

COURS D'INTRODUCTION SUR L'EVALUATION ECONOMIQUE DES PROJETS ENERGETIQUES

J.C. JANSEN

AVANT-PROPOS

Ce document représente le cours théorique sur l'évaluation financière et économique des projets énergétiques. Le séminaire concerné a été organisé par la Banque Mondiale à Bujumbura, du 11 au 16 novembre 1991.

Ce document est une courte introduction sur le sujet concerné. Il s'adresse à une audience professionnelle non forcément formé économiquement, impliquée dans les décisions d'investissement pour les projets énergétiques burundais. Le groupe cible inclut entre autres les cadres supérieurs et moyens du Ministère de l'Energie, et des monopoles publics du secteur énergétique burundais. Toutefois, la part théorique ne s'appuie que légèrement sur la situation spécifique de Burundi.¹

1 Référence est faite aux cas d'études, préparés pour le même cours par Gérard Madon.

TABLE DES MATIERES

1. NOTIONS FONDAMENTALES D'ANALYSE ECONOMIQUE	5
1.1 L'adaptation des ressources aux besoins	5
1.2 Les concepts de besoins et biens économiques	5
1.3 Le concept de coût d'opportunité	5
1.4 Le concept de la demande	6
1.5 L'élasticité-prix de la demande	7
1.6 Le concept de l'offre	8
1.7 L'équilibre du marché	9
1.8 Le surplus du consommateur et la bonne volonté à payer	9
1.9 Les coûts marginaux à court terme	9
1.10 Les coûts marginaux à long terme	12
1.11 L'efficacité économique et le bien-être	15
2. L'ANALYSE FINANCIERE D'UN PROJET D'INVESTISSEMENT	16
2.1 Le concept de l'analyse financière d'un projet	16
2.2 L'actualisation des cash flows	16
2.3 Critères de choix des investissements	18
2.4 L'annualisation des investissements	20
2.5 L'actualisation et les coûts marginaux à long terme	21
2.6 L'analyse de moindre coût	21
2.7 L'analyse du point mort	22
2.8 L'analyse de sensibilité	23
3. L'ANALYSE ECONOMIQUE	24
3.1 Le concept de l'analyse économique d'un projet	24
3.2 Le numéraire et le taux d'actualisation	24
3.3 La évaluation des biens échanges	25
3.4 Les coefficients de conversion	25
3.5 Les facteurs de production	26
3.6 Les biens non échangés	26
3.7 Les effets externes	27
3.8 Les résultats de l'analyse économique	27
4. LES PRIX DES PRODUITS ENERGETIQUES	29
4.1 Introduction	29
4.2 Quelques aspects des prix de référence des vecteurs d'énergie	29
4.3 La tarification de l'électricité	30
4.4 Le prix du bois de feu	32
4.5 La conservation d'énergie	33
REFERENCES	36

1. NOTIONS FONDAMENTALES D'ANALYSE ECONOMIQUE

1.1 L'adaptation des ressources aux besoins

La science économique essaie d'apporter une solution au problème posé par l'**insuffisance des ressources par rapport aux besoins exprimés**. Elle s'occupe à étudier les méthodes et les types d'utilisation des ressources rares pour des emplois alternatifs dans le but de satisfaire les besoins présents ou futurs.

1.2 Les concepts de besoins et biens économiques

Les **besoins économiques** sont les désirs exprimés par des représentants de l'humanité pour acquérir certains biens (des biens physiques ou des services) qui ne s'obtiennent pas gratuitement. Les **biens économiques** sont l'objet d'un désir exprimé. De plus, pour les obtenir il faut soit dépenser des moyens d'échange voulus (surtout dans les sociétés monétarisées), soit exécuter un travail (en particulier dans les sociétés non-monétarisées). Par contre, les **biens libres** s'obtiennent gratuitement. La frontière entre biens économiques et biens libres peut changer au bout d'un certain temps. A titre d'exemple, le bois de feu et l'eau pure ont évolué des biens libres aux biens économiques dans de nombreux endroits du monde.

Les besoins économiques ont une connotation subjective. En principe, ils sont en nombre illimités. Pour la plupart des gens, il arrive que leur nombre augmente avec le niveau de vie. D'autre part, les besoins économiques sont limités en envergure: l'intensité subjective d'un besoin quelconque décroît à mesure que davantage de biens désirés sont utilisés pour satisfaire ce besoin. Après un certain niveau d'utilisation une saturation survient. En principe, tous les besoins sont substituables, bien que les besoins de base (tels les besoins de manger et de boire) le soient seulement momentanément.

La satisfaction d'un besoin économique quelconque implique toujours un coût, en fonction de la nécessité de la non-satisfaction d'autres besoins. La science économique se dessert de la supposition, que l'individu-type est capable de déterminer l'ordre de satisfaction de ses besoins en établissant une échelle de préférences.

Les biens économiques sont disponibles en quantité limitée face à la masse des besoins exprimés. La dernière caractéristique implique que les biens économiques sont toujours rares. De même que les biens économiques, les ressources pour les produire sont limitées.

1.3 Le concept de coût d'opportunité

Il ressort de la rareté des biens et des ressources économiques, que dans chaque économie beaucoup de choix économiques fondamentaux sont réalisés concernant:

- Ce qui va être produit;
- Les méthodes de mobilisation et d'utilisation des ressources pour la production de biens;
- La répartition des ressources et le produit entre besoins présents et futurs;
- La distribution du produit parmi les agents de l'économie concernée.²

2 C.-à-d. parmi les ressortissants du pays concerné.

Somme toute, un des aspects les plus saillants de la science économique est constitué par les choix entre diverses possibilités de déploiement des biens et ressources rares pour satisfaire des besoins exprimés ou bien pour atteindre des objectifs fixés, à titre d'exemple le choix du niveau de la production.

Il ressort de cette conclusion que le concept de **coût d'opportunité** (ou bien le **coût alternatif**) joue un rôle important dans la science économique. Les coûts d'opportunité sont constitués par les possibilités alternatives les plus rentables, manquées par l'application effective d'une ressource donnée. Citons deux exemples des applications nombreuses de ce concept, sur lesquels nous reviendrons:

- Les investissements dans un projet vis-à-vis du montant correspondant dans un compte d'épargne (les intérêts renoncés);
- Le prix-frontière comme évaluation économique d'une unité de production domestique des biens échangés³ (les devises renoncées).

1.4 Le concept de la demande

Considérons l'échange monétaire d'un bien de consommation quelconque, qui se déroule entre les producteurs et les consommateurs de ces biens. Cet échange peut se dérouler directement ou à travers des intermédiaires. Tous les endroits où un tel échange a lieu constituent un **marché** dans le sens économique.

Regardons d'abord la quantité demandée par les consommateurs en fonction du prix de marché. Le **barème de demande** du marché concerné fait correspondre les prix et les quantités demandées, dans une période donnée. Il exprime qu'à chaque prix correspond une quantité demandée unique. En effet, la quantité totale dans un marché à un prix donné est la résultante des préférences exprimées individuellement par tous les consommateurs. La **courbe de demande** est un graphique qui relie les quantités demandées pendant une période donnée aux différents niveaux des prix du bien concerné, en supposant inchangées toutes les autres variables y afférent. Quelques autres variables importantes sont les prix des autres biens, et le revenu dont disposent les consommateurs. Bien qu'on puisse considérer la variable-prix comme variable indépendante, par convention la variable-prix est représentée en ordonnée et la variable-quantité en abscisse. D'habitude la quantité demandée décroît quand le prix de marché augmente. Les deux raisons principales en sont qu'avec une augmentation du prix de marché:

- (1) Il y a plus d'incitation à chercher des succédanés; et
- (2) Le revenu réel des consommateurs baisse.

Le graphique de la demande a alors, en principe, une pente négative (Voir figure 1.1).

Il convient de mentionner qu'une courbe de demande n'est pas un graphique des projections de demande. Une courbe de demande est une représentation graphique de la relation entre la quantité demandée et le prix d'un bien **pendant une période courte**. D'habitude cette période ne s'étend pas au delà d'une année.

Souvent la courbe de demande d'un vecteur énergétique **se déplace à droite** (la demande augmente) au cours du temps. Cela peut s'expliquer par plusieurs facteurs, parmi lesquels:

- La croissance de la population;
- L'amélioration de la disponibilité du vecteur;
- L'augmentation des revenus réels par tête (à l'exception des carburants inférieurs tels que souvent les carburants traditionnels comme les déchets agricoles et le bois de feu);

3 Les biens qui, à la limite, sont importés ou exportés.

- L'augmentation des préférences des consommateurs pour le vecteur considéré par rapport aux succédanés;
- La montée des prix relatifs des succédanés.

L'estimation de la demande future étant données certaines conditions supposées, est un travail difficile. En principe il y a deux principales méthodes pour estimer l'évolution de la demande pendant la durée d'un projet, et la courbe de la demande pour une année donnée. Ces deux méthodes sont le **étude de marché** et l'**analyse économétrique** des données historiques sur la demande et des variables explicatives. La première méthode est appliquée le plus souvent dans les pays en développement. Faute de données fiables, la deuxième méthode n'est pas souvent appliquée dans ces pays-là. Les études de marché se basent sur un sondage opéré parmi les consommateurs cibles. En ce qui concerne l'énergie domestique, les enquêtes ménages bien formulées permettent d'obtenir un bon aperçu des processus de substitution entre différents vecteurs énergétiques au niveau des ménages.

Un des domaines d'application des études de marché est l'électrification rurale. Pour faire des estimations de la demande d'électricité après l'électrification de certaines localités-cibles, il y a lieu d'effectuer des sondages parmi les consommateurs potentiels dans ces localités ainsi que parmi ceux dans des localités semblables qui sont déjà approvisionnées en électricité. Un point important est de bien identifier et estimer le potentiel des usages "productifs", tels que les petites entreprises (les moulins de riz, etc.) et les puits d'irrigation électriques. D'habitude, ces usages engendrent un nombre de demandes assez conséquent. Ensuite, la demande liée aux usages productifs a souvent des caractéristiques distinctes par rapport à celle liée aux usages domestiques.

1.5 L'élasticité-prix de la demande

Il importe de savoir à peu près le changement de la quantité achetée suite à un changement de prix. Pour mesurer la réaction des consommateurs sur une variation du prix on a introduit le concept d'**élasticité-prix de la demande**. Celui-ci mesure l'évolution relative de la quantité demandée par rapport à une légère évolution relative du prix. A titre d'exemple, si le prix augmente d'1%, l'élasticité-prix de la demande indique le pourcentage de la variation résultant de la quantité demandée. En général, une **élasticité** entre deux variables mesure le rapport entre la variation relative de la variable dépendante et une petite variation relative de la variable explicative.⁴

Si la demande baisse de moins de 1% suite à une augmentation du prix d'1%, la demande est dite **inélastique**. Par contre, si la demande baisse de plus d'1%, la demande est dite **élastique**. Un des facteurs les plus importants parmi les facteurs qui déterminent la valeur de l'élasticité-prix, est constitué par les possibilités de substitution.

