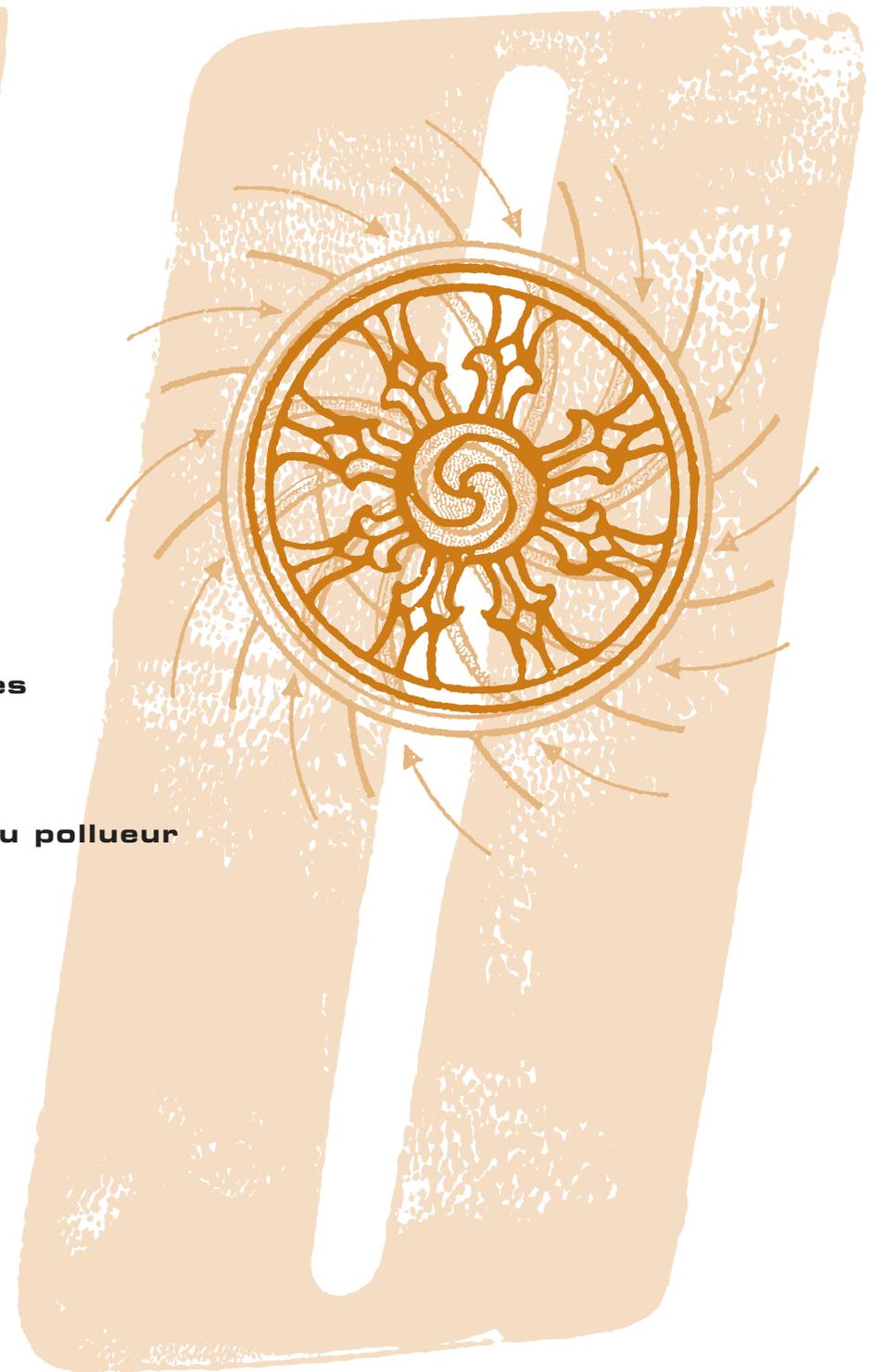


Calculs de rentabilité

L'énergie dans l'enseignement professionnel
Modules pour les professions de la construction: Module 10

- 1 Introduction: de quoi s'agit-il?**
- 2 Objectifs de la formation**
- 3 Eléments proposés pour le plan des leçons**
- 4 Connaissances de base**
 - **Structure du coût des systèmes énergétiques**
 - **Méthodes, outils**
 - **Exemple**
 - **Intégration des «externalités» - Le principe du pollueur payeur - Les frais environnementaux**
 - **Instruments pour une économie écologique**
 - **Libéralisation des marchés de l'énergie**
- 5 Exercices et solutions proposées**
- 6 Bibliographie**
- 7 Sources**
- 8 Modèles**

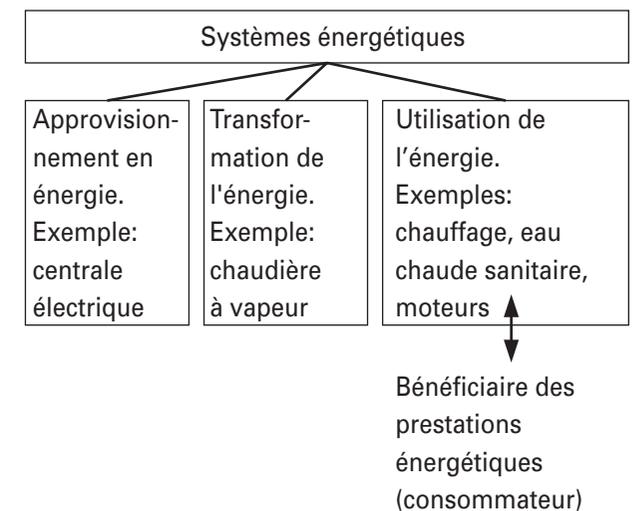


1 Introduction: de quoi s'agit-il ?

Pour être appliquées en fin de compte, les mesures pour une utilisation économe et rationnelle de l'énergie doivent apporter une économie de coût. La question de la rentabilité est toujours posée au moment de leur mise en œuvre. Les analyses de rentabilité ont pour but de comparer les coûts et les bénéfices de différentes mesures ou de différents investissements répondant à un objectif donné; on peut ainsi obtenir une affectation optimale des ressources. Lorsqu'un objectif est atteint au moindre coût ou si, à un coût donné, on atteint le rendement le plus élevé possible, l'opération est rentable. Il faut se souvenir que la rentabilité n'est toujours qu'un critère parmi d'autres. Il y a de nombreuses autres raisons d'optimiser l'utilisation de l'énergie. Lorsqu'on choisit un système énergétique, on s'attache en général à obtenir le rapport coût - bénéfice le plus avantageux possible. L'achat d'un système dit «économique», bon marché, qui implique par la suite un grand gaspillage énergétique avec toute la pollution de l'air qui en résulte, est un mauvais investissement pour l'avenir du point de vue de l'économie nationale. La vraie rentabilité d'un système énergétique moderne s'appuie au contraire sur le principe des coûts réels, c'est-à-dire sur un calcul intégrant les frais d'exploitation et les «externalités», considérés pendant tout le cycle de vie d'une installation. Cette intégration fait appel à l'introduction, dans le calcul de rentabilité, de marges supplémentaires, calculées, sur le prix de l'énergie. Aujourd'hui, les conditions techniques pour l'introduction à grande échelle de systèmes d'approvi-

sionnement en énergies renouvelables sont réalisées. Le marché privilégie toutefois les solutions financièrement avantageuses, qui souvent ne sont pas optimales du point de vue de l'écologie et de l'économie nationale. La raison: le prix du marché ne reflète pas les vrais coûts de l'utilisation de l'énergie. Les frais inhérents à la pollution de l'air, du sol et de l'eau, les atteintes à la santé ou à la nature et la dégradation de l'environnement ne sont pas supportés par le consommateur, ce qui donne une image déformée de la situation réelle. L'objectif des considérations élargies de rentabilité est de contribuer à la mise en œuvre d'un système énergétique à la fois économique et en accord avec l'écologie.

Par «système énergétique», il faut entendre les trois maillons de la chaîne énergétique qui permet de mobiliser les sources d'énergie de la nature et ses réserves énergétiques:



2 Objectifs de la formation

L'apprentie, l'apprenti ...

- sait expliquer la méthode de calcul des annuités et l'appliquer à des exemples simples.

- sait expliquer le concept de coûts externes.

Eléments parmi les réponses possibles:

- Esquisse des économies de coût lors d'un investissement ou d'une mesure d'économie d'énergie, pendant la durée d'utilisation, en tenant compte de futures augmentations de prix et de variations de la valeur nominale de l'argent
- Méthode d'analyse de rentabilité
- Coûts des atteintes à l'environnement supportés par la collectivité, donc pas (encore) répercutés sur les prix
- Considération des coûts selon le principe du pollueur payeur, intégration des frais inhérents à la protection de l'environnement et des coûts du traitement des déchets et de leur dépôt définitif

3 Éléments proposés pour le plan des leçons

Question sur le thème de l'énergie, de la rentabilité et de l'environnement

Pourquoi le secteur économique de l'électricité n'accorde-t-il encore que peu d'intérêt à un passage à l'énergie solaire?

La rentabilité, une notion qui stimule l'agilité de l'esprit

Dans une première étape, il s'agit d'estimer, au cours de la leçon, quel serait le gain d'une personne travaillant huit heures par jour à des travaux physiques, sans pause, rémunérés au tarif du kilowatt-heure d'énergie.

Dans l'étape suivante, cette estimation sera corroborée par des calculs, sur la base d'une puissance continue de 100 watts et du tarif de 20 centimes le kilowatt-heure.

Finalement, on abordera la question de la richesse de notre société par rapport à celle des habitants d'autres pays.

Recherches sur Internet: les différents modèles de tarification

Questions:

- a) Quelles sont les possibilités de vous approvisionner en électricité?
- b) Achetez l'électricité chez votre fournisseur préféré! Lequel choisissez-vous? NB: Le marché allemand est déjà libéralisé.

Thèmes/Liens Internet

- Répertoire des liens sur l'énergie:
www.energie.ch/dp/link.html
- Conseil en matière d'énergie:
www.e-kantone.ch/fr/energieberatungsstellen/default.asp
- Consommation d'énergie des appareils:
www.topten.ch/index.php?l=f
- Fournisseurs allemands d'électricité:
www.strom-tabelle.de/info/info3.html

Une documentation pas comme les autres

On demande aux apprentis de préparer une table présentant divers livres et documents sur le thème du calcul de la rentabilité des systèmes d'approvisionnement faisant appel aux énergies renouvelables et de l'utilisation de celles-ci.

Brochures et matériel à disposition

L'enseignant trouvera la documentation nécessaire auprès des différents centres d'information et de conseil en matière d'énergie (voir notamment les liens Internet ci-dessus).

4 Connaissances de base

Que veut dire rentabilité?

Un des arguments le plus fréquemment avancé contre, par exemple, les installations solaires est leur coût élevé: elles ne sont, soit-disant, pas rentables. Pourquoi alors des personnes jouent-elles la carte de l'énergie solaire? Ont-elles pris une mauvaise décision? Ces personnes sont des investisseurs qui, manifestement, réfléchissent à l'avenir non seulement lors d'une construction, mais qui, critiques, ont aussi remis en question leur manière d'agir au quotidien.

