe à chaleur avec moteur à entraîn. à gaz ou diesel	15	5	
Petite installation de couplage chaleur-force 7 - 15 kW _e	15	7 ^{2) 3)}	6.0 cts/kWh _e ^{2) 3)}
Installation de couplage chaleur-force avec moteur à gaz	15	3,5 ³⁾	2.5 cts/kWh _e ³⁾
Inst. de couplage chaleur-force avec turbine à gaz > 1 MW _e	15	5 ³⁾	2.0 cts/kWh _e ³⁾
Installation complète d'énergie solaire	20	2	
Collecteurs enterrés, sonde géothermique	15	2	
Sous-station de chauffage à distance	15	2	
Chauffage à bois	15	doit être estimé individuellement	
Conduites pour le chauffage	40	1	
	40	1	
	25	2	
Conduites de distribution de chaleur à distance	30	2	
Corps à chauffe Radiateurs	30	1	
	25	1,5	
Régulation	15	3	
Vannes thermostatiques	15	3	

1 La valeur de l'installation comprend en principe l'ensemble des frais pour une installation 'clé en main' (par exemple les équipements y compris les conduites et les raccords).

2 Les frais de surveillance et d'entretien relativement élevés comprennent également l'échange de moteurs qui représente un 'remplacement partiel' périodique, ce qui nous permet de compter sur une durée de vie de 15 ans même pour les installations de couplage chaleur-force.

3 Sans les frais de surveillance pour le catalyseur. Pour la maintenance du catalyseur il faut rajouter 1.0 ct/kWh_e, respectivement 1 % à 20% de la valeur de l'installation.

Estimation du taux d'impôt marginal pour les personnes physiques		revenu	fortune
Revenu / fortune imposable			
Taux d'impôt marginal pour les impôts cantonaux d'après les directives de la déclaration d'impôt			
Barème d'impôt: Canton: Commune: Eglise:			
Taux d'impôt marginal pour l'impôt fédéral direct			xxxxxx
Taux d'impôt marginal total			

Déduction unique de l'impôt sur le revenu

Installation	Dépenses d'investissement	Pourcentage de déduction	Déduction légale du revenu imposable	Taux d'impôt marginal revenu	Déduction fiscale	Facteur d'annuité	Revenu annuel dû à l'économie d'impôt
Total							

Modification annuelle permanente de l'impôt sur le revenu

Installation	Augmentation de la valeur locative	Modification de la déduction forfaitaire	Financement par emprunt: taux d'intérêt: %	Financement par fonds propres: taux: %	Modification du revenu imposable	Taux d'impôt marginal revenu	Economie annuelle d'impôt sur le revenu
Total							

Modification annuelle permanente de l'impôt sur la fortune

Installation	Augmentation de l'estimation fiscale du bâtiment	Financement par emprunt: Augmentation des dettes	Financement fonds propres: Diminution du capital	Modification de la fortune imposable	Taux d'impôt marginal fortune	Economie annuelle de l'impôt sur la fortune
Total						

Total: Economie d'impôt sur le revenu et sur la fortune

Prise en compte des coûts sur l'environnement

RAVEL

Moyenne annuelle des coûts (resp. économies) environnementaux

Agent énergétique	Consommation resp. quantité économisée	Augmentation du prix de l'énergie	Facteur moyen	Coûts/économies sur les atteintes à l'environnement
Electricité	kWh/an	cts/kWh		
Mazout	kg	Fr./100kg		
Gaz naturel	kWh	cts/kWh		
Total				