Il ressort des statistiques que l'énergie **en général** est un bien caractérisé par une demande inélastique. Donc, l'élasticité-prix de la demande pour l'énergie est, en valeur absolue, nettement inférieure à 1. A long terme, il existe plus de possibilités de changer les processus de production ainsi que les appareils à forte consommation d'énergie par rapport au court terme. Donc l'élasticité à long terme a tendance à être plus large (en valeur absolue) que celle à court terme. Les valeurs-types pour les élasticités-prix de l'énergie à long terme sont de l'ordre de - 0,2 à - 0,5 alors que celles à court terme atteignent des valeurs-types de -0,1 à -0,2. Par contre, l'élasticité-prix de la demande d'un vecteur énergétique **spécifique** peut être notablement plus élevé s'il existe des succédanés disponibles proches.

4 Il existe une grande variété d'autres types d'élasticité qui ne sont pas abordés dans ce texte.

1.6 Le concept de l'offre

S'agissant de l'offre, le **barème d'offre** du marché concerné fait le rapport entre les prix de marché et les quantités que les producteurs sont disposés à offrir pour une période donnée. Il montre qu'à chaque prix correspond une quantité d'offre unique. En effet, la quantité totale dans un marché à un prix donné est la résultante des dispositions propres de tous les producteurs individuellement. La **courbe d'offre** est un graphique qui relie les quantités offertes pendant une période donnée aux différents niveaux du prix du bien concerné, en supposant inchangées toutes les autres variables s'y rattachant. Les autres variables se réfèrent aux facteurs de coûts. Par convention, également dans la courbe d'offre, la variable-prix est représentée en ordonnée et la quantité offerte en abscisse. D'habitude la quantité offerte croît quand le prix de marché augmente. Cela ressort du phénomène selon lequel, en marge, la production par unité devient de plus en plus chère. Le graphique de l'offre a donc de ce fait, en principe, une pente positive (Voir figure 1.1).

Les coûts de production ont un impact important sur la courbe d'offre. La courbe d'offre peut se déplacer suite à une situation changée des coûts de production, associée par exemple:

- Aux changements des prix des moyens de production;
- À l'évolution de la technique de production;
- Aux changements de la capacité de production moyenne des usines, face aux économies d'échelle.

Une autre aspect important qui détermine le comportement des acteurs d'un marché est la typologie du marché, selon les circonstances dans lesquelles l'entreprise vend ses produits. La forme du marché dépend du nombre des acteurs du marché et de la nature du produit commercialisé. Il y a une **concurrence pure et parfaite** quand il s'agit d'un produit homogène qui est offert par un grand nombre de producteurs, et demandé par un grand nombre de consommateurs. Chaque agent, opérant sur un tel marché, a une liberté totale d'entrer et de sortir, mais a cependant aucun pouvoir de marché. Souvent cela s'applique plus ou moins aux marchés agro-alimentaires et parfois aussi au marché du bois pour le feu. Dans de tels marchés, le prix est une donnée pour les producteurs. Pour maximaliser son bénéfice, le producteur dans un tel marché tente d'adapter sa production de telle façon que les coûts supplémentaires de la dernière unité, c.-à-d. les coûts marginaux, soient égaux au prix du marché.

Par contre, l'autre extrême est le **monopole**, caractérisé par l'emprise d'un marché par un seul producteur. Dans de tels marchés, surtout s'ils sont caractérisés par une demande inélastique, l'entreprise en situation de monopole peut manipuler le prix en changeant la quantité offerte ou vice-versa. Si son objectif est de maximaliser son bénéfice, le monopoleur⁵ tente d'adapter sa production de telle façon que les coûts marginaux soient égaux aux revenus marginaux. En principe, si le monopoleur augmente la quantité totale offerte, les revenus marginaux diminuent plus vite que le prix. Le monopoleur est donc incité à arrêter la production avant d'atteindre l'égalité des coûts marginaux au prix du marché. En revanche, une telle égalité sur tous les marchés de biens et des facteurs de production (la main d'oeuvre, etc.) accorderait l'utilisation la plus efficace de l'ensemble des ressources économiques (Voir para. 1.11). En principe, la production optimale pour le monopoleur est donc plus basse, et le prix optimum pour lui est plus élevé que la situation optimale du point de vue de l'économie nationale. Si de telles différences sont importantes, la question de l'opportunité d'une intervention du gouvernement se pose.

Souvent la vente de l'électricité, du gaz et des produits pétroliers est totalement contrôlée par les entreprises publiques. De tels monopoles sont des "monopoles naturels": dans les

5 Celui qui détient le monopole

marchés nationaux d'une envergure limitée ils sont capables de profiter des économies d'échelle dans la distribution. Cela permet, en principe, des prix de revient plus bas par rapport à une situation, où plusieurs producteurs se partagent le marché. En outre, ils ont une obligation de livraison à tous les clients, dont ceux à faible demande et qui se sont relativement éloignés et dispersés, et qui sont peu susceptibles de ce fait d'intéresser les sociétés privées. D'habitude, afin de bien veiller sur l'intérêt général, la fixation des prix en ce qui concerne les monopoles publics est suivie, voire dictée par le gouvernement. Pourtant en pratique, faute de compétition, l'existence de monopoles publics s'avère souvent difficilement compatible avec une production efficace au niveau du coût.

1.7 L'équilibre du marché

Le marché concerné est en **équilibre** quand la quantité demandée est égale à la quantité que les producteurs veulent et peuvent offrir. Le prix de marché correspondant est le prix d'équilibre. Celui-ci et la quantité d'équilibre sont indiqués par les coordonnées du point d'intersection de la courbe de demande et de la courbe d'offre.

La figure 1.1 montre une courbe d'offre stable, **S**, et deux courbes de demande, **D₀** et **D₁**, qui se réfèrent à la demande dans l'année initiale 0 et l'année suivante 1. Le point d'équilibre initial est A avec le prix d'équilibre P_0 . Si le prix ne changeait pas, dans l'année suivante la quantité demandée surpasserait la production, et bien avec AB. Le prix doit monter jusqu'à P_1 afin de rétablir l'équilibre (le point C).

1.8 Le surplus du consommateur et la bonne volonté à payer

Y a-t-il des indicateurs du bien-être total des consommateurs engendré par la consommation d'un bien quelconque? Les dépenses totales des consommateurs pour obtenir un bien de consommation ou valeur du marché total (le prix d'équilibre multiplié par la quantité d'équilibre) constituent une indication pauvre de l'utilité totale, éprouvée par les consommateurs. Quand on regarde une courbe de demande au côté gauche du point d'équilibre, il y a des consommateurs qui sont disposés à payer un prix plus élevé que le prix d'équilibre. La bonne volonté à payer un prix au-dessus du prix de marché concernant toute la quantité consommée est le **surplus du consommateur**. Autrement dit, le surplus du consommateur est le surplus de bien-être total éprouvé par les consommateurs au-dessus de la valeur du marché de la quantité demandée. Dans le graphique de la courbe de demande le surplus du consommateur se situe dans l'aire entre la courbe de la demande et la ligne horizontale du prix de marché (Voir figure 1.1). Alors la **bonne volonté à payer** ("willingness to pay") égale la somme de la valeur du marché de la quantité demandée et du surplus du consommateur. La bonne volonté à payer appartenant au point d'équilibre initial, A, est représentée par l'aire Op_2Aq_1 .

1.9 Les coûts marginaux à court terme

Pour considérer les coûts de production à court terme, augmentons la production par période **avec un équipement donné** à partir d'un niveau très bas jusqu'à un niveau très élevé, atteignant la limite de la capacité de production. Que peut-on dire de l'évolution des coûts de production? Quand on commence à produire en basse quantité avec un équipement donné, les coûts par unité sont relativement élevés: quand on augmente la production, au début, les coûts par unité peuvent diminuer grâce à une meilleure utilisation de la capacité de production. Par contre, quand on approche les goulots d'étranglement de la capacité de production, les coûts par unité ont tendance à augmenter. Autrement dit, pour de basses quantités de production, les coûts totaux de production ont tendance à augmen-