Les coûts ne doivent pas être comparés uniquement du point de vue de la pure gestion d'entreprise, mais sur la base de l'économie publique globale, manière de voir qui tient compte aussi des « externalités ». On inclut donc les dommages subis par l'environnement et les coûts sociaux induits par la production d'énergie et sa consommation.

Il est indiscutable que la charge d'investissement d'une installation ayant le soleil pour source d'énergie est comparativement élevée. Toutefois, si les composants sont intégrés judicieusement au bâtiment et servent à la fois de producteur d'énergie et d'éléments de construction, alors la charge supplémentaire due à l'installation solaire se réduit sensiblement. Les nouvelles techniques ne doivent pas nécessairement être plus chères que celles utilisées jusqu'ici.

Souvent les prévisions sont de loin dépassées. Les installations deviennent des objets de prestige pour leurs propriétaires et amènent une nouvelle prise de conscience dans les rapports avec l'énergie. C'est un profit annexe difficilement exprimable en argent, une amélioration de l'image de marque.

Economie contre écologie

Généralement, il est entendu que les mesures pour une utilisation économe et rationnelle de l'énergie sont mises en œuvre surtout quand elles apportent une économie de coût.

Les critères de choix applicables aux systèmes énergétiques se sont pourtant modifiés, ils sont devenus plus variés, plus complets. Les investissements nécessaires sont examinés aujourd'hui en tenant compte d'un grand nombre de critères supplémentaires: aspects écologiques, consommation d'énergie, place nécessaire, facilité d'utilisation, entretien, fréquence des pannes et effet d'image, pour n'en citer que quelques-uns.

Il faut donc exiger que la rentabilité soit déterminée sur la base de tous les facteurs et non plus uniquement de l'aspect monétaire.

4.1 Structure du coût des systèmes énergétiques

Coûts des installations: le point de la situation

Lors de l'évaluation monétaire de systèmes énergétiques, la charge d'investissement doit être comparée aux futurs frais annuels d'énergie et d'exploitation. En outre, le calcul doit inclure les frais de démantèlement des installations. Il faut se poser la question de la rentabilité globale d'un investissement ou d'une variante de réalisation.

Rendement financier: le point de la situation

Avant d'investir dans un projet, la production d'énergie et le rendement financier doivent être étudiés. Le profit réalisé dépend de données locales et techniques. Par exemple, dans le cas des installations de production décentralisées raccordées au réseau, le tarif auquel l'entreprise électrique rachète l'énergie produite a une influence décisive. Il faut aussi considérer les aides financières accordées sous forme de subventions, prêts ou garanties, ainsi que d'éventuels dégrèvements fiscaux.

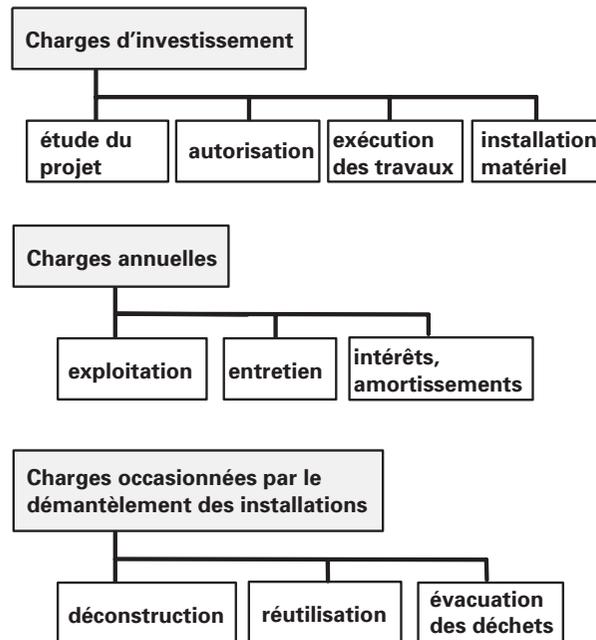


Fig. 1 Structure de coût tripartite d'une installation à l'intérieur d'un système d'approvisionnement énergétique

4.2 Méthodes, outils

Annuités

Pour évaluer la rentabilité de mesures d'économie d'énergie ou pour comparer différents systèmes énergétiques, on considère à la fois les économies futures sur les frais annuels d'énergie et d'exploitation et le coût de l'investissement de départ. Pour pouvoir confronter les investissements et les frais annuels, les dépenses d'investissement sont converties en montants fixes annuels (annuités). Ces coûts annuels de capital sont la somme des intérêts et de l'amortissement de la somme investie. Pour obtenir le coût total annuel du système énergétique, il faut encore ajouter au coût du capital les frais d'énergie et les frais d'exploitation.

Il existe plusieurs définitions possibles des frais d'exploitation. Pour la suite du présent document, nous conviendrons que **les frais d'exploitation englobent aussi les frais d'énergie**, contrairement à la représentation schématique de la figure 2.

En fait, les frais de démantèlement, occasionnés par l'arrêt définitif des installations, devraient aussi être inclus dans la comparaison, après conversion en annuité, comme pour les charges d'investissement.

Plusieurs données de départ (paramètres de rentabilité) sont nécessaires à ce calcul comparatif à l'aide des annuités:

Paramètres de la rentabilité des systèmes d'utilisation de l'énergie

- somme investie
- durée d'utilisation de l'installation
- frais d'exploitation annuels
- taux d'intérêt du capital
- prix de l'énergie
- renchérissement
- subventions
- allègements fiscaux

Commentaires:

Somme investie

Moyens financiers pour l'acquisition de matériel durable. Les charges d'investissement se présentent une seule fois, à la réalisation d'une installation (étude du projet, exécution) ou au moment où une mesure énergétique est prise. Ces coûts sont connus généralement à l'avance sur la base d'une évaluation, d'un calcul ou d'une offre. On distingue les types d'investissements suivants:

- investissement nouveau (première acquisition)
- investissement d'expansion (augmentation des capacités)
- investissement de remplacement ou de rénovation
- investissement de rationalisation (augmentation de l'efficacité).

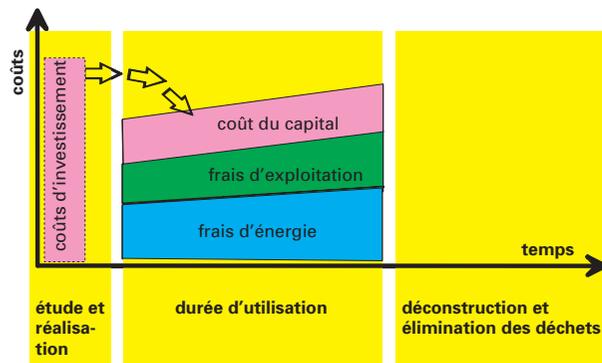


Fig. 2 Annuité

Exemple:

La construction d'un chauffage central à bois (poêle en catelles avec échangeur de chaleur: Fr. 37'000.-; accumulateur de chaleur, y compris la pose des conduites aller et retour: Fr. 20'000.-; régulation: Fr. 5'000.-) requiert un investissement de Fr. 62'000.-

Durée d'utilisation (calculée)

La durée d'utilisation désigne la durée, exprimée en années, pendant laquelle un système énergétique ou une mesure d'économie d'énergie devrait être amortie. Quand les conditions sont favorables et l'entretien approprié, la durée de vie effective peut être plus longue.

Exemple:

Installation solaire thermique, durée d'utilisation: 20 ans.

Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation annuels sont la somme du coût de toutes les ressources d'exploitation (comme l'énergie et l'eau) et des coûts de personnel et de matériel pour l'exploitation et l'entretien, ainsi que des frais d'assurance et d'administration. Ils ne sont pas constants et dépendent du renchérissement général.

Exemple:

L'augmentation annuelle des frais d'exploitation se monte à environ 4 à 6% lorsqu'un taux d'inflation de 4% est prévu.

Taux d'intérêt du capital

Normalement, le taux d'intérêt qui convient à ce calcul est égal à la différence entre le taux d'intérêt hypothécaire et le taux d'inflation supposé, c'est-à-dire 2 à 3%.

Exemple:

Ces dix dernières années, le taux moyen d'inflation a été de 3,2%. Le taux d'intérêt hypothécaire nominal de 1^{er} rang s'est élevé à environ 5,2%. Le taux d'intérêt hypothécaire moyen en termes réels à prendre en considération est par conséquent de 2,0%.

Prix de l'énergie

Les prix des combustibles varient beaucoup, dans le temps comme d'une région à l'autre. L'évolution future du prix de l'énergie est soumise en outre au renchérissement; il faut donc en tenir compte dans le calcul de la rentabilité.

Exemple:

Les prix de l'énergie doivent être revus pour chaque calcul de rentabilité!

Renchérissement

Augmentation générale des prix, taux d'inflation.

Dans les considérations à long terme, il faut inclure le taux d'inflation moyen prévu pour une période de 10 à 15 ans.

Exemple:

Le taux d'inflation moyen des 15 dernières années s'est élevé à 3,4%.

Subventions

Aides provenant de fonds publics, qui ne sont pas liées aux contreparties courantes du marché. Elles peuvent être accordées sous forme de paiements en argent, de prêts à un taux préférentiel, ou d'allègements fiscaux. Lors de paiements en argent, on parle de subventions directes, dans les autres cas, de subventions indirectes ou cachées.

Exemple:

Prêt écologique avec une échéance de 5 ans et avec un taux préférentiel inférieur de 1% à ceux pratiqués sur le marché. Montant alloué à titre d'encouragement dans le cadre d'un programme promotionnel comme, par exemple, Energie 2000.

Allègement fiscal

Subvention indirecte, cachée. C'est donc finalement une aide déductible destinée à encourager une mesure particulière.

Exemple:

Dans la déclaration d'impôt, rénovations et mesures énergétiques et écologiques sont déductibles du revenu imposable, intégralement ou partiellement.

Calcul de la rentabilité

Le calcul de la rentabilité s'effectue selon la méthode des annuités. Le coût moyen annuel **K** d'un investissement **I** entraînant les frais d'exploitation annuels **A** s'élève à:

$$K = a \cdot I + A$$

K coût moyen annuel [Fr.]

a **facteur d'annuité**: il détermine un montant annuel constant (amortissement et intérêt) pour toute la durée d'utilisation de l'investissement (voir le tableau du Chapitre 5, Exercice 4)

I **investissement** [Fr.]: ressource financière pour l'acquisition

A frais annuels d'exploitation [Fr.]

Les frais annuels d'exploitation **A** se composent des frais d'entretien **U** ainsi que des frais d'énergie d'exploitation **E**:

$$A = U + E$$

$$E = t_b \cdot P_m \cdot e_b$$

$$A = U + t_b \cdot P_m \cdot e_b$$

A frais annuels d'exploitation [Fr.]

U frais annuels d'entretien [Fr.]