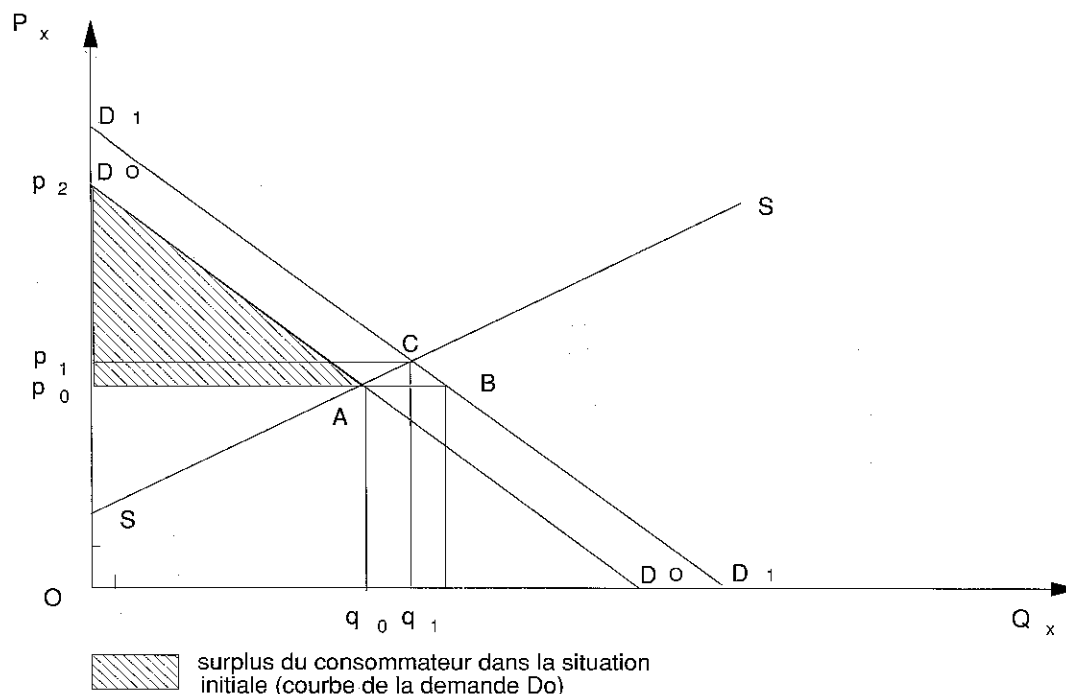


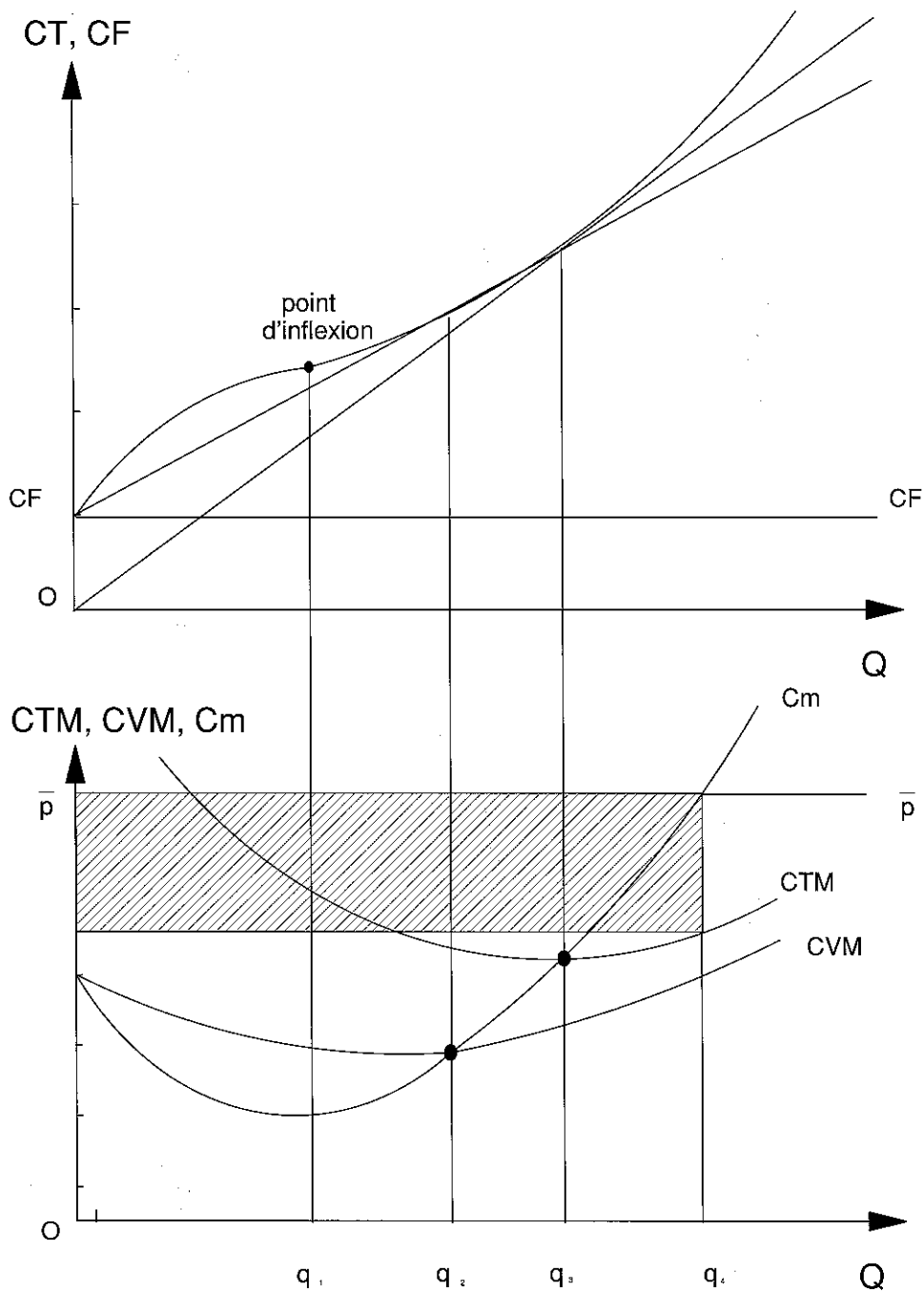
Figure 1.1 Exemple de la courbe de la demande et de courbe de l'offre du bien X et le surplus du consommateur.

ter moins vite que la production, tandis qu'aux niveaux de production élevés, approchant la capacité maximum de production, les coûts totaux augmentent plus vite que la production.

Continuons par clarifier deux concepts importants. Les **coûts totaux moyens** sont déterminés par le rapport entre les coûts totaux de production pendant la période considérée et la quantité produite. Les **coûts marginaux à court terme** égalent les coûts de production d'une unité supplémentaire sans étendre l'équipement de production.

Regardons les courbes-types des coûts totaux, des coûts variables moyens et des coûts marginaux à court terme en fonction de la quantité produite (Voir figure 1.2). Nous voyons que les coûts variables moyens ainsi que les coûts marginaux baissent au début. Au début, les coûts marginaux se situent au-dessous des coûts variables moyens. Au bout d'une certaine augmentation de la production les coûts marginaux commencent à se stabiliser et ensuite à augmenter. Puis, les coûts variables moyens se stabilisent au point où ces derniers égalent les coûts marginaux. Après, les coûts marginaux ainsi que les coûts variables moyens montent, mais les coûts marginaux de façon plus significative, de telle sorte qu'au **minimum de la courbe des coûts variables moyens** cette courbe est coupée par la courbe des coûts marginaux. A quantité de production correspondante, on peut tirer une droite venant du point d'intersection de l'abscisse et de la courbe des coûts totaux, qui est tangente à la courbe des coûts totaux (Voir figure 1.2).

Supposons fixé le prix de vente dans l'entreprise considérée (c.-à-d. un manque de pouvoir sur le marché des producteurs concernés). Dans ce cas l'augmentation des revenus totaux suite à la vente d'une unité supplémentaire, c'est à dire les **revenus marginaux**, égalent le prix de vente. Quel est le niveau de production optimum correspondant? A partir des niveaux caractérisés de coûts marginaux bas, le producteur augmentera sa production jusqu'au niveau où les coûts marginaux égalent le prix Figure 1.2 de vente. Ce dernier niveau, q_4 , est le **niveau de production optimum** (Voir figure 1.2).



- q_1 : niveau de production à coûts marginaux minimum
 - q_2 : niveau de production à coûts variables moyens minimum
 - q_3 : niveau de production à coûts variables totaux moyens minimum
 - q_4 : niveau de production équilibré
 - \bar{p} : prix unitaire fixe
- Bénéfice maximum

Figure 1.2 Exemple des courbes à court terme, des coûts totaux de production (CT), des coûts fixes (CF), ainsi que celles des coûts totaux moyens (CTM), des coûts variables moyens (CVM) et des coûts marginaux (Cm).

De même, au **minimum de la courbe des coûts totaux moyens**, cette courbe est coupée par la courbe des coûts marginaux. A la quantité de production correspondante, on peut tirer une droite venant de l'origine qui est tangente à la courbe des coûts de production totaux (Voir également figure 1.2).

1.10 Les coûts marginaux à long terme

Pour la planification à long terme le producteur envisagera d'étendre la capacité de production. Alors, les coûts marginaux à long terme sont constitués par les coûts de production d'une unité supplémentaire en prévoyant une extension de l'équipement.

Considérons plusieurs niveaux différents de capacité de production. Alors à chaque niveau d'équipement de production correspond une courbe des coûts totaux de production, une courbe de coûts totaux moyens ainsi qu'une courbe de coûts marginaux à court terme. A partir des courbes de coûts totaux de production à court terme, on peut construire une courbe-enveloppe, qui est la courbe des coûts totaux à long terme, en rasant ces premières courbes (Voir figure 1.3). La courbe de coûts totaux moyens à long terme touche également les courbes de coûts totaux moyens à court terme.

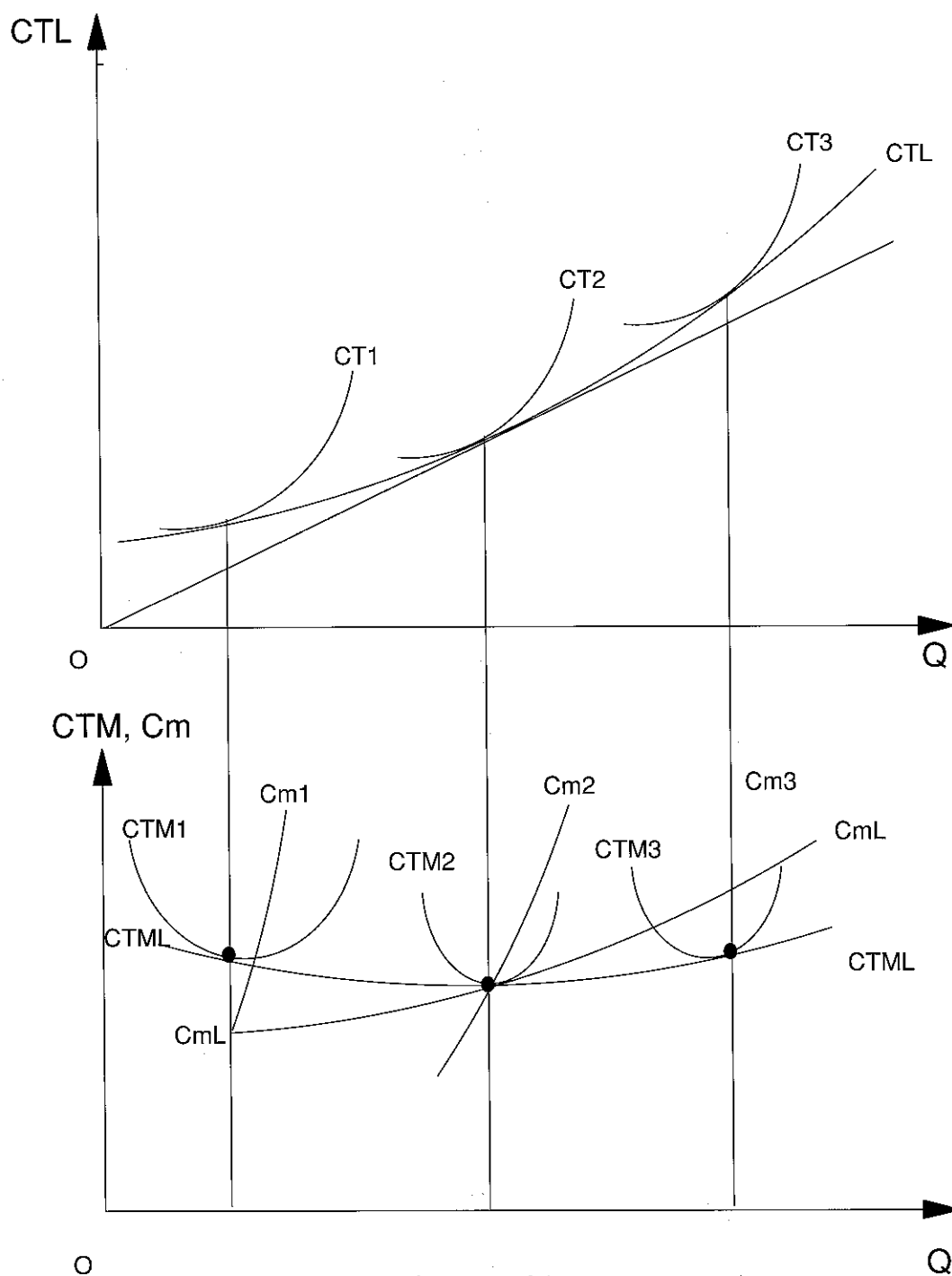
Une telle courbe enveloppe concorde avec la **théorie de la compétition pure et parfaite** qui suppose beaucoup d'agents économiques, dont aucun ne détient une portion importante du marché. Chaque point de la courbe-enveloppe de coûts totaux moyens à long terme est un point de contact avec une courbe de coûts totaux moyens à court terme. Cette dernière correspond à la **capacité adaptée** (c.-à-d. la capacité de coûts minimum à long terme) de la production indiquée par l'abscisse d'un tel point de contact. La figure 1.3 montre comment on peut finir par déterminer graphiquement la courbe des coûts marginaux à long terme. En fonction de la flexibilité de la capacité adaptée, les coûts marginaux à long terme montent moins vite que les coûts marginaux à court terme en augmentant la production. Pour le cas considéré, on définit les **coûts marginaux à long terme** comme le supplément de dépenses qu'il est nécessaire de consentir pour obtenir une augmentation de production d'une unité par période, en supposant pour chaque niveau de production, la capacité de l'équipement est adaptée à la production désirée.

Cependant, dans le secteur de l'énergie il y a beaucoup d'exemples des indivisibilités des coûts d'addition de la capacité. Cela s'applique par exemple à la production et à la distribution de l'électricité et du gaz. Dans ces cas, à la limite on doit procéder à de grands investissements avant de pouvoir augmenter la production d'une unité et, par conséquent, la supposition qu'à chaque niveau de production correspond une capacité adaptée, ne se vérifie pas.

D'autre part, l'application des coûts marginaux à court terme (CMCT) comme directive pour la détermination des prix conduirait à une évolution des prix fortement perturbatrice. La figure 1.4 montre que, nettement en-dessous des limites de la capacité de production, les coûts supplémentaires pour produire une unité additionnelle sont relativement bas, c.-à-d. égaux aux coûts marginaux variables, les coûts d'équipement étant à fonds perdu. En revanche, aux limites de capacité les CMCT comprennent les coûts marginaux variables, qui montent vite et, en plus, les coûts pleins du dernier investissement d'extension.

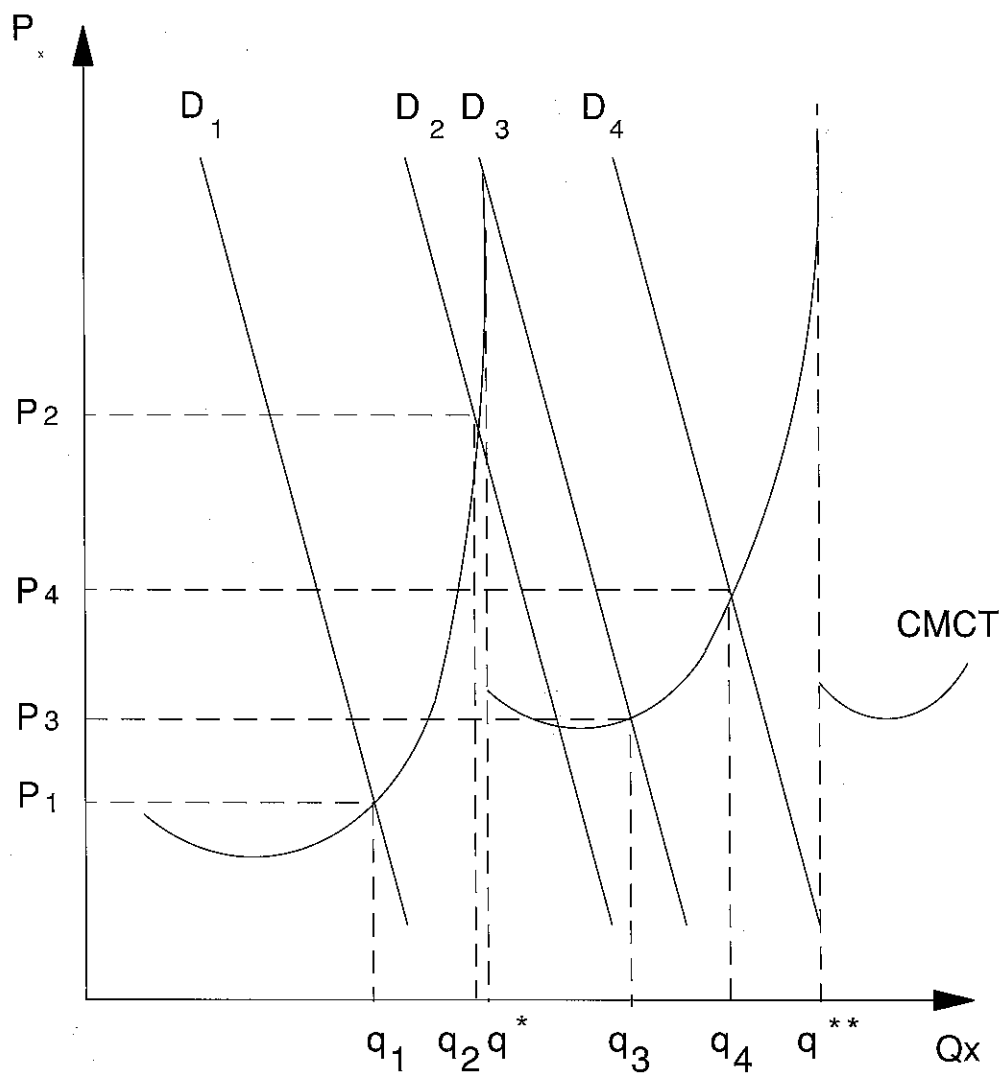
Alors, dans les cas échéants, **celà requiert des ajustement dans la détermination des coûts marginaux à long terme**. En principe, on pourrait fixer, soit périodiquement soit une fois pour toutes, une redevance fixe pour les frais d'investissement et, d'autre part, un tarif variable en fonction des coûts marginaux à court terme. Néanmoins, quand la redevance fixe s'avère importante par rapport aux frais variables elle peut:

- Constituer une barrière insurmontable pour les couches sociales moins aisées; et
- Inciter à un comportement de gaspillage en nuisant à la conservation de l'énergie.



- CTL : coûts totaux à long terme
- CT1, 2, 3 : coûts totaux avec équipement donné
- CTML : coûts totaux moyens à long terme
- CTM1, 2, 3 : coûts totaux moyens avec un équipement donné
- Cm1, 2, 3 : coûts marginaux avec un équipement donné
- CmL : coûts marginaux à long terme

Figure 1.3 Dérivation graphique des coûts marginaux à long terme.



$D_1 D_2 D_3 D_4$: Courbes de demande dans quatre années suivantes.

CMCT : Courbe (interrompue) des coûts marginaux à court terme

$P_1 P_2 P_3 P_4$: Prix basés sur les coûts marginaux à court terme.

$q_1 q_2 q_3 q_4$: quantités demandées

$q^* q^{**}$: limites consécutives de la capacité de production

Figure 1.4 Exemple de la courbe des coûts marginaux à court terme, étant donné l'existence des indivisibilités de capacité importance.

Une possible approche, relativement simple, est d'échelonner les coûts de chaque investissement envisagé sur la durée de vie attendue de l'équipement, en appliquant la procédure de l'actualisation. Cette approche sera explicitée dans le paragraphe 2.5.

1.11 L'efficacité économique et le bien-être

Si dans tous les marchés de biens, il y a une concurrence pure et parfaite tandis que la production atteint le niveau optimum, la production dans toute la société peut atteindre un équilibre général couplé d'une efficacité maximum. Dans une telle situation s'applique un "**optimum de Pareto**", caractérisé par l'impossibilité d'augmenter la production d'un bien quelconque et d'améliorer le bien-être d'un agent économique, sans éviter une diminution de la production et du bien-être ailleurs.

Il y a lieu de noter que la pratique peut dévier considérablement du modèle théorique de la concurrence pure et parfaite:

1. Dans de nombreux marchés certains agents peuvent avoir un pouvoir sur le marché qui leur permet de manipuler les prix au-dessus d'une situation d'équilibre général.
2. Le gouvernement peut intervenir sur les marchés, à titre d'exemple, au moyen de la régulation des prix, de la production ou des importations (droits de douane, contingents).
3. Quand il existe la production de **biens publics**. Pour les biens privés le principe de rivalité s'applique et, en plus, il faut payer un prix identifiable pour en obtenir. Le principe de rivalité, qui énonce qu'un même bien ne peut être utilisé identiquement par deux individus, est inopérant à propos des biens publics. Par exemple, en principe, il n'existe aucune rivalité entre les ressortissants d'un pays pour bénéficier de la défense nationale à propos d'une menace extérieure.
4. Quand il y a des **effets externes**, les coûts financiers ne reflètent pas les coûts sociaux: à titre d'exemple, quand la pollution de l'environnement engendrée par la production n'est pas comptabilisée.

2. L'ANALYSE FINANCIERE D'UN PROJET D'INVESTISSEMENT

2.1 Le concept de l'analyse financière d'un projet

On appellera **projet d'investissement** une proposition d'investissement qui peut être analysée comme une entité séparée et indépendante. D'habitude la réalisation d'une telle proposition impliquera des **dépenses (coûts)** et des **recettes (avantages)** pendant la durée du projet concerné. On appelle les différences entre les recettes et les dépenses annuelles, engendrées par le projet, les **avantages nets annuels** ou bien les **cash flows annuels**.

Dans le chapitre présent nous considérons l'analyse de la rentabilité d'un projet uniquement du **point de vue financier** (c'est à dire **privé**) des promoteurs du projet, c.-à-d. l'entrepreneur et les bailleurs de fonds commerciaux. Cela constitue le domaine de l'analyse financière. Ce chapitre est centré sur l'aspect du choix des investissements parmi des options qui s'excluent mutuellement.

Dans le cours présent, nous n'aborderons pas le problème de l'élaboration d'un plan de financement pour réaliser les investissements sélectionnés. Bien que le financement du projet constitue un aspect très important de l'analyse financière, cela nécessite une étude relativement approfondie au delà de notre propos.

2.2 L'actualisation des cash flows

Supposons, qu'une personne place une somme d'argent I sur le marché du capital, disons dans une caisse d'épargne, à un taux d'intérêt i . Il peut disposer alors:

au bout d'une année d'une somme de:	$I * (1+i)$	
après deux années de	$I * (1+i)^2$	etc.; et
après T années de	$I * (1+i)^T$	

Le terme $(1+i)^n$ exprime le principe de l'intérêt composé. Après la première année l'investisseur doit recevoir l'intérêt non seulement sur le principal mais en plus sur l'intérêt accru.

Dans le cas ci-dessus, pour les bailleurs de fonds d'un projet donné les **coûts d'opportunité (les coûts de renoncement) du capital** de chaque franc investi dans un projet est la fraction d' i franc par an. En général, le coût d'opportunité du capital est le meilleur rendement qu'il serait possible d'obtenir en investissant ailleurs le capital destiné à être investi dans un projet.