E frais annuels d'énergie d'exploitation [Fr.]

t_b durée moyenne de fonctionnement [heures/année]

P_m puissance moyenne [kW]

e_b prix de l'énergie [Fr./kWh]

La question se pose souvent de savoir quel est l'investissement supplémentaire ΔI que l'on peut économiquement justifier pour réaliser une certaine économie d'énergie:

$$\Delta I = \Delta A / a$$

$$\Delta A = t_b \cdot \Delta P_m \cdot e_b$$

ΔA : différence des frais d'exploitation dans les 2 variantes, à taux d'intérêt et frais d'entretien identiques

ΔP_m : réduction de puissance moyenne obtenue grâce à l'économie d'énergie réalisée

Les durées de fonctionnement ne sont souvent pas les mêmes; la formule à utiliser alors est la suivante:

$$\Delta A = [U + t_b \cdot \Delta P_m \cdot e_b]_{\text{Variante 1}} - [U + t_b \cdot \Delta P_m \cdot e_b]_{\text{Variante 2}}$$

4.3 Exemple

A l'aide du calcul des annuités, il s'agit d'examiner s'il vaut la peine de rénover une installation de chauffage. L'installation existante fonctionne très bien et pourrait donc rester encore longtemps en service, mais les frais énergétiques tout comme les autres frais courants sont élevés. La rénovation prévoit le remplacement de l'installation de chauffage existante par une installation moderne, de consommation énergétique sensiblement réduite.

Les données du calcul

Taux d'intérêt	5,0 %
Installation de chauffage existante (état actuel)	
Frais d'énergie	21'200 Fr./an
Autres frais d'exploitation et d'entretien	4'000 Fr./an
Frais annuels d'exploitation	<u>25'200 Fr./an</u>
Nouvelle installation de chauffage (après rénovation)	
Coûts d'investissement (devis)	50'000 Fr.
Durée d'utilisation	15 ans
Frais d'énergie	15'500 Fr./an
Autres frais d'exploitation et d'entretien	2'500 Fr./an

Le calcul

Economie de frais d'exploitation

Economie sur les frais d'énergie	21'200 – 15'500 =	5'700 Fr./an
Economie sur les autres frais d'exploitation et d'entretien	4'000 – 2'500 =	<u>1'500 Fr./an</u>
Economie sur les frais annuels d'exploitation ΔA		7'200 Fr./an

Coefficient d'annuité a 0.096
(voir le tableau du Chapitre 5, Exercice 4)

Calcul de l'investissement (supplémentaire) pouvant être financé par les économies faites sur les frais d'exploitation:

$$\Delta I = \Delta A / a = 7'200 / 0,096 = 75'000 \text{ Fr.}$$

Ce montant est nettement supérieur aux coûts d'investissement du devis de la rénovation de l'installation (50'000 Fr.). Ainsi, la mesure est rentable. Un calcul dynamique tenant compte du renchérissement peut certes modifier quelque peu ce résultat; mais dans le cas présent, il ne remettrait pas en cause la rentabilité.

4.4 Intégration des « externalités » - Le principe du pollueur payeur - Les frais environnementaux

Systèmes d'approvisionnement énergétique

Une comparaison des coûts des divers systèmes d'approvisionnement énergétiques montre clairement que d'autres critères doivent être inclus dans l'analyse si l'on veut prétendre faire une comparaison réelle et sensée. Dans le bilan global, les prix actuels, influencés surtout par des critères décisionnels à court terme, ne suffisent pas à eux seuls. On vient de voir que les frais globaux déterminés par un calcul de rentabilité traditionnel tiennent déjà compte, outre les coûts d'investissement, des frais annuels d'exploitation et des frais de démantèlement des installations.

L'énergie grise cachée dans toute la chaîne du processus de transformation de l'énergie (chaîne énergétique) fait normalement déjà partie, du point de vue économique, des charges englobées dans le calcul de rentabilité.

Dans une perspective plus globale, on examine aujourd'hui les processus de fabrication d'un système d'approvisionnement énergétique tant sous l'angle écologique que sur la base de critères économiques. Il faut pour cela tenter préalablement de quantifier les aspects environnementaux, ce qui conduit à une prise de conscience à la fois des critères écologiques et des critères économiques. La conséquence: fondamentalement, dans toutes les évaluations économiques, il faut tenir compte du cycle de vie complet des produits qui entrent en jeu. De cette manière, on s'oriente vers la mobilisation modérée

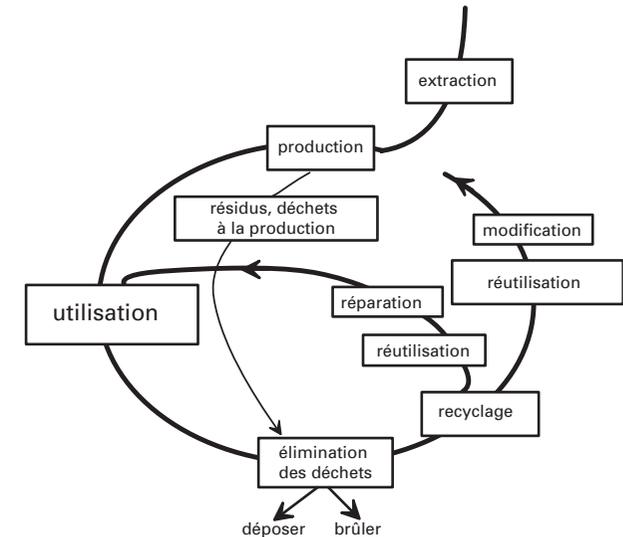


Fig. 3 Les différentes phases de la vie d'une installation d'approvisionnement en énergie

des matières premières, l'économie et le recyclage des produits auxiliaires ainsi que vers le recyclage maximum de l'énergie et des matériaux, dans **toutes les phases de la vie** d'une installation, de sa mise au point à sa déconstruction.

Agents énergétiques

Les prix actuels de l'énergie ne correspondent en aucun cas au principe de la réalité des coûts, car un grand nombre de coûts externes, qui apparaissent pendant le cycle de vie d'un agent énergétique, sont reportés sur la collectivité au lieu d'être supportés par le consommateur. Les atteintes à l'environnement provoquées par la consommation

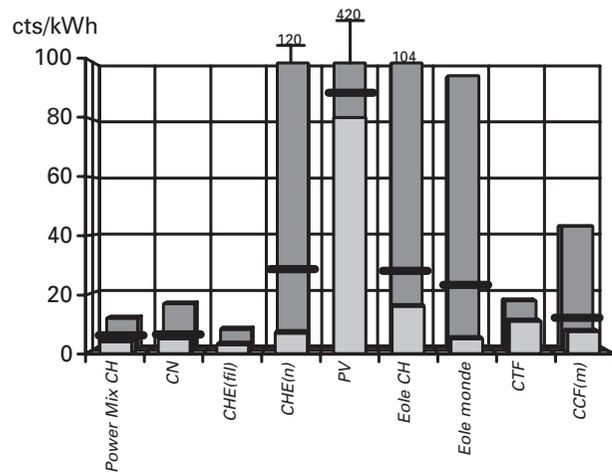


Fig. 4 Coût moyen de production du courant électrique selon le processus utilisé

d'énergie ne font pas actuellement partie du système d'élaboration du prix. Il en résulte en fin de compte une demande croissante de produits nuisibles à l'environnement. Du point de vue économique, cela signifie que les charges de l'approvisionnement énergétique relevant des producteurs et des consommateurs sont en partie « externalisées ». Ces coûts externes sont de l'ordre de grandeur des frais d'exploitation calculés ou même les surpassent. Si les prix comprenaient les coûts externes d'une énergie non renouvelable (frais environnementaux, frais de dépôt définitif et frais de traitement des déchets), les sources d'énergie renouvelables deviendraient dans beaucoup de cas concurrentielles. Ces énergies sont compatibles avec l'environnement, inépuisables et présentent un risque minime.

Comparaison de différentes installations de production d'électricité

Comparons les frais de production du courant électrique dans différents modes de production (voir fig. 4). La comparaison se limite essentiellement à quelques grandeurs pouvant faire l'objet de calculs économiques.

Commentaires:

- Les **valeurs minimum** (au premier plan, en clair) et **maximum** (à l'arrière-plan, en foncé) sont tirées de la littérature ou proviennent directement des producteurs. Les différences considérables selon les sources reflètent des points de vue ou des aspects différents. Normalement, les valeurs

typiques seront comprises entre les extrêmes. Lorsqu'une valeur typique a pu être déterminée, elle a été reportée dans le diagramme en colonnes sous la forme d'un trait gras.

- **Power Mix CH:** L'électricité fournie en Suisse par le réseau interconnecté est produite à raison de 60% environ à partir de la force hydraulique, 37% à partir de l'énergie nucléaire et 3% à partir d'autres sources.
- **CN:** centrale nucléaire
- **CHE(fil):** usine hydroélectrique aménagée au fil de l'eau
- **CHE(n):** nouvel aménagement hydroélectrique ou transformation d'une centrale existante
- **PV:** centrale photovoltaïque
- **Eole CH:** installation éolienne spécialement adaptée aux conditions suisses, à l'intérieur du pays
- **Eole monde:** installations éoliennes en général, à l'échelle du monde, p.ex. en région côtière
- **CTF:** centrale thermique fonctionnant avec un combustible fossile (huile lourde ou gaz naturel)
- **CCF(m):** installation de couplage chaleur-force modulaire
- **Coût moyen de production du courant électrique** (coût du kWh): Les coûts totaux annuels du mode de production considéré sont divisés par la production totale d'énergie, en kWh. Si le résultat est inférieur au produit de la vente du kWh, l'exploitation est rentable.

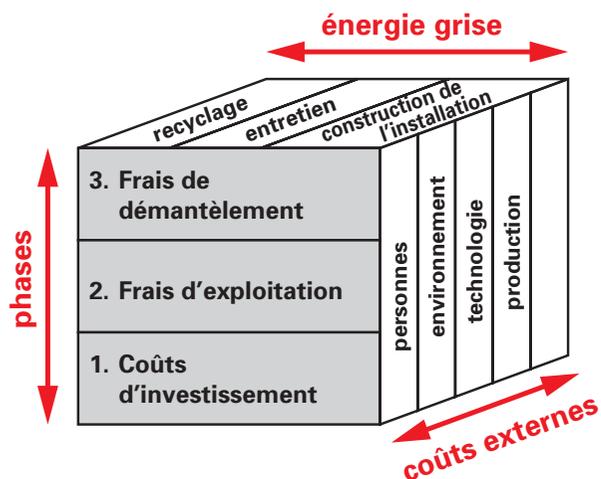


Fig. 5 La «vraie» situation (tridimensionnelle) des coûts d'une installation de production d'énergie d'un système d'approvisionnement donné. L'existence cachée des coûts externes et de l'énergie grise (2^{ème} et 3^{ème} dimensions).

Prise en compte des coûts externes

En règle générale, les répercussions externes d'un système énergétique dépendent de nombreux facteurs et ne peuvent donc être déterminées que dans le cas particulier de chaque installation.

La prise en compte des coûts externes suit le principe du pollueur payeur, ancré dans la Loi sur la protection de l'environnement (LPE). L'idée de base est simple: **Qui pollue l'environnement doit payer pour cela; qui ménage l'environnement doit pouvoir en profiter.** Si le fait d'éviter un dommage à l'environnement ou de remplacer un produit par un autre est plus avantageux que la rénovation ou l'emploi d'un produit traditionnel, le consommateur se décidera pour une solution respectant l'environnement. Ainsi, l'application systématique du principe du pollueur payeur est une condition importante du bon fonctionnement de l'économie de marché.