A cause des risques liés aux projets d'investissement et parce que les intermédiaires des fonds d'investissement demandent une certaine rémunération, d'habitude le flux des revenus escomptés du projet doit être, en général, plus élevé que le principal plus l'intérêt escompté sur le principal. Supposons que l'investisseur compte récupérer net, comme moyenne pondérée, au moins a franc par an pour chaque franc investi, pour qu'il soit disposé à fournir des capitaux pour le projet envisagé. Dans ce cas-là, il applique un **taux d'actualisation** d' $a\%$ par an pour l'analyse du projet (ai). Un tel taux joue un rôle de crible dans le choix des investissements: quand la durée considérée d'un projet est T ans, ce projet doit rapporter jusqu'à la fin du projet au moins

$$I(1+a)^T$$

pour constituer une proposition intéressante pour l'investisseur.

En revanche, un montant de l'investisseur concerné	$I * (1+a)$	dans une année vaut pour à l'heure actuelle.
Ou bien, un montant de	I	dans une année vaut
	$I / (1+a)$	à l'heure actuelle.
De même, un montant de	I	dans T années vaut
	$I / (1+a)^T$	à l'heure actuelle.

Somme toute, le **coefficient d'actualisation** pour actualiser une somme future à l'heure actuelle reflète le taux d'actualisation. Un tel coefficient, se référant à une somme d'ici T années, est égale à

$$\frac{1}{(1+a)^T}$$

en principe, pour faire l'évaluation du choix des projets le taux d'actualisation peut être spécifiée **en termes courants et en termes réels**. Ce taux **en termes courants** inclue l'évolution générale attendue des prix, et **en termes réels** supprime l'inflation générale attendue des montants futurs qui doivent être actualisés (mettre les prix "en francs constants"). Dans le dernier cas, la supposition la plus simple est celle des **prix constants** pour tous les produits et facteurs de production (comme à titre d'exemple la main d'oeuvre). Cette supposition est appliquée très souvent. Tout de même, si on s'attend à ce que l'évolution des prix pendant la durée de projet ne soit pas homogène, autrement dit, quand des **changements relatifs de prix** sont prévus, il faut toujours les prendre en compte dans l'analyse.

Etant donné que le taux d'actualisation réel (appliqué aux prix en francs constants) est a et le changement général des prix attendu est p par an, quelle est la valeur du taux d'actualisation en termes nominaux a' (appliqué aux prix courants)? L'équation peut s'écrire ainsi:

$$1 + a' = (1 + a) * (1 + p) \quad \text{d'ou}$$

$$a' \approx a + p \quad 6$$

Le taux d'actualisation appliqué par les investisseurs privés varie beaucoup. Citons quelques facteurs principaux qui ont un impact en hausse sur le taux d'actualisation appliqué:

1. Le taux d'intérêt sur le capital placé dans le marché local à long terme sans risques peut être élevé. Généralement, le taux d'actualisation pour les projets privés entraînant des risques, est plus élevé qu'un tel taux d'intérêt.
2. Dans la perception des investisseurs, les risques de projet peuvent être élevés, d'où il ressort qu'ils requièrent une marge de risque nettement au-dessus du taux d'intérêt local.
3. Dans les circonstances locales, il peut s'avérer difficile d'attirer des fonds d'investissement. Cela dépend entre autres des possibilités disponibles d'investir dans les projets rentables ailleurs dans l'économie concerné, ainsi que de la nature du projet concerné.
4. Les investisseurs peuvent avoir une forte préférence en faveur de la consommation actuelle par rapport à la consommation différée.

Prenons le cas de l'investissement des consommateurs du bois de feu dans un foyer amélioré. Un tel investissement peut apporter auxdits consommateurs beaucoup d'économies en termes de dépenses évitées suite à une diminution des besoins de bois de feu. Cependant, pour les consommateurs des couches défavorisées-types il est très difficile d'obtenir un emprunt du circuit bancaire officiel. En outre, en vue de satisfaire leurs besoins

6 Normalement le facteur $a * p$ est négligeable.

de base urgents les consommateurs des couches défavorisées ont une forte préférence en faveur de la consommation actuelle. Ces deux facteurs impliquent qu'en pratique elles appliquent d'habitude - peut-être à leur insu mais quand même d'une façon rationnelle - un taux d'actualisation réel très élevé, souvent au-dessus de 100 % par an. A titre de comparaison, les monopoles publics d'énergie dans les pays en développement appliquent souvent un taux qui se situe, en termes réels, entre 8 % et 15 % par an.

Comme nous venons de le voir, dans le processus d'actualisation, la date de transaction pour un projet influence beaucoup la détermination de leurs valeurs actuelles. Pour obtenir des cash flows par période, disons par an, il y a lieu d'affecter chaque flux financier sur une période de projet appropriée. Une méthode est d'adhérer à la "convention temporelle" de façon à ce que chaque transaction tombe à la fin de l'exercice comptable⁷. En appliquant la convention temporelle, l'investissement initial se situe donc à la fin de la première année du projet et les premiers avantages liés à cet investissement sont procurés à la fin de la deuxième année au plus tôt.⁸

Une autre convention doit être introduite sur la date de début de l'actualisation. Dans l'analyse des projets de la Banque Mondiale on commence l'actualisation dès le début de la première année du projet. Cela implique la multiplication du premier cash flow annuel par le coefficient d'actualisation à la puissance 1.

2.3 Critères de choix des investissements

Dans ce paragraphe, les critères de choix d'investissement les plus importants seront examinés. Ils s'appliquent aux **cash flows** ou bien aux **flux de trésorerie**, associés au projet considéré. Nous avons déjà constaté qu'au cours de sa durée, un projet est caractérisé par des dépenses et des recettes (voir paragraphe 2.1). Pour bien cerner les avantages et les coûts du projet, il faut préparer des projections les meilleures possibles des développements **sans et avec projet**.

En principe, on comptabilise les coûts et avantages simultanément avec les flux des ressources réelles. A titre d'exemple, pour l'analyse financière les dépenses d'un investissement doivent être comptabilisées en correspondance avec le calendrier de la mise en place de celui-ci plutôt qu'avec le calendrier du financement concerné. Les aspects fiscaux mis à part, le plan de financement (parmi lequel la spécification des amortissements) n'importe pas aux projets internationaux de coopération pour le développement en ce qui concerne la rentabilité financière **totale** (sur toutes les ressources engagées)⁹ et donc l'application des critères de choix d'investissements.¹⁰ Par contre, dans l'analyse financière on doit tenir compte des impôts indirects et des subventions pour calculer les avantages nets à l'ensemble des promoteurs du projet avant financement. Pour eux les impôts (subventions) indirects constituent un enlèvement (supplétion) des ressources.

7 C.f. Guisinger (1982), page 113

8 Pourtant, il n'y pas d'inconvénient à ce que l'année 0 soit la première année de projet. Cela ne dépend que la convention adoptée. Egalement, certains projets sont productifs après la mise en place des investissements sans aucun délai. Cependant, souvent en pratique des retards inattendus surviennent. De toute façon, il faut appliquer une convention appropriée d'une manière cohérente.

9 Par contre, l'établissement - pour chacun des participants individuels - de la rentabilité **sur les fonds propres** exige une analyse plus poussée (au delà du cours présent) qui tient compte des modalités du financement.

10 C'est seulement les cas où on peut obtenir de l'aide financière qui est liée **exclusivement** au projet concerné. Dans ce cas il faut comptabiliser l'élément de subvention (ou de surcharge) dans les conditions de financement comme un avantage (coût) du projet.

Les **coûts d'investissement** comprennent le capital fixe et le fond de roulement net. Le **capital fixe** inclut les investissements fixes plus les dépenses de premier établissement préalables à la production (terrain, travaux civils, équipement, frais divers de démarrage comme les frais notariaux et les frais d'études préparatoires). Le **fond de roulement net** est la différence entre l'actif courant (en caisse et comptes en banque, les comptes débiteurs, travaux en cours, pièces de rechange, matériaux de production, produits finis) et le passif courant (comptes créditeurs). Il importe de bien inclure le fonds de roulement net dans les projections des flux de trésorerie futurs pour éviter les problèmes de liquidité.

On appelle la **valeur financière actualisée nette (VAN fin.) du projet** la somme des valeurs actualisées de tous les cash flows prévus, associés au projet. Notons d_t les dépenses de l'année t , r_t les recettes de l'année t , a le taux d'actualisation et T l'année terminale de la période sur laquelle porte l'analyse financière et économique. Alors, la valeur actualisée nette est:

$$VAN = \sum_{t=0}^T \frac{(r_t - d_t)}{(1 + a)^t}$$

Donc pour le calcul de la valeur actualisée nette, il faut connaître le taux d'actualisation et le calendrier prévu des flux de trésorerie (cash flows). D'habitude l'analyste financier construit un tableau des cash flows pour établir un tel calendrier. Comme indiqué par la formule du VAN, celui-ci est égal au solde des cash flows actualisés.

Pour établir une **vie du projet** convenable on prend en considération la vie utile des équipements essentiels. A titre d'exemple, quand le temps de démarrage d'un projet est de 2 années et que les deux équipements les plus importants ont une vie utile de respectivement 4 et 6 ans, 14 années, soit $2 + 12$ (12 étant divisible par 4 et 6), est une vie du projet convenable. En fonction du taux d'actualisation les cash flows des dernières années du projet sont beaucoup réduits suite à l'actualisation.

Le **taux de rentabilité financière interne (TRI fin.)** est le taux d'actualisation qui met à zéro la valeur actualisée nette de tous les cash flows aboutissant de l'analyse financière du projet.

La VAN ainsi que le TRI sont les critères les plus appropriés et les plus utilisés dans l'analyse financière. En principe, leur indication respective revient au même: quand la VAN est positive (négative), le TRI est plus grand (petit) que le taux d'actualisation. La directive de décision est d'approuver (rejeter) le projet quand la VAN est au moins zéro (négative) ou quand le TRI est au moins aussi grand (plus petit) que le taux d'actualisation.

D'une part, le calcul de la VAN est le plus simple. En revanche, le calcul du TRI comporte l'extraction de la racine, une opération itérative qui - en fonction du type de déroulement des flux de trésorerie annuels - peut générer de multiples racines. D'autre part, le concept du TRI est le plus attractif dans le sens qu'il peut être considéré comme une mesure de profitabilité. Par conséquent, avec l'avènement des micro-ordinateurs le TRI est le plus utilisé comme critère de décision. La valeur de TRI appliquée comme **seuil d'admissibilité** (ou bien **taux limite de rentabilité**) est dépendante du type de projet, le profil des risques, l'emplacement, etc. Les valeurs de seuil d'admissibilité appliquées par les banques internationales de développement dans les pays en développement se situent d'habitude (en termes réels) entre 8% et 15%.

Au moment où l'analyse financière et économique a lieu, l'analyste peut être confronté à de très grandes incertitudes. Cela s'applique notamment aux projets à longue vie, dans lesquels les prix internationaux du pétrole ou des prix énergétiques afférents ou bien les ressources épuisables jouent un rôle d'importance, comme dans beaucoup de projets énergétiques. Voici la raison pour laquelle un **critère supplémentaire** est souvent appliqué pour l'évaluation des projets sus-mentionnés. Il s'agit du **délai de récupération**. Il y a deux variantes principales de ce critère. Le **délai de récupération financière simple (DRS fin.)**

indique le temps qui s'écoule à partir du démarrage du projet jusqu'au moment où le solde accumulé des cash flows (la valeur nette ou VN) évolue d'un montant négatif à positif. En formule:

$$\begin{aligned} VN &= \sum_{t=0}^T (r_t - d_t) \\ &= 0 \rightarrow \text{DRS} \end{aligned}$$

Sauf qu'il porte sur les cash flows actualisés (la valeur actualisée nette ou VAN), le concept de **délaï de récupération actualisé (DRA)** concorde avec celui de délaï de récupération simple. D'où:

$$\begin{aligned} VAN &= \sum_{t=0}^T \frac{(r_t - d_t)}{(1 + a)^t} \\ &= 0 \rightarrow \text{DRA} \end{aligned}$$

Il convient de souligner à nouveau que le délaï de récupération, soit DRS ou DRA, est un critère de décision supplémentaire. A titre d'exemple, les promoteurs de projet peuvent requérir en plus d'une rentabilité satisfaisante que les coûts d'investissement soient récupérés dans une période de 4 années au maximum.

Nous venons de présenter les critères les plus importants pour accepter ou rejeter un seul projet indépendant. La situation **sans projet** servirait comme scénario de référence. Afin de classer plusieurs projets indépendants le critère du "**ratio avantages nets-investissement**" est souvent utilisé. A moins qu'il n'y ait pas un manque de projets faisables au taux d'actualisation a pliquée, ce critère maximalise les avantages nets des fonds d'investissement disponibles. Le ratio avantages nets-investissement est défini comme le rapport entre la valeur actualisée des avantages nets et la valeur actualisée de l'investissement. Plus la valeur du ratio est élevée, plus le projet concerné est attrayant. Pour les projets à choisir le ratio doit assumer une valeur d'au moins 1.

2.4 L'annualisation des investissements

Pour l'analyse des projets énergétiques, il convient souvent de connaître le coût annuel d'un équipement, caractérisé par une durée de vie de plus d'une année. Il s'agit du montant fixe qu'il faut réserver à la fin de **chaque année** à partir de la mise en place, pour être capable de remplacer un équipement donné après sa durée de vie. On appelle la procédure de calcul d'un tel montant l'**annualisation** d'un investissement. Supposons que l'équipement ait une valeur de marché I et une durée de vie d'n années. Dans ce cas, la formule pour obtenir l'annuité, A, est:

$$A = (I * a) / \{1 - (1+a)^{-n}\}$$

Dans la formule ici-dessus, le facteur **FR(a,n) = a / {1-(1+a)⁻ⁿ}** est le **facteur de recouvrement**. En effet, **FR(a,n)** est la dépense annuelle fixe sur une période de n années ayant une valeur actuelle de 1 unité monétaire, étant donné un taux d'actualisation d'a%. En se servant d'une simple calculatrice de poche on peut vite calculer la valeur de ce facteur. De même, il y a des tables financières, sur lesquelles on peut facilement lire la valeur applicable d'un tel facteur. Exemple: RF(10%,12 années) = 0,1468. Il faut préciser que I désigne l'investissement net de la valeur résiduelle actualisée de l'équipement vétuste.

La formule précédente repose surtout sur deux suppositions tacites:

- Le prix de l'équipement (soit en termes nominaux soit en termes réels, le cas échéant) ne change pas;

- L'équipement de remplacement est identique à l'équipement présent.

Il faut toujours vérifier si ces suppositions sont valables avant d'appliquer la formule précédente.

En fonction des facteurs économiques s'y rapportant, la **vie économique** d'un équipement peut être plus courte que la **vie technique**. Si les coûts d'utilisation d'un équipement donné (la diminution de la valeur de revente plus les frais d'exploitation) par unité de service deviennent plus chers que ceux de l'équipement de remplacement le plus efficace, l'équipement présent doit être déclassé. Les facteurs qui peuvent raccourcir la vie économique incluent:

- L'obsolescence (diminution de l'utilité de l'équipement par suite des développements de types d'équipement plus efficaces);
- L'usure (augmentation des frais d'exploitation; diminution de la productivité et de la qualité des services rendus).

2.5 L'actualisation et les coûts marginaux à long terme

Ayant exposé la notion de l'actualisation, nous revenons sur les coûts marginaux à long terme (CMLT). Dans le paragraphe 1.10 nous avons déjà abordé le cas des investissements relativement grands et indivisibles. Si les consommateurs spécifiques, responsables de telles extensions, ne sont pas identifiables, les coûts marginaux à long terme peuvent être établis assez simplement avec la méthode des **coûts supplémentaires moyens (CSM)**. Les CSM sont déterminés par le rapport entre la somme des coûts supplémentaires actualisées sur la vie utile des investissements prévus et la somme actualisée des suppléments de production suite aux investissements prévus. Alors:

$$CSM = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{(I_t + V_t - V_0)}{(1+a)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{(P_t - P_0)}{(1+a)^t}}$$

où t désigne l'année: $t = 0, 1, 2, \dots, T$;

I est l'investissement;

V sont les coûts variables (c.-à-d. les frais d'exploitation, entre autres les frais d'énergie); et

P désigne le niveau de production.

La méthode des CSM est souvent utilisé pour projeter les coûts marginaux à long terme du gaz. Egalement, pour établir les CMLT de l'électricité du réseau central la méthode des CSM peut donner une première approximation. Cependant dans les pays industrialisés et les pays en développement possédant un grand réseau et une base de données satisfaisante, des méthodes plus poussées sont appliquées. Nous reviendrons sur ce sujet dans le paragraphe 4.3.

2.6 L'analyse de moindre coût

Il y a beaucoup des services, dont les avantages sont difficiles à établir quantitativement, même si leur fourniture est considérée comme essentielle. Un exemple est constitué par la génération d'une certaine quantité d'électricité par an (par exemple pour la mise en marche des appareils d'une usine ou pour les besoins d'électricité d'une communauté rurale). Le problème essentiel dans les projets ci-dessus définis est d'atteindre des objectifs bien cernés (produire des biens ou des services fixés et bien spécifiés) au coût minimum. Voilà la finalité de l'**analyse de moindre coût** ou bien l'**analyse d'efficacité des coûts**.

Comment peut-on appliquer les critères de choix des investissements aux projets qui visent à rendre des services spécifiques au moindre coût? La première démarche est de définir le **cas de référence**. Etant données les circonstances locales, pour rendre les services évoqués il existe d'habitude une configuration de projet très répandue en appliquant une technologie conventionnelle. A titre d'exemple, l'option du diesel est beaucoup utilisée pour l'électrification des communautés rurales éloignées.

La deuxième démarche est de définir les **cas alternatifs**. En revenant à l'exemple de l'électrification rurale, les cas alternatifs peuvent mettre en jeu les technologies nouvelles et renouvelables. Cependant, pour chaque alternative il faut bien cerner les services rendus (les avantages engendrés par chaque alternative). Il faut s'assurer que les services rendus sont strictement identiques.

Ayant défini toutes les options, on applique l'**analyse des cash flows différentiels**. Cela se passe de la manière suivante. Pour chaque option considérée, on élabore le calendrier des cash flows de tous les coûts. On ne fait pas le calcul des avantages des services rendus, ceux-ci étant les mêmes pour chaque option.

Ensuite la question est de savoir, si parmi les options alternatives certaines sont moins coûteuses que le cas de référence. Pour répondre à cette question, on définit les coûts du cas de référence comme les avantages des cas alternatifs. Puis on peut calculer pour chaque option alternative lesdits **cash flows différentiels**. Les options pour lesquelles l'analyse de tels flux produisent soit un TRI plus élevé que le taux d'actualisation utilisé soit une VAN positive, sont moins coûteuses (plus coût-efficaces) que le cas de référence. Quand on a identifié d'une telle façon plus d'une option alternative moins coûteuse, il faut réitérer la procédure en désignant une des options moins coûteuses comme le nouveau cas de référence. Ainsi on finit par identifier, parmi les options définies, l'option la plus attrayante du point de vue de la minimalisation des coûts.

Pour obtenir des informations supplémentaires sur le niveau des coûts, il y a lieu de calculer les coûts moyens (coûts par service rendu, à titre d'exemple: coûts par kWh effectif) pour l'option la moins coûteuse. Une comparaison avec des données concordantes au niveau national ou international peut indiquer, que l'option considérée la plus attrayante est cependant relativement chère. Le cas échéant, il faut continuer les recherches des configurations de projet pour ébaucher des projets encore moins coûteux ou bien pour finir par abandonner carrément le projet.

2.7 L'analyse du point mort

Un des instruments pour éprouver la solidité financière du projet est l'**analyse du point mort** ou l'**analyse de seuil de rentabilité**. Une telle analyse vise à déterminer le volume de production et de ventes qui suffit à couvrir l'ensemble des coûts (la **production du point mort** ou le **seuil de rentabilité**). La comparaison de la production du point mort avec la production de pleine capacité permet de donner une indication de la solidité financière du projet.

L'analyse est la suivante. On suppose que, pour la période considérée, le volume des ventes correspond à la production. Ensuite, on détermine la valeur des variables suivantes:

- x = le volume de la production
- p = le prix moyen des ventes
- y = la valeur des ventes
- v = les coûts variables moyens
- f = les frais fixes

Les deux équations suivantes s'appliquent:

Equation des ventes

$$y = px$$

Equation des coûts de production

$$y = vx + f$$

D'où:

$$x = f / (p - v)$$

Donc:

- Plus les frais fixes sont élevés, plus le seuil de rentabilité est élevé; et
- Plus la marge entre le prix de vente et les coûts variables moyens est grande, plus le seuil de rentabilité est bas.

Il faut noter quelques contraintes dans l'application de l'analyse du point mort. Celle-ci est une analyse à court terme (les frais fixes ne changent pas en fonction du volume de la production). De même le prix de vente est supposé fixe, face aux changements du volume de la production.

2.8 L'analyse de sensibilité

D'habitude les valeurs obtenues pour les critères de choix d'investissement reposent sur un **scénario de base**. Ce scénario décrit l'évolution projetée pendant la durée du projet, jugée par l'analyste la plus probable, des facteurs concernés. Pourtant, une série de développements imprévus pourraient survenir après le démarrage du projet. C'est la raison d'être de l'**analyse de sensibilité**. Elle vise à éprouver la solidité financière de la configuration du projet retenu, face aux changements des évaluations projetées pour les variables les plus importantes.

Dans les projets énergétiques, les variables qui peuvent avoir une grande portée sur la solidité financière incluent:

- Les prix de vente (sauf dans les analyses de moindre coût);
- Les prix des combustibles utilisés;
- Les prix des équipements utilisés;
- Le taux d'actualisation;
- Le taux d'utilisation des équipements (le nombre d'heures actives annuelles);
- L'efficacité énergétiques des outils utilisés;
- La vie utile des équipements utilisés.