Les prix des énergies non renouvelables comme le pétrole, l'électricité nucléaire, le gaz naturel, le charbon, etc. doivent être remis à jour pour tenir compte des coûts externes, ainsi que les économistes et les politiciens le réclament depuis longtemps. Pour éviter la discussion sur le montant des coûts externes, il est possible de procéder indirectement tout en obtenant un effet similaire: des taxes incitatives peuvent être introduites, éventuellement dans le cadre d'une réforme fiscale.

Estimation de la production potentielle des énergies renouvelables

Les sources d'énergie renouvelables peuvent, du point de vue économique, contribuer utilement à l'approvisionnement énergétique suisse. Si les coûts externes étaient incorporés au calcul de rentabilité, certains projets deviendraient manifestement rentables. A cet effet, pour la première fois en Suisse, les coûts externes de l'utilisation de l'énergie ont été établis sur une base scientifique solide; les résultats de cette étude PACER, diffusée en septembre 1994, ont bénéficié d'un large consensus politique. Mais l'établissement d'un bilan à l'échelle de l'économie nationale ne décrit toutefois qu'imparfaitement la situation, car les atteintes les plus importantes à l'environnement se produisent dans des pays étrangers, sur les lieux d'extraction des matières premières.

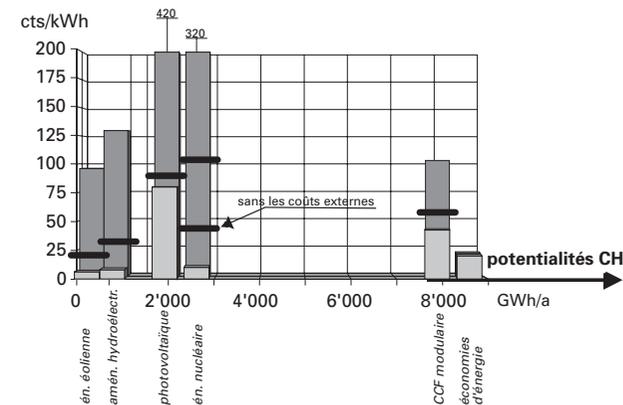


Fig. 6 Scénarios de développement: estimation des possibilités d'extension de la production d'électricité en Suisse et coût moyen de production, pour différentes variantes, avec et sans tenir compte des coûts externes (première estimation).

4.5 Instruments pour une économie écologique

Le principe du pollueur payeur, pilier de la politique environnementale dans l'économie de marché

Si les coûts externes qui, aujourd'hui, ne sont pas inclus dans les prix, comme par exemple les atteintes à la santé ou à la végétation, étaient ajoutés au prix de vente des agents énergétiques fossiles, les consommateurs d'énergie paieraient en Suisse au moins 6 à 10 milliards de francs par année de plus, d'après l'estimation des organisations écologistes; selon le principe du pollueur payeur, la mesure serait parfaitement justifiée. Ce principe ne doit pas être compris comme la volonté de chiffrer l'environnement en termes économiques. C'est plutôt une aide parmi d'autres pour évaluer les mesures de politique environnementale et énergétique.

A côté de mesures volontaires et de mesures contraignantes, une politique environnementale valable a aussi besoin **d'instruments efficaces relevant de l'économie de marché**. Impôts, licences, redevances et taxes ont un objectif commun: conférer aux ressources de la nature un prix plus juste. Ainsi, l'utilisation des sources d'énergie renouvelables et les activités économiques ménageant les ressources en général seront favorisées par rapport à celles qui gaspillent les matières premières et portent atteinte à l'écosystème. De tels signaux au niveau des prix incitent producteurs et consommateurs à adapter leur comportement. Selon les expériences faites jusqu'ici, il en résultera aussi des innovations qui permettront dorénavant d'employer les énergies renouvelables et les techniques d'économie d'énergie sur la base des coûts réels de chaque technologie.

Mesures ciblées d'encouragement

La plupart des subventions n'atteignent pas, en règle générale et à long terme, l'objectif socio-économique désiré. Dans des circonstances données, il est toutefois indispensable de donner une impulsion de départ par des **contributions ciblées**, sous forme de mesures d'encouragement, pour créer une situation attractive d'économie de marché. Des soutiens financiers, limités dans le temps, à l'acquisition d'installations décentralisées d'approvisionnement en énergie (installations solaires surtout) peuvent influencer favorablement la structure de l'approvisionnement en énergie tout en créant des emplois et donnant des impulsions positives à l'économie.

Des conventions tarifaires applicables à long terme et des mesures d'encouragement sont nécessaires. Voici quelques-unes des mesures promotionnelles directes applicables par les pouvoirs publics:

- **subventionnement** d'installations pilotes et de démonstration
- **subventionnement** d'études préalables
- **versement au producteur de l'équivalent des coûts externes**, p. ex. en majorant de quelques centimes par kWh le tarif de rachat
- **prêts à intérêt préférentiel**, un modèle de financement des constructions et des rénovations qui ménagent l'environnement a été élaboré par les banques cantonales sous la forme de prêts à intérêt préférentiel, dits prêts écologiques
- **taxes d'incitation à affectation fixe** en faveur de technologies respectueuses de l'environnement

Réforme fiscale écologique

Pour aller plus loin, un **changement structurel** devrait succéder aux deux instruments mentionnés ci-dessus: une réforme fiscale.

L'idée à la base de la réforme fiscale écologique consiste à réduire l'impôt sur le revenu perçu actuellement et à taxer progressivement l'énergie et les atteintes à l'environnement. Ainsi, les coûts externes occasionnés par l'activité économique seraient inclus petit à petit dans le système de formation des prix du marché. Une condition préalable importante est la redistribution à l'économie privée et à la population du produit de la taxe, de façon à maintenir constante la quote-part de l'Etat; car il s'agit essentiellement d'une mesure d'incitation et non pas de l'aménagement de nouvelles recettes pour l'Etat. La redistribution de ces recettes fiscales pourrait avoir lieu, par exemple, en abaissant les charges sociales sur les salaires.

L'argument le plus important en faveur d'une réforme fiscale écologique est qu'actuellement, le coût de la main-d'œuvre est augmenté massivement par les charges sociales grevant les salaires, l'impôt sur le revenu et les taxes sociales, alors que d'autres facteurs de production comme par exemple les matières premières et l'énergie ne le sont pas. La demande de main-d'œuvre a diminué à cause de son coût élevé; elle diminuera encore de par l'introduction de nouvelles technologies étroitement dépendantes de l'énergie, comme par exemple l'automatisation et l'électronique, ce qui aura tendance à augmenter le nombre des chômeurs.

Une réduction de la charge fiscale sur le travail compensée par un impôt sur l'énergie créerait des emplois et abaisserait la consommation d'énergie tout en tenant compte des coûts externes.

Planification intégrée des ressources, prestations énergétiques

Traditionnellement, les entreprises assurant l'approvisionnement en énergie offrent à leurs clients de l'électricité, du gaz ou divers combustibles fossiles. Les besoins d'un client ne se résument toutefois pas à la consommation de kilowattheures; il désire peut-être un bain chaud. Il ne souhaite pas seulement recevoir de l'énergie, mais une prestation, un service fourni à l'aide de cette énergie, ce qu'on appelle une prestation énergétique.

Une **planification intégrée des ressources (IRP)**, de la production à l'utilisation, conduit désormais aussi le fournisseur à procurer à ses clients en premier lieu une prestation énergétique. Si ces prestations énergétiques sont réalisées avec les frais globaux les plus bas possibles, la procédure choisie est qualifiée de **Least Cost Planning (LCP)**.

Ainsi, les entreprises chargées de l'approvisionnement en énergie deviennent des **entreprises de services énergétiques**. Ce sont des entreprises qui offrent à leurs clients, à côté de la vente optimisée d'agents énergétiques, des prestations en faveur d'une utilisation plus rationnelle de l'énergie. Pour ces entreprises, les mesures d'économie d'énergie qu'elles conseillent et mettent en œuvre sont considérées comme des investissements destinés à augmenter leurs capacités de production.

4.6 Libéralisation des marchés de l'énergie

Dans le cadre des mesures de déréglementation tendant à globaliser l'économie, des barrières limitant l'accès des marchés ont aussi été supprimées dans l'économie de l'énergie. Le monopole dont jouissent les compagnies d'électricité, garanti et réglementé par l'Etat principalement pour des raisons relevant de la sécurité d'approvisionnement, est en train de disparaître. La libéralisation des marchés de l'énergie a commencé.

L'exemple de l'ouverture du marché de l'électricité:

Avec la libéralisation du marché de l'électricité, les fournisseurs d'électricité sont en étroite concurrence. Dans quelques années, le consommateur pourra lui-même décider quelle électricité il désire acheter à quel fournisseur et combien il est prêt à payer pour cela. Une partie des consommateurs désirent de l'électricité bon marché. A l'opposé, d'autres utilisateurs, conscients des impératifs environnementaux, sont prêts à payer un supplément de prix pourvu que l'énergie achetée soit produite en respectant l'environnement. Les centrales hydroélectriques tout comme les installations décentralisées de production à partir des sources d'énergie renouvelables seront mises sous pression. Leur survie est mieux assurée s'ils s'orientent vers une production sans risque du point de vue écologique, car, pour cette production-là, on peut obtenir un prix plus élevé sur le marché.

Dans un marché énergétique libéralisé, la **déclaration des produits** acquerra une signification centrale en tant qu'instrument d'identification. L'objectif de

l'application à l'énergie de cette déclaration est de permettre à l'énergie verte de se démarquer de l'énergie bon marché des centrales thermiques de grande puissance. Cette dernière sera probablement offerte en grande quantité par delà les frontières dans un marché libéralisé. La déclaration de produit doit convaincre le consommateur de choisir une énergie produite de manière durable et de payer pour cela un prix plus élevé.

Les **bourses d'électricité écologique** de quelques compagnies représentent un premier pas dans cette direction: les producteurs d'électricité offrent la possibilité de s'approvisionner en électricité certifiée d'origine renouvelable. La compagnie peut acheter cette énergie renouvelable à un tiers ou, au besoin, faire construire des installations par le biais du «contracting», donc sans devoir investir elle-même.

Dans le «**contracting**», le «contracteur» fait l'étude, réalise et exploite des installations approvisionnant son client en énergie(s) utile(s) (et non plus finales); il s'autofinance et/ou fait appel à des capitaux de tiers. Le client lui achète ce dont il a besoin comme utilisateur final: de la chaleur, de la lumière, etc. Il le fait à un prix fixé par contrat (d'où le nom de **contracting** donné à ce type d'arrangement); ce prix est souvent inférieur à celui qu'il aurait obtenu s'il avait lui-même investi dans ces installations.

La libéralisation des marchés de l'énergie comporte certes des risques; mais elle présente aussi des

opportunités. Par la concurrence entre fournisseurs de services centralisés et décentralisés, des thèmes comme la vérité des coûts, les conditions d'achat équitables et, dans le meilleur des cas, la déconstruction d'installations désuètes au profit d'une production décentralisée propre, peuvent être abordés et discutés publiquement.

Souvent la réalisation d'un projet échoue parce que **personne n'est prêt à investir**. Les centres de conseil et les agences de l'énergie pourraient assurer que, même sans investisseur, un investissement rentable soit réalisé pour autant qu'il semble indispensable du point de vue de l'environnement et des ressources. Les **agences de l'énergie** créées depuis la mise en vigueur de la nouvelle loi sur l'énergie devraient avoir la possibilité de préfinancer l'investissement grâce à un fonds énergétique. Ainsi, des directives étatiques pourraient être mises en pratique.

5. Exercices et solutions proposées

Exercice 1: Lampe à basse consommation d'énergie ou lampe à incandescence?

Voici une petite réflexion de mise en forme. Imaginons que nous puissions, par l'achat d'un appareil peu gourmand en électricité, obtenir finalement le même résultat qu'en construisant une mini-centrale électrique dans notre propre maison. Eh bien! c'est possible: installons simplement une nouvelle ampoule de 23 W donnant exactement autant de lumière qu'une ampoule normale de 120 W; nous économisons 97 W, ce qui revient à dire que nous avons construit une petite centrale électrique produisant

97 négawatt, c.-à-d. 97 watt non utilisés. Car cette énergie économisée peut être mise à la disposition d'un autre client sans qu'il soit nécessaire de produire de l'énergie supplémentaire.

Pendant sa durée de vie d'au moins 12'000 heures de fonctionnement, un tube fluorescent construit de manière compacte, du type lampe à basse consommation d'énergie d'une puissance de 23 W, économise 1'455 kWh d'électricité par rapport à une ampoule à incandescence qui a besoin de 120 W pour donner autant de lumière.

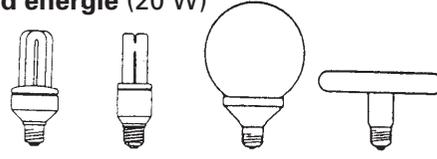
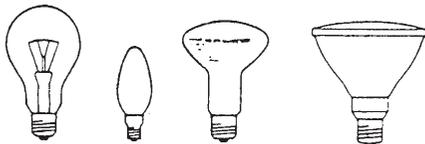
	Lampe à basse consommation d'énergie (20 W) 	Ampoule à incandescence (100 W) 
Puissance consommée	23 W	120 W
Durée de vie	15'000 h	2'000 h
Durée moyenne de vie	12 ans (fonctionnement: env. 3 h/jour)	2 ans (fonctionnement: env. 3 h/jour)
Prix d'achat	Fr. 16.–	Fr. 1.40
Investissement total pendant la durée de vie	Fr. 16.–	Fr. 8.40
L'investissement plus élevé est amorti...	après 400 heures environ	–
Consommation d'énergie	345 kWh en 12 ans	1'800 kWh en 12 ans
Frais d'énergie d'exploitation (20 cts/kWh)	Fr. 69.–	Fr. 360.–
Coût total sur 12 ans	Fr. 85.–	Fr. 368.40

Fig. 7 Caractéristiques techniques des lampes à basse consommation d'énergie et des lampes à incandescence

Avec une durée d'utilisation annuelle de près de 1'100 heures et un prix de l'énergie de 20 centimes par kWh, la lampe à basse consommation d'énergie est amortie après une année déjà grâce à l'énergie économisée.

$$\Delta \text{ frais d'énergie [Fr.] =} \\ \Delta \text{ énergie [kWh]} \cdot \text{tarif [Fr./kWh]}$$

$$\Delta \text{ énergie [kWh]} = \\ \frac{\Delta \text{ puissance [W]} \cdot \text{durée de fonctionnement [h]}}{1'000}$$

**Durée de l'amortissement
des coûts supplémentaires =**

$$\frac{(16.00 - 8.40) \text{ Fr.} \cdot 1'000}{(97 \text{ W} \cdot 0.2 \text{ Fr. / kWh})} = 391 \text{ h}$$

Il est évident que, malgré le prix d'achat relativement élevé d'une lampe à basse consommation d'énergie par rapport à celui d'une ampoule à incandescence, on peut économiser au moins Fr. 280.– pendant la durée de vie de la première, avec le même confort.

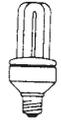
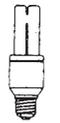
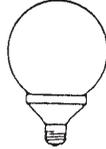
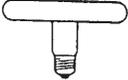
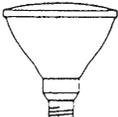
Bien qu'il soit considéré comme un déchet dangereux, le tube fluorescent, s'il est éliminé correctement, ne pose pas de problème en matière de protection de l'environnement.

Exercice: dresser un tableau comparatif (p. ex. avec EXCEL) des données connues les plus variées et calculer l'économie de coût correspondante ainsi que la durée d'amortissement.

Travail préliminaire: Les apprentis relèveront, dans un magasin, les caractéristiques des lampes à basse consommation d'énergie et des lampes à incandescence correspondantes (W, prix, durée de vie) et les reporteront dans un tableau comparatif. La page suivante peut servir de modèle.

Exercice 1:

Tableau comparatif des lampes à basse consommation d'énergie et des ampoules à incandescence (Fig. 8)

	Lampe à basse consommation d'énergie				Ampoule à incandescence			
								
Puissance consommée								
Durée de vie								
Durée moyenne de vie								
Prix d'achat								
Investissement total pendant la durée de vie								
L'investissement plus élevé est amorti...								
Consommation d'énergie pendant la durée de vie								
Frais d'énergie d'exploitation (... cts/kWh)								
Coût total sur ... ans								

Exercice 2: Taxe sur l'énergie et réforme fiscale écologique

Exercice:

Les apprentis compilent, dans un tableau, les différences principales entre une taxe sur l'énergie et une réforme fiscale écologique.

Travail préliminaire:

lecture du texte choisi dans «L'énergie, facteur-clé de notre temps»: «La responsabilité de l'Etat et la politique énergétique suisse».

La solution proposée est la suivante:

Taxe sur l'énergie	Réforme fiscale écologique
<ul style="list-style-type: none"> – La recette d'une taxe sur l'énergie sera employée au soutien des énergies renouvelables et de l'utilisation rationnelle de l'énergie, peut-être aussi à la rénovation des centrales hydroélectriques existantes. 	<ul style="list-style-type: none"> – La recette est redistribuée et sert à abaisser les charges sociales grevant les salaires, éventuellement aussi à financer des assurances sociales.
<ul style="list-style-type: none"> – Une telle taxe agit surtout par le biais du subventionnement des techniques énergétiques désirées. 	<ul style="list-style-type: none"> – La réforme agit grâce au renchérissement des énergies traditionnelles par rapport aux énergies renouvelables et au coût de la main-d'œuvre.
<ul style="list-style-type: none"> – Elle peut être mise en œuvre rapidement, sans révision constitutionnelle. 	<ul style="list-style-type: none"> – Une nouvelle base constitutionnelle en est la condition, donc sa mise en œuvre demande plus de temps.
<ul style="list-style-type: none"> – Elle est conçue comme une impulsion de départ aux énergies nouvelles, limitée dans le temps. 	<ul style="list-style-type: none"> – Elle n'est pas limitée dans le temps.

Exercice 3: Prise en compte des coûts externes

Recueil d'exercices recommandé:

«L'énergie, facteur-clé de notre temps», Cahier de l'élève, chapitre 5.

Solutions dans le cahier destiné aux enseignants.

La référence complète de cet ouvrage de base pour l'enseignement se trouve dans le chapitre 6, Bibliographie.

Exercice 4: Calcul de rentabilité

Exercice:

Sur la base des données et des coûts indiqués, les apprentis vérifient la rentabilité d'une petite turbine installée dans le réseau d'alimentation en eau potable d'une commune des Préalpes.

Utiliser les feuilles de travail des pages suivantes.

On calculera:

- a) le coût moyen de production de l'électricité
- b) la rentabilité de l'aménagement hydroélectrique pour le tarif de rachat de Fr. 0.12 le kWh. Toute l'électricité produite est injectée dans le réseau communal, dont la commune est propriétaire. Donner la solution sous forme de gain ou de perte en francs par année.

Solution:

- a) Coût moyen de production de l'électricité:
Fr. 0.09 le kWh
- b) Gain de Fr. 4'274.– par année

Exercice 4: Feuilles de travail pour le calcul de la rentabilité d'une petite turbine dans un réseau d'alimentation en eau potable d'une commune des Préalpes (pages 23 et 24)

Durée d'utilisation en années	Taux d'intérêt pour le calcul					
	1%	2%	3%	4%	5%	6%
1	1,010	1,020	1,030	1,040	1,050	1,060
2	0,508	0,515	0,523	0,530	0,538	0,545
3	0,340	0,347	0,354	0,360	0,367	0,374
4	0,256	0,263	0,269	0,275	0,282	0,289
5	0,206	0,212	0,218	0,225	0,231	0,237
6	0,173	0,179	0,185	0,191	0,197	0,203
7	0,149	0,155	0,161	0,167	0,173	0,179
8	0,131	0,137	0,142	0,149	0,155	0,161
9	0,117	0,123	0,128	0,134	0,141	0,147
10	0,106	0,111	0,117	0,123	0,130	0,136
11	0,096	0,102	0,108	0,114	0,120	0,127
12	0,089	0,095	0,100	0,107	0,113	0,119
13	0,082	0,088	0,094	0,100	0,106	0,113
14	0,077	0,083	0,089	0,095	0,101	0,108
15	0,072	0,078	0,084	0,090	0,096	0,103
16	0,068	0,074	0,080	0,086	0,092	0,099
17	0,064	0,070	0,076	0,082	0,089	0,095
18	0,061	0,067	0,073	0,079	0,086	0,092
19	0,058	0,064	0,070	0,076	0,083	0,090
20	0,055	0,061	0,067	0,074	0,080	0,087
25	0,045	0,051	0,057	0,064	0,071	0,078
30	0,039	0,045	0,051	0,058	0,065	0,073
35	0,034	0,040	0,047	0,054	0,061	0,069
40	0,030	0,037	0,043	0,051	0,058	0,066
50	0,026	0,032	0,039	0,047	0,055	0,063

Données de base:

- dénivellation utile H_n : 120 m (entre le captage de la source et le réservoir);
- débit (moyenne annuelle) Q_m : 20 l/s;
- la turbine, le générateur et l'armoire de commande peuvent être installés dans le réservoir existant;
- la conduite forcée est remplacée au cours de la réfection générale des installations.

Puissance électrique moyenne:

$P_{el} = (7 \cdot Q_m \cdot H_n) / 1000 = \dots\dots\dots$ [kW]

Production annuelle d'énergie:

$E = 8500 \cdot P_{el} = \dots\dots\dots$ [kWh]

Charges d'investissement:

- turbine et installations électriques, raccordement au réseau
Fr. 4000/kW· P_{el} = Fr.
- travaux de génie civil au captage de la source et dans le réservoir existant, pour le placement de la turbine et du générateur
Fr. 15'000.-
- supplément de coût pour la conduite forcée (DN 125, au lieu de DN 80 sans turbine); longueur: 250 m
Fr. 5'000.-
- frais annexes (une partie des frais d'étude et de conduite du chantier, émoluments, etc.)
Fr. 13'000.-
- divers et imprévu
Fr. 10'000.-

Charges totales d'investissement Fr.

Charges annuelles:

- durée moyenne d'amortissement:
20 ans; taux d'intérêt: 8.5%;
taux d'inflation: 4.5%.
Facteur d'annuité a , voir tableau
page précédente: 4% pour 20 ans.
Coût du capital: $K = a \cdot I =$ Fr.
 - exploitation et entretien
(seulement turbine et générateur;
l'entretien du réservoir et de la
conduite forcée sont imputés au
budget de l'alimentation en eau),
5% de Fr. Fr.
 - taxes et assurances,
administration, etc. Fr. 1'000.-
-
- Charges totales annuelles (dépenses)** Fr.