En fait, l'analyse du point mort est un cas spécifique de l'analyse de sensibilité, c.-à-d. celle du volume de la production soit le taux d'utilisation des équipements.

On mène une analyse de sensibilité pour changer l'hypothèse sur l'évaluation des variables sélectionnées d'un pourcentage certain, disons de 10%. Pour chaque variable sélectionnée successivement, on considère l'impact d'une telle opération sur la VAN et le TRI. De même on essaie d'établir le changement relatif critique et la valeur critique ("**switching value**") de la variable concernée, pour laquelle la VAN est à peu près de zéro et le TRI atteint une valeur proche du taux d'actualisation. Parfois l'analyste financier évalue l'impact des changements simultanés de l'évolution de plusieurs variables.

3. L'ANALYSE ECONOMIQUE

3.1 Le concept de l'analyse économique d'un projet

Dans le chapitre précédent, nous venons d'expliciter les principes pour arriver à un jugement bien-fondé sur l'acceptabilité de l'engagement des fonds nécessaires à un projet, selon le point de vue de l'ensemble des promoteurs du projet. Quels ajustements doivent être appliqués à une telle analyse financière pour analyser l'utilisation des ressources d'investissement du projet concerné **du point de vue de l'économie nationale**? C'est l'utilisation optimum des ressources du point de vue de l'économie d'une certaine région, d'habitude l'économie nationale, que concerne **l'analyse économique**.

Dans l'analyse économique on tient à optimiser l'utilisation des ressources nationales en référence aux objectifs nationaux de développement économique. Dans l'analyse on ajuste l'évaluation des coûts et des avantages d'un projet afin de coïncider avec le point de vue de la société au moyen de l'application des **prix de références**. C'est de la transformation économique de l'évaluation des coûts et avantages, en y incluant la dérivation des prix de référence, dont ce chapitre traite. Les prix de référence expliqués ici en-bas sont les **prix d'efficacité** (utilisation des ressources en accord avec la perspective nationale). Bien que l'utilisation optimale des ressources nationales soit l'aspect le plus important, pas mal d'autres considérations peuvent influencer la politique gouvernementale relative à la formation des prix.¹¹

Au niveau de la rentabilité totale d'un projet et des critères du choix des investissements, il y a deux différences importantes entre l'analyse financière et l'analyse économique d'un projet.

1. Le gouvernement a une grande influence sur la formation des prix de marché au moyen de la politique industrielle et du commerce extérieur. Afin que les prix reflètent mieux les vraies carences des biens économiques, dans l'analyse économique on essaie d'enlever cet impact sur les prix de marché. A titre d'exemple, dans l'analyse économique, les impôts et les subventions sont considérés comme des transferts internes dans l'économie nationale. Au niveau de l'économie nationale les impôts indirects ne constituent pas des coûts, et les subventions ne constituent pas non plus des augmentations de ressources nationales.
2. Les vraies carences des ressources et tous les avantages de certains investissements ne sont pas toujours véritablement signalés aux promoteurs des projets par les résultats du processus du marché. A titre d'exemple, souvent les coûts de l'épuisement des ressources non-renouvelables et les dégâts à l'environnement suite à l'implantation d'un projet polluant ne sont pas proprement internalisés dans les prix de marché. C'est aussi le cas avec les avantages d'économie d'énergie dans les immeubles à louer, suite aux investissements dans l'isolation des bâtiments.

3.2 Le numéraire et le taux d'actualisation

Dans l'analyse financière on utilise la monnaie locale comme numéraire. Dans l'analyse économique, afin d'être capable de déterminer la valeur des ressources en termes des coûts d'opportunité aux marchés internationaux, le numéraire doit être une unité de monnaie quelconque qui soit librement échangeable. En pratique, on utilise soit la monnaie locale soit le dollar EU. En outre, le numéraire doit être de valeur constante (en

¹¹ Le paragraphe 4.3 explicite quelques autres considérations pour le cas de la tarification de l'énergie

appliquant un déflateur général des prix) ou de valeur courante.¹² La méthode de la Banque Mondiale pour l'analyse économique, présentée dans le document présent, applique pour la conversion des monnaies le taux d'échange officiel. Par contre la méthode de l'ONUDI utilise dans ce but le taux d'échange de référence. Effectivement, cela revient tout à fait au même (C.f. paragraphe 3.4. en bas).

Dans l'analyse économique on applique comme taux d'actualisation le **coût d'opportunité du capital** au niveau de l'économie nationale. Autrement dit, le taux d'actualisation économique prend en compte les revenus auxquels on a renoncé ailleurs dans le projet non-réalisé le plus rémunérateur, étant donné que tous les fonds d'investissement disponibles au niveau national sont épuisés. En pratique, ledit taux est difficile à estimer. Un indicateur utile pourrait être le taux d'intérêt sur les emprunts à long terme servis par les banques intérieures aux entreprises industrielles locales.

3.3 La évaluation des biens échanges

Pour les biens (et services) échangés, les prix de référence sont les prix frontières (prix internationaux). D'habitude, l'économie nationale d'un pays en développement d'envergure modérée n'a qu'une influence négligeable sur les prix internationaux. Dans ce texte il est supposé alors que les prix internationaux ne changent pas suite aux investissements intérieurs.

Pour un extrant du projet, qui, à la marge, est importé, le prix frontière concerné est déterminé par le prix import c.a.f. (coût, assurance, fret) le plus bas d'un produit identique. Ensuite, il faut y ajouter les marges de transfert (transport et distribution) interne, jusqu'à la vente aux consommateurs du bien concerné, évaluées en prix de référence. En plus, il faut soustraire les marges de transfert, également évaluées en prix de référence, sorti usine jusqu'au pointe de vente.

Pour les produits qui, à la marge, sont exportés, l'alternative de la vente aux consommateurs intérieurs est constituée par l'exportation. Alors le prix frontière pour de tels produits est déterminé par le meilleur prix export obtenu f.o.b. ("**free-on-board**" ou bien franco à bord). Il faut y soustraire les marges de transfert interne sur le trajet du point d'embarquement à l'usine, évaluées en prix de référence.

Il s'applique un calcul pareil pour l'évaluation pour les matières premières et les pièces de rechange échangées du projet.

Si les produits ne sont pas échangés mais sont échangeables la détermination des prix de référence se passe ainsi que suit. Pour les produits fabriqués par le projet il faut prendre les prix frontières concernés comme point de départ pour l'évaluation. Pour les matières premières et les pièces de rechange, dont l'importation est entravée par la politique du commerce extérieur il faut anticiper la politique future. Si on n'attend pas de changement, il faut traiter le produit concerné comme un produit non échangé. Par contre, si on attend un relâchement des régulations d'importation, le prix de référence repose sur l'évaluation du prix frontière.

3.4 Les coefficients de conversion

Le rapport entre le prix de référence et le prix du marché d'un bien spécifique détermine le **coefficient de conversion spécifique**. Pour plusieurs pays des coefficients de conversion généraux sont établis (entre autre par des experts de la Banque Mondiale). Il peut s'agir des **coefficients sectoraux** pour les secteurs importants (à titre d'exemple, le secteur de

12 C.f. para. 2.2, les derniers deux alinéas.

transport) et pour l'ensemble de tous les produits échangés, c.-à-d. le **coefficient de conversion standard**. Le dernier coefficient est établi par le rapport de la valeur agrégée des produits échangés exprimée en prix frontières à la même valeur mais exprimée en prix domestiques. Les coefficients sectoraux et le coefficient de conversion standard permettent de simplifier l'estimation des prix de référence pour les matières premières qui jouent un rôle relativement moins important dans l'évaluation du projet.

Il y a une relation simple entre le coefficient de conversion standard (CCS), appliqué dans la méthode d'évaluation de la Banque Mondiale, et le **taux de change de référence** (TCR), appliqué par l'ONUDI. Un CCS plus bas de l'unité veut dire que le taux de change officiel (TCO) surévalue la monnaie domestique. Cela peut être le cas à cause des entraves d'importation (droits douaniers et contingentements d'importation par exemple) et la surévaluation des facteurs de production telle que la main d'oeuvre. La relation ci-dessus s'exprime ainsi que suit:

$$\text{CCS} = \frac{\text{TCO}}{\text{TCR}} \quad \text{ou bien} \quad \text{TCR} = \frac{\text{TCO}}{\text{CCS}}$$

3.5 Les facteurs de production

L'estimation des prix de référence pour les facteurs de production est très difficile. Néanmoins, ici aussi quelques principes généraux s'appliquent.

Les coûts économiques du déploiement de la main d'oeuvre dans un projet sont également les coûts d'opportunité pour l'économie nationale. Ceux-ci sont constitués par la valeur, mesurée aux prix de référence, de la production à laquelle on a renoncé dans la meilleure utilisation alternative. Quand il sévit un chômage et une sous-utilisation importante de la main d'oeuvre, on peut s'attendre à ce que la productivité marginale de la main d'oeuvre soit surévaluée par les salaires, surtout quand il y a une réglementation des salaires minimum. En général, la surestimation des coûts économiques de la main d'oeuvre sera moins importante pour les cadres moyens et supérieurs que pour les travailleurs non spécialisés.

Le prix de référence du sol utilisé par le projet peut être estimé par la valeur actualisée des avantages nets dans la meilleure utilisation alternative, mesurés aux prix de référence.

3.6 Les biens non échangés

Il y a plusieurs catégories des biens non échangés. D'abord, il y a une différence entre les produits fabriqués par le projet et les biens entrant dans le projet comme matières premières.

Pour les produits générés par le projet, il importe qu'ils soient ou non vendus. S'ils le sont, comme par exemple, l'électricité, il faut déterminer les prix de référence à partir des prix du marché. Dans le cas où les consommateurs sont disponibles pour payer plus que le prix du marché, il faut prendre en compte le surplus du consommateur. Si les avantages du projet ne sont pas commercialisés, il faut se contraindre à conduire des analyses de moindre coût (Voir le paragraphe 2.5).

Pour les matières premières non échangés il y a également deux sous-catégories. Si la demande du projet est satisfaite par une augmentation de la production domestique, il faut déterminer les coûts de production supplémentaires par unité évalués aux prix de référence pour aboutir à un prix de référence pour le bien concerné. Si la demande du projet oblige les autres consommateurs domestiques à diminuer leur consommation, il faut évaluer les avantages renoncés des autres consommateurs suite à la diminution de leur consommation.

3.7 Les effets externes

On appelle les **effets externes** les effets engendrés par le projet considéré représentant des avantages ou des coûts pour la société bien qu'ils ne soient pas (pas suffisamment) pris en compte dans les flux de trésorerie financiers du projet. Les avantages externes d'un projet peuvent inclure un surplus du consommateur, la substitution d'un combustible qui émet relativement beaucoup de gaz de serre, un profil d'investissement plus attrayant pour autres entreprises, l'acquisition du savoir-faire, etc. Parmi les coûts externes possibles figurent les dégâts à l'environnement, les phénomènes aggravés de congestion urbaine, etc.