Coût moyen de production de l'électricité:

- charges annuelles [Fr.]:
pour une production annuelle
d'énergie de [kWh],
c.-à-d. Fr./kWh

Rentabilité:

- tarif moyen de rachat du courant:
Fr. 0.12/kWh (toute la production
est injectée dans le réseau de la
commune)
- rendement annuel (recettes):
..... * = Fr.

Gain ou perte annuel(le):

recettes – dépenses = Fr.

Exercice 4: Solution proposée

pour le calcul de la rentabilité d'une petite turbine dans un réseau d'alimentation en eau potable d'une commune des Préalpes (pages 25 et 26)

Données de base:

- dénivellation utile H_n : 120 m (entre le captage de la source et le réservoir);
- débit (moyenne annuelle) Q_m : 20 l/s;
- la turbine, le générateur et l'armoire de commande peuvent être installés dans le réservoir existant;
- la conduite forcée est remplacée au cours de la réfection générale des installations.

Puissance électrique moyenne:

$$P_{el} = (7 \cdot 20 \cdot 120) / 1000 = 16.8 \text{ [kW]}$$

Production annuelle d'énergie:

$$E = 8500 \cdot 16.8 = 142'800 \text{ [kWh]}$$

Charges d'investissement:

- | | | |
|--|-------------------|----------------------|
| - turbine et installations électriques, raccordement au réseau | Fr. 4000 · 16.8 = | Fr. 70'000.– |
| - travaux de génie civil au captage de la source et dans le réservoir existant, pour le placement de la turbine et du générateur | | Fr. 15'000.– |
| - supplément de coût pour la conduite forcée (DN 125, au lieu de DN 80 sans turbine); longueur: 250 m | | Fr. 5'000.– |
| - frais annexes (une partie des frais d'étude et de conduite du chantier, émoluments, etc.) | | Fr. 13'000.– |
| - divers et imprévu | | Fr. 10'000.– |
| Charges totales d'investissement | | Fr. 113'000.– |

Charges annuelles:

- durée moyenne d'amortissement:
20 ans; taux d'intérêt: 8.5%;
taux d'inflation: 4.5%.
Facteur d'annuité a , voir tableau
p. 23: 4% pour 20 ans.
Coût du capital:
 $K = 0.074 \cdot 113'000 =$ Fr. 8'362.-
- exploitation et entretien
(seulement turbine et générateur;
l'entretien du réservoir et de la
conduite forcée sont imputés au
budget de l'alimentation en eau),
5% de 70'000 Fr. Fr. 3'500.-
- taxes et assurances,
administration, etc. Fr. 1'000.-

Charges totales annuelles (dépenses) Fr. 12'862.-

Coût moyen de production de l'électricité:

- charges annuelles [Fr.]: 12'862
pour une production annuelle
d'énergie de 142'800 [kWh],
c.-à-d. Fr./kWh 0.09

Rentabilité:

- tarif moyen de rachat du courant:
Fr. 0.12/kWh (toute la production
est injectée dans le réseau de la
commune)
- rendement annuel (recettes):
142'800 kWh · Fr. 0.12/kWh = Fr. 17'136.-

Gain ou perte annuel(le):

recettes – dépenses = gain Fr. **4'274.-**

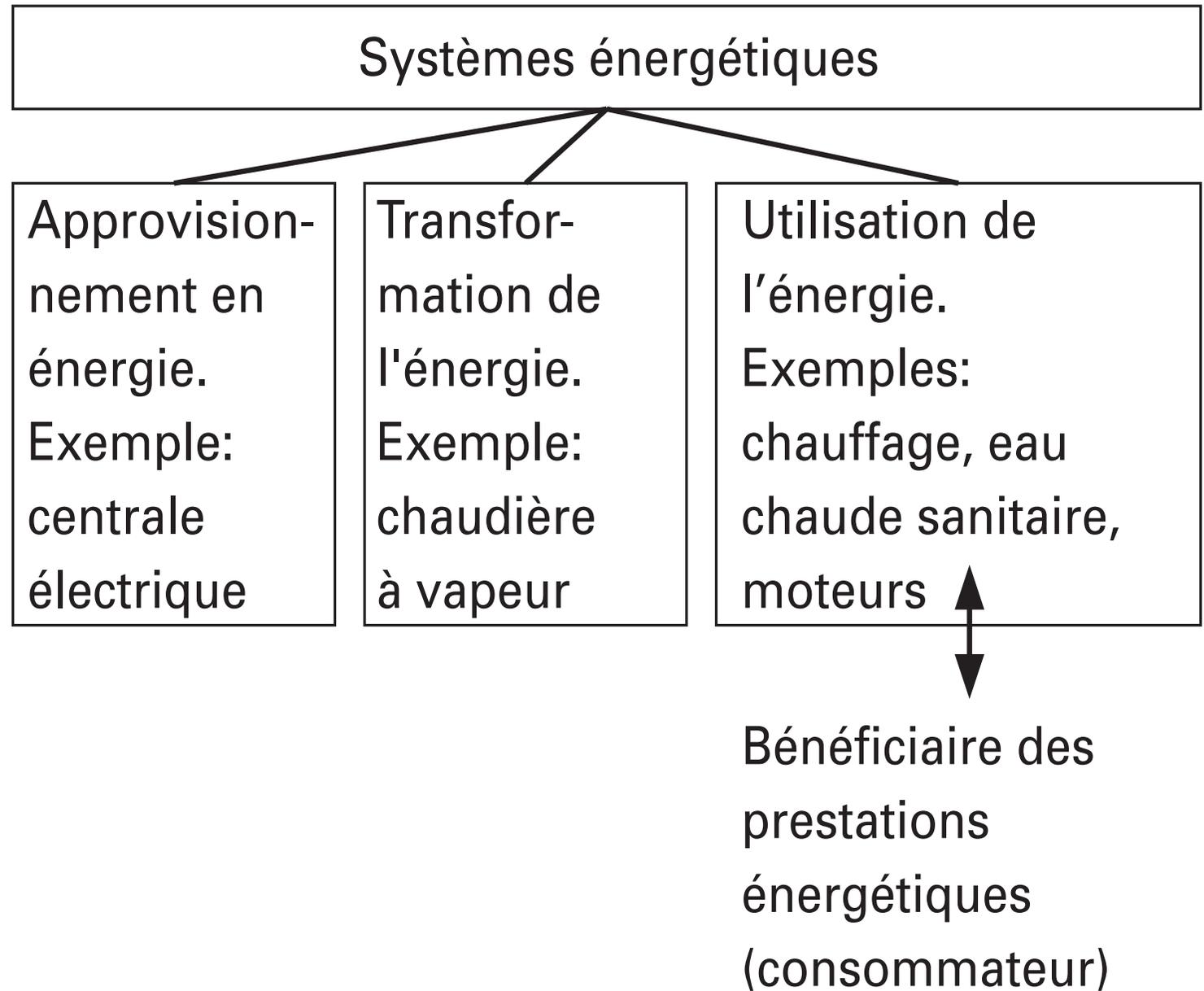
6 Bibliographie

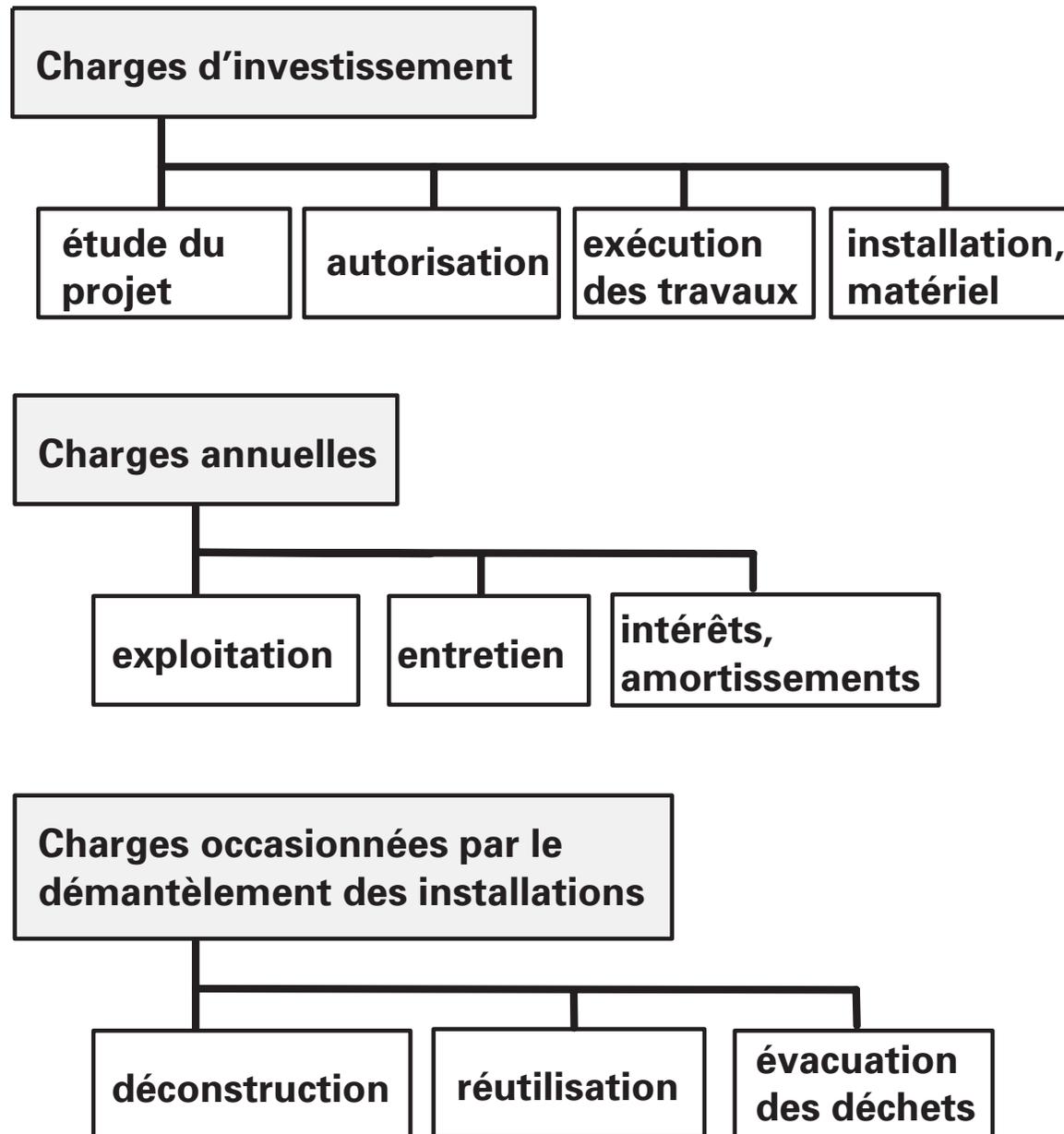
- RAVEL, une économie d'argent – Guide pratique pour les calculs de rentabilité.
André Müller, Felix Walter,
RAVEL 724.397.42.01 f,
Office fédéral des questions conjoncturelles,
Berne, 1992
- Coûts externes et surcoûts inventoriés du prix de l'énergie dans les domaines de l'électricité et de la chaleur.
Walter Ott, Klaus P. Masuhr,
PACER 724.270.7 f,
Office fédéral des questions conjoncturelles,
Berne, 1994
- L'énergie, facteur-clé de notre temps.
Cahier de l'élève et matériel pour l'enseignant
Maja Messmer et al.,
Office fédéral des questions conjoncturelles
A commander chez LEP Loisirs et pédagogie,
1052 Le Mont-sur-Lausanne, tél. 021 651 25 70