Pour justifier certains projets d'électrification rurale, on fait souvent appel à un surplus du consommateur supposé. Le surplus du consommateur est très difficile à déterminer. Alors, quand un tel avantage est indispensable pour justifier un projet, il faut être très prudent pour l'accepter sans aucune investigation. Lors de l'investigation, il faut tenir compte du fait que que les technologies alternatives ne sont pas toujours parfaitement comparables.

A titre d'exemple, ce n'est pas toujours réaliste de supposer que la plus grande partie des consommateurs est disposée à payer la valeur du marché du pétrole lampant substitué par l'électricité pour l'éclairage avec des lampes efficaces (TL), en utilisant la quantité des lumen dans la dernière utilisation comme base de détermination de la quantité du pétrole succédanée. Cette supposition ne s'applique surtout pas, quand le surplus du consommateur obtenu de cette façon serait un multiple considérable des achats afférents d'électricité par les consommateurs ruraux. Dans ce cas, il faut aussi compter sur les changements de comportement des consommateurs. Pour la tâche difficile de quantifier le dernier facteur d'une façon fiable, on a besoin de beaucoup de données statistiques sur l'utilisation de l'énergie par les familles qui utilisent les lampes efficaces, ainsi que des familles avec des caractéristiques socio-économiques comparables qui utilisent les lampes à pétrole.

3.8 Les résultats de l'analyse économique

Les résultats de l'analyse économique sont résumés et interprétés de la même façon que ceux de l'analyse financière.¹³ Les critères de décision sont alors:

- La valeur économique nette actualisée (VAN écon.);
- Le taux de rentabilité économique interne (TRI écon.);

et souvent (de façon supplémentaire) soit

- Le délai de récupération économique simple (DRS écon.); ou
- Le délai de récupération économique actualisé (DRA écon.).

Dans l'analyse économique on applique également l'analyse du point mort et l'analyse de sensibilité pour examiner la fiabilité des résultats.

Si les valeurs des critères de choix de l'analyse économique sont négatives, le projet concerné implique une utilisation suboptimale des ressources d'un point de vue social. Dans ce cas il faut rejeter l'utilisation des fonds publics, parmi lesquels les fonds des donateurs internationaux. D'autre part, si les valeurs des critères de choix de l'analyse économique ainsi que l'analyse financière sont positives, l'analyste peut recommander une décision positive à propos de l'implantation du projet. Néanmoins, il y a lieu de s'assurer que la participation dans ledit projet de la part du secteur privé est effective.

Reste le cas problématique, où la performance financière du projet est prévue comme insatisfaisante, mais où à la fois on estime les prix de marché "faux", tels qu'ils ressortent

13 C.f. para. 2.3.

des résultats positifs de l'analyse économique. D'abord, il faut ré-examiner si l'écart entre les prix de référence et les prix de marché est bien fondé. Ensuite, il faut envisager les possibilités politiques de prise de dispositions nécessaires pour corriger les prix de marché concernés. Si ces possibilités n'existent pas, le secteur public doit décider soit de subventionner le projet pour neutraliser l'impact des "distortions" des prix de marché concernés, soit de carrément priver de moyens publics le projet concerné.

4. LES PRIX DES PRODUITS ENERGETIQUES

4.1 Introduction

Il y a beaucoup d'aspects théoriques et pratiques portant sur la détermination du prix des produits énergétiques. Dans le cours introductif présent les aspects principaux seulement seront passés en revue. D'abord nous traiterons quelques aspects de la détermination des prix de référence, qui concernent les vecteurs d'énergie en général. Ensuite, les problèmes concernant la tarification de l'électricité seront abordés. Puis, la valeur du bois de feu sera considérée. Le paragraphe final étudiera l'impact des prix de l'énergie sur la conservation d'énergie.

4.2 Quelques aspects des prix de référence des vecteurs d'énergie

Pour déterminer les prix de référence des vecteurs d'énergie une classification principale appropriée des produits énergétiques existe:

- Les combustibles échangés (par exemple: les produits pétroliers);
- Les combustibles non échangés, mais commercialisés (par exemple: l'électricité);
- Les combustibles non commercialisés (par exemple: le bois de feu ramassé).

Nous avons déjà abordé le problème général de la détermination des prix de référence des biens échangés et des biens non échangés (Voir respectivement les paragraphes 3.4 et 3.6). Dans la suite de ce paragraphe, nous considérerons un problème concret des prix de référence des combustibles échangés, c.-à-d. celui des produits pétroliers. Les autres exemples concrets mentionnés, à savoir le prix de l'électricité et celui du bois de feu feront l'objet des paragraphes suivants.

Etant donné que le Burundi est un pays importateur, pour déterminer les prix de référence des produits pétroliers raffinés en franc burundais, il faut prendre en compte les prix d'import c.a.f. en appliquant le taux de change officiel. Le Burundi est un pays enclavé, donc il faut d'abord établir les prix, c.a.f. Dar es-Salaam et Mombasa, les deux ports maritimes d'importance pour le Burundi. Puis, il faut établir, en prix-frontières, donc **en enlevant tous les droits et redevances et autres entraves non-tarifaires introduits par le gouvernement burundais**, les coûts marginaux de transport et manutention (entreposage, etc.) sur la base de **l'offre des transporteurs fiables les moins coûteux**, des ports sus-mentionnés, rendu Bujumbura.¹⁴ La troisième démarche est d'établir, en prix-frontières, les coûts de transfert interne jusqu'aux points de vente en détail **par l'intermédiaire des agents économiques fiables les meilleurs marchés**. D'une telle façon on finit par obtenir **les valeurs de parité d'import**, c.-à-d. les prix de référence d'import. Les estimations des valeurs de parité d'import servent à estimer les prix actuels, spécialement, mais pas uniquement, quand il s'agit de la fabrication de quelques produits pétroliers dans les pays avoisinants au Burundi. La réalité de l'approvisionnement d'un pays enclavé avec un marché d'envergure modeste comme le Burundi, et les routes terrestres très longues (ex Dar es-Salaam 1580 km; ex Mombasa 2190 km), impliquent pas mal d'entraves et peu d'agents économiques. Ces caractéristiques sont des facteurs qui peuvent avoir des impacts perturbateurs sur les prix. Donc les estimations des valeurs de parité d'import ne peuvent être que d'ordre approximatif.

14 A l'heure actuelle on ne peut pas baser ces coûts marginaux sur le transport par voie ferrée via Kigoma, étant donnée la capacité limitée, face aux besoins du Burundi relative aux produits pétroliers, de cette mode de transport relativement moins coûteuse.

Les autres aspects importants, au delà de la classification sus-mentionnée, qui déterminent les prix de référence des produits énergétiques incluent:

- a. La convenance (c.-à-d. la facilité et la commodité) d'utilisation dans la perception par les consommateurs et la flexibilité au niveau de la substitution par d'autres vecteurs d'énergie.
- b. La distinction entre les ressources (quasi-)épuisables et les ressources renouvelables.
- c. La pollution spécifique associée à la combustion d'un produit énergétique.
- d. Les indivisibilités à propos des investissements au sein de plusieurs sous-secteurs du secteur de l'énergie.

Ci-dessous, les trois premiers aspects seront expliqués. Le dernier aspect sera considéré dans le paragraphe 4.3.

Au niveau des utilisations spécifiques requérant de l'énergie, plusieurs vecteurs d'énergie peuvent se présenter comme option, parmi lesquels des produits échangés et non échangés. Plus les options alternatives sont disponibles et moins les différences de convenance d'utilisation sont importantes, plus la **substituabilité** des vecteurs d'énergie s'y rapportant est effective. Dans une situation de substituabilité élevée, les prix de référence des produits échangés posent des limites supérieures aux prix de revient économique des produits énergétiques non échangés pour être compétitifs. Pour déterminer le prix de revient économique maximum d'une **ressource énergétique nouvelle et renouvelable** et non échangée à propos des utilisations spécifiées, il faut prendre en compte, entre autres:

- Les prix de référence des combustibles échangés concernés;
- Les valeurs calorifiques de tous les combustibles concernés;
- L'efficacité énergétique de tous les combustibles concernés par rapport aux utilisations considérées.

En outre, il faut considérer les différences de qualité des options alternatives du point de vue des consommateurs et leurs implications. Par exemple, la conviction qu'une certaine option soit de qualité supérieure peut expliquer un prix compétitif maximum qui contient une prime, ou bien la quantité demandée des services utiles est plus large, les autres facteurs étant comparables.¹⁵

Le prix des ressources épuisables (les ressources fossiles) doit comporter un élément de **prime d'épuisement**. La consommation d'une unité aujourd'hui est au prix du renoncement de la consommation dans le futur. En escomptant le prix actualisé, net des coûts de l'extraction, du succédané le plus probable on peut aboutir à l'estimation d'une telle prime.

En ce qui concerne la pollution spécifique, les effets externes sont difficilement quantifiables. Une approche possible, mais il faut l'admettre souvent difficilement applicable, est de définir un **projet complémentaire** qui neutralise la pollution associée avec chaque option polluante. Alors, les coûts d'un tel projet complémentaire peuvent égaler les effets externes considérés.

4.3 La tarification de l'électricité

Dans le présent paragraphe nous présentons quelques aspects permettant la détermination des coûts marginaux à long terme (CMLT) et la pratique de la tarification de l'électricité. Il convient de mentionner dès à présent que ce sujet est trop spécialisé pour

¹⁵ Par exemple, la lumière d'une lampe électrique est de plus grande qualité que celle des lampes à pétrole, même s'il s'agit d'une quantité pareille (en lumen).

permettre un traitement en profondeur. Comme nous l'avons déjà vu dans le premier chapitre, les prix qui reflètent les CMLT peuvent donner une contribution importante pour obtenir une utilisation efficace des ressources économiques. Cependant, dans le sous-secteur de l'approvisionnement de l'électricité les **indivisibilités des investissements** ainsi que les **périodicités de la demande** (fluctuations relativement régulières de la demande) jouent un rôle important dans les coûts de l'approvisionnement. En conséquence, ces facteurs doivent être suffisamment pris en compte dans la structure des coûts marginaux à long terme de l'électricité.

Un taux d'utilisation élevé de la capacité, et l'absence d'investissements superflus en capacité de pointe sont fortement stimulés par une tarification appropriée en concordance avec les CMLT. Afin d'obtenir une telle tarification, il convient de fixer des tarifs distincts pour les catégories de la demande avec des caractéristiques distinctes en ce qui concerne la quantité et la distribution au cours du temps. Pour bien différencier les prix en correspondance avec les coûts marginaux associés à la satisfaction des types divers de demande, dans la situation idéale, le barème des prix de référence de l'électricité distingue, en principe:

- Les différentes catégories de consommateurs;
- Les différentes saisons (un phénomène surtout important pour les systèmes à centrales hydroélectriques);
- Les heures journalières (aux extrêmes il y a les **heures de pointe** et les **heures creuses**);
- Le niveau de tension; et
- Les différentes régions.

En fonction de la disponibilité des données, le calcul des CMLT s'effectue