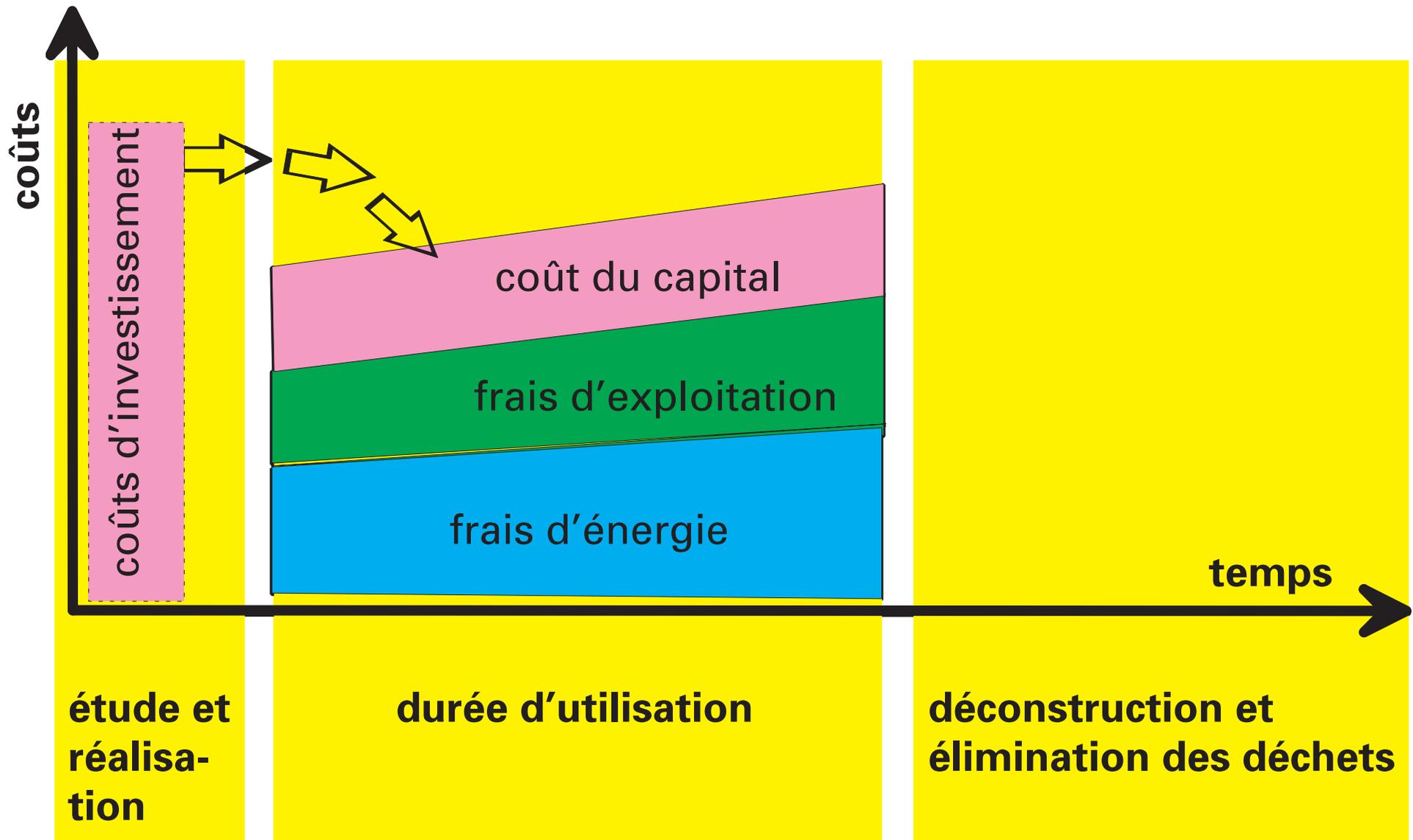
7 Sources

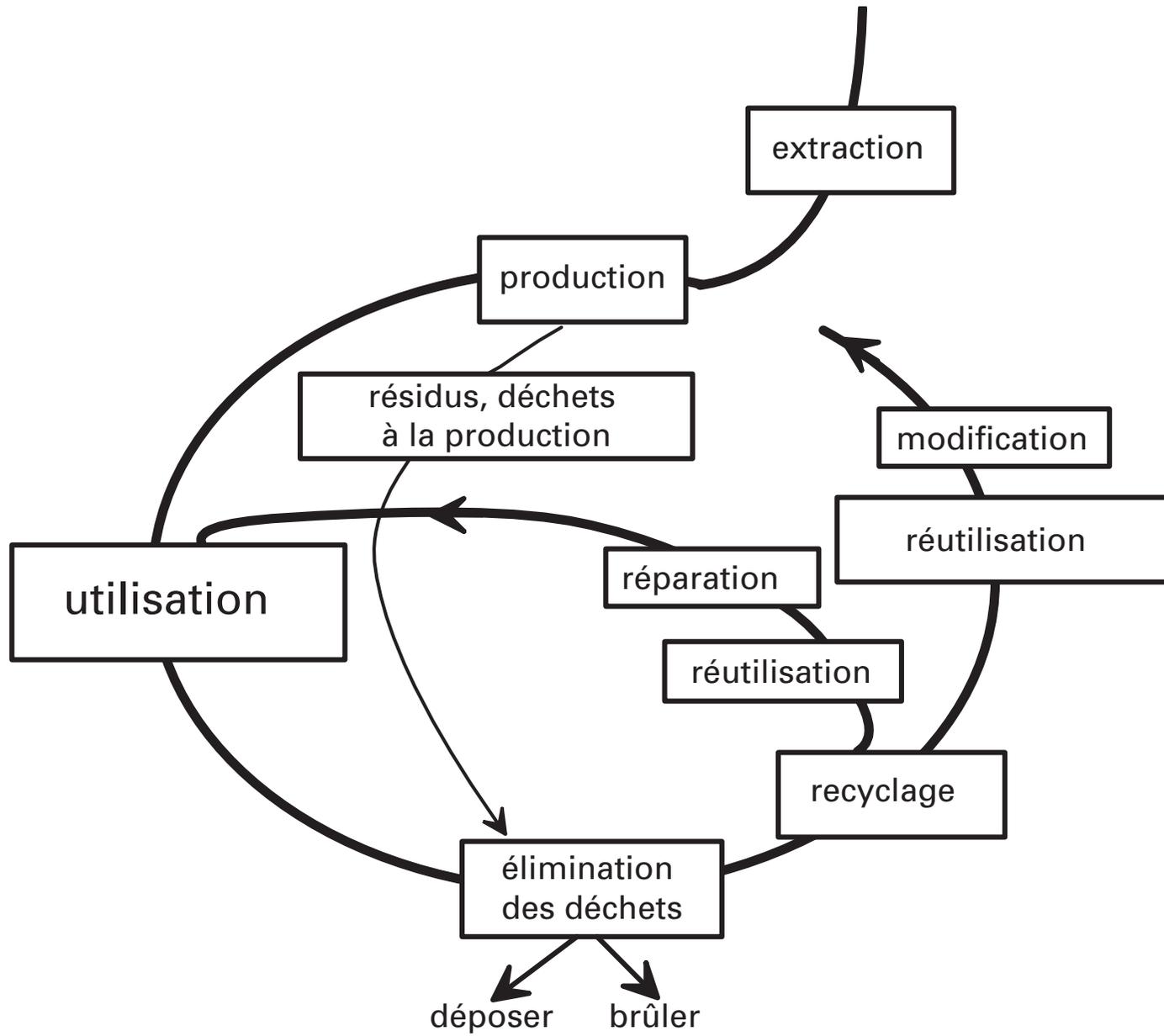
Toutes les figures sont de l'auteur, qui s'est inspiré en partie de la bibliographie du chapitre 6.

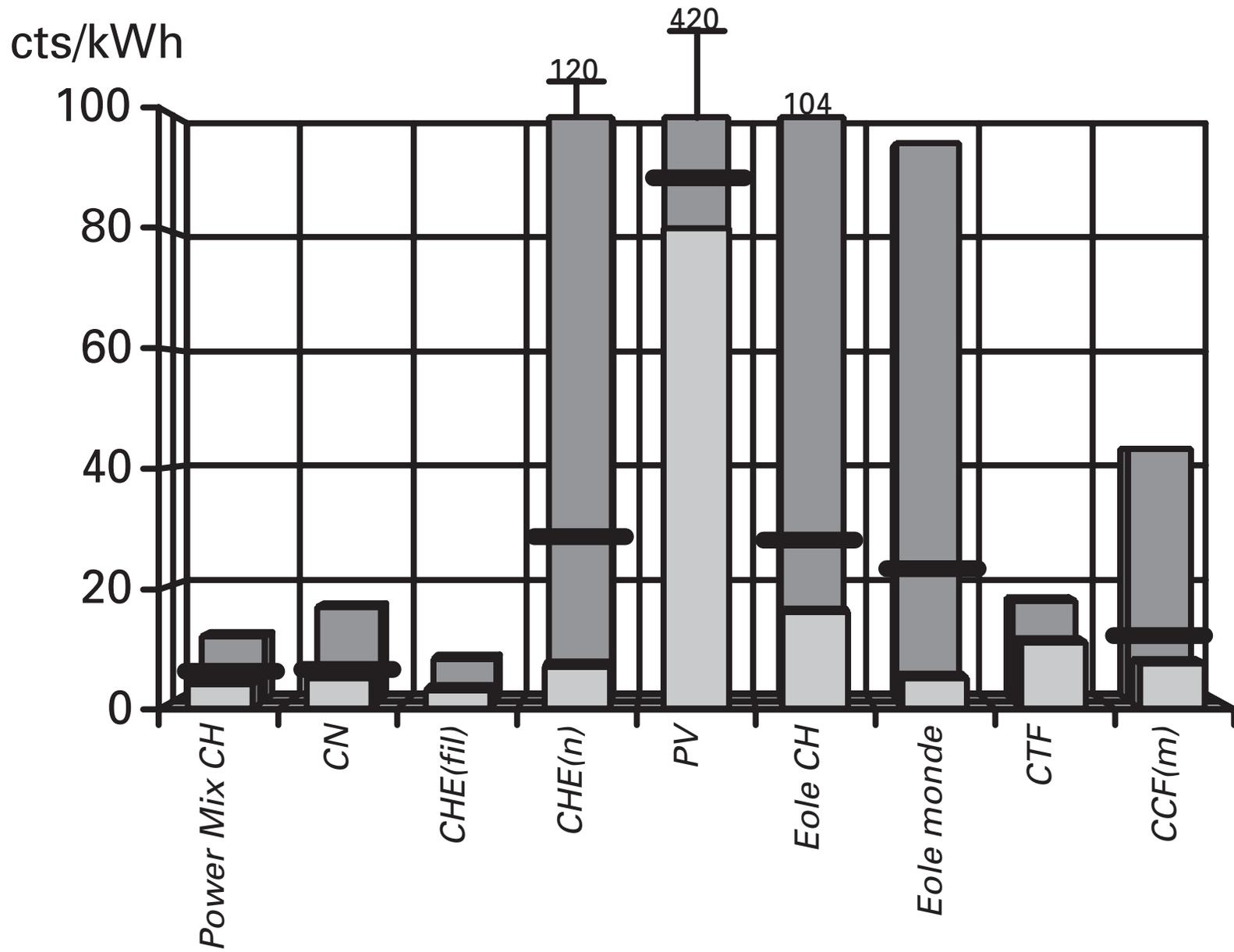
8 Modèles

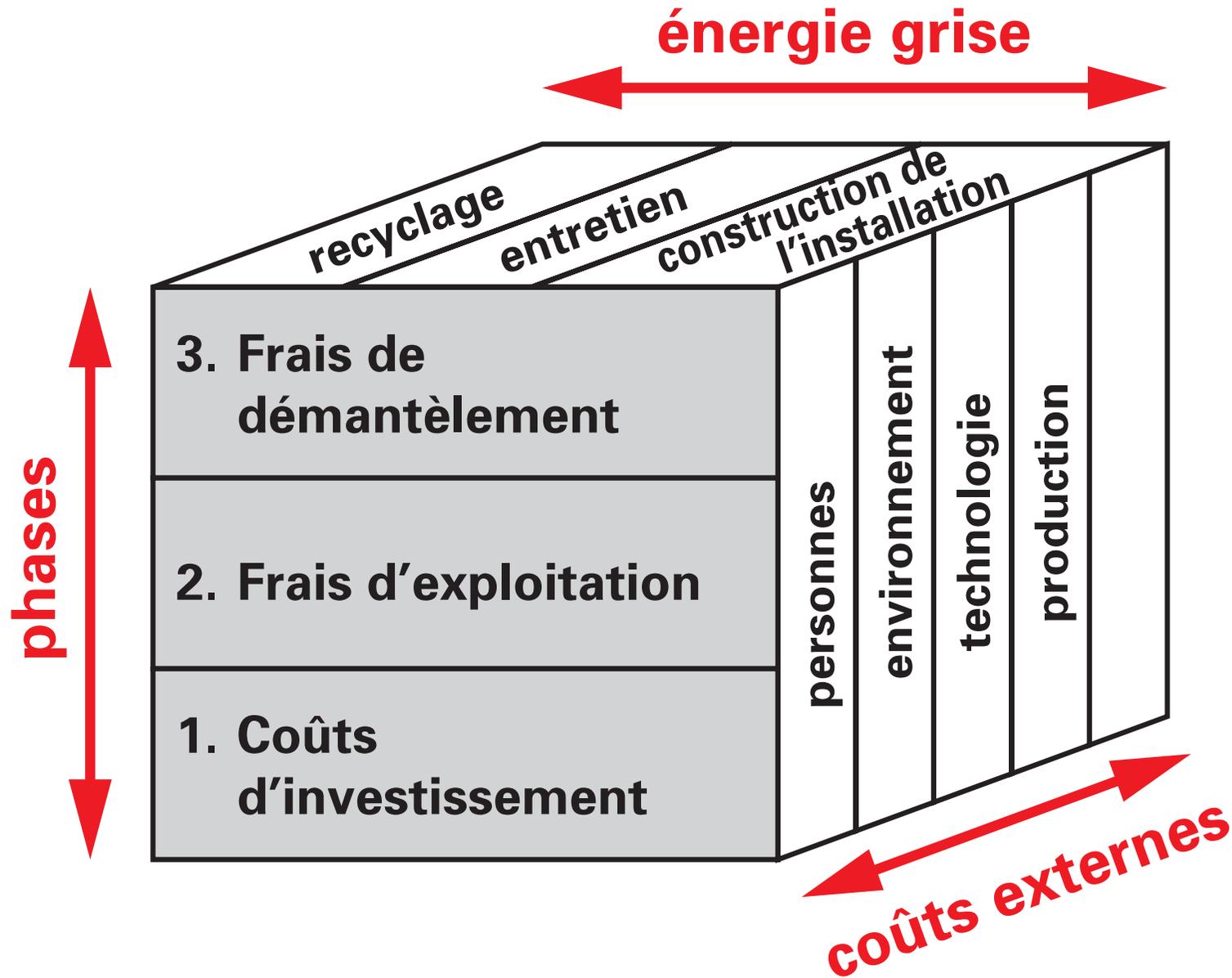


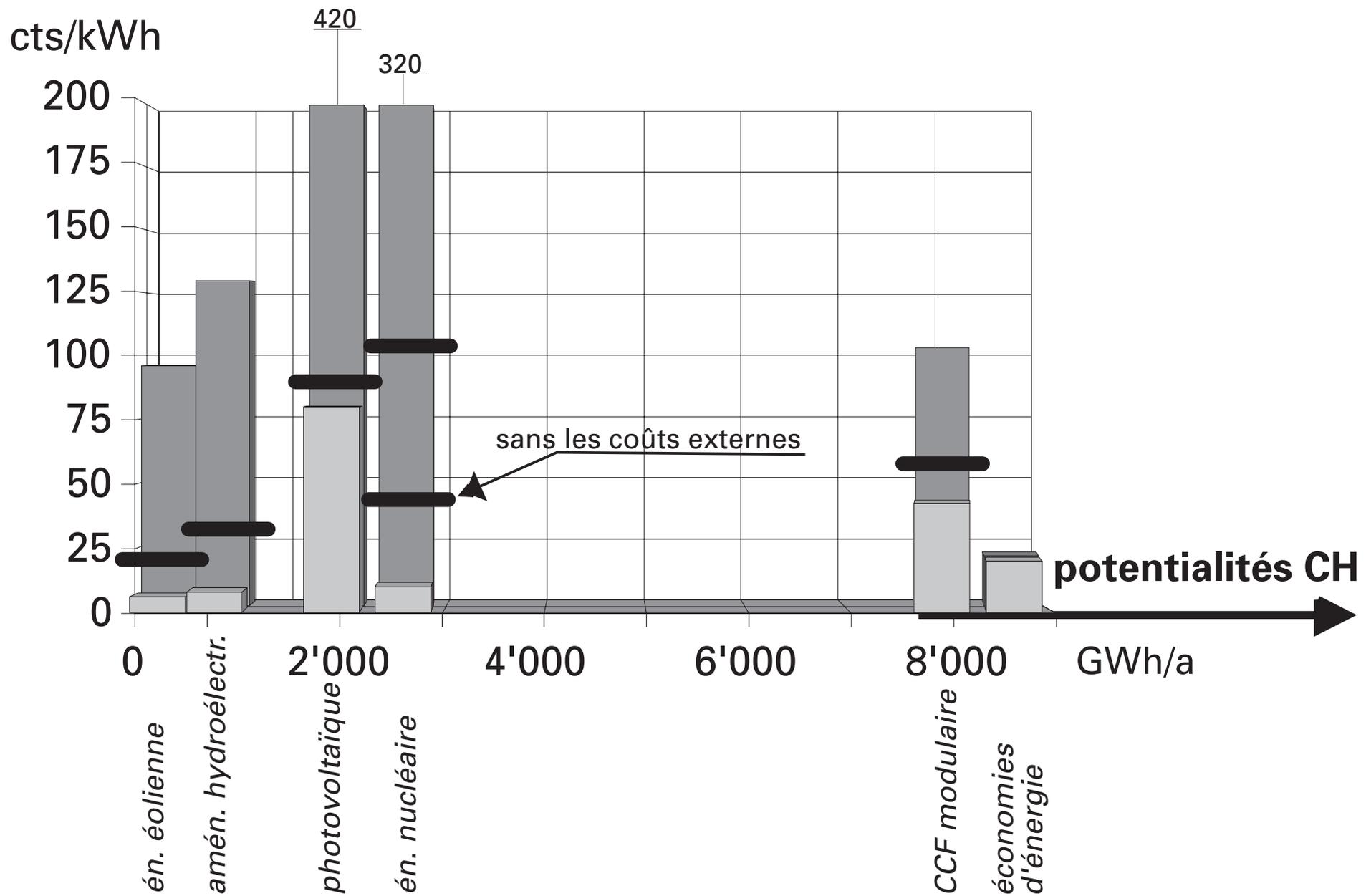


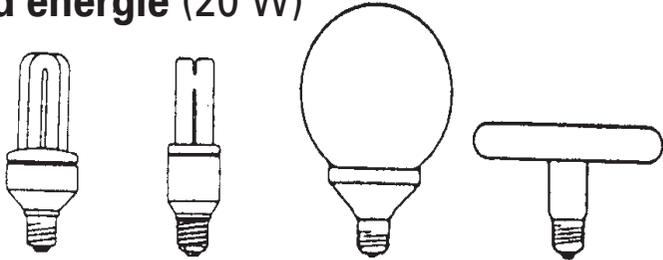
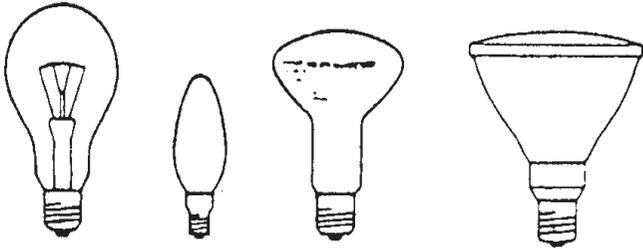


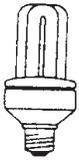
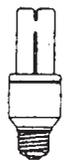
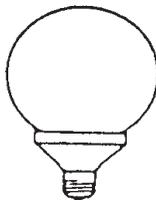
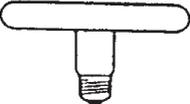
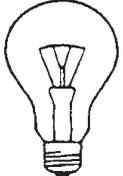
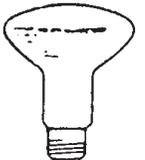
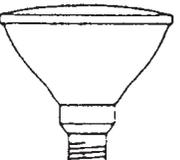








	Lampe à basse consommation d'énergie (20 W) 	Ampoule à incandescence (100 W) 
Puissance consommée	23 W	120 W
Durée de vie	15'000 h	2'000 h
Durée moyenne de vie	12 ans (fonctionnement: env. 3 h/jour)	2 ans (fonctionnement: env. 3 h/jour)
Prix d'achat	Fr. 16.–	Fr. 1.40
Investissement total pendant la durée de vie	Fr. 16.–	Fr. 8.40
L'investissement plus élevé est amorti...	après 400 heures environ	–
Consommation d'énergie	345 kWh en 12 ans	1'800 kWh en 12 ans
Frais d'énergie d'exploitation (20 cts/kWh)	Fr. 69.–	Fr. 360.–
Coût total sur 12 ans	Fr. 85.–	Fr. 368.40

	Lampe à basse consommation d'énergie				Ampoule à incandescence			
								
Puissance consommée								
Durée de vie								
Durée moyenne de vie								
Prix d'achat								
Investissement total pendant la durée de vie								
L'investissement plus élevé est amorti...								
Consommation d'énergie pendant la durée de vie								
Frais d'énergie d'exploitation (... cts/kWh)								
Coût total sur ... ans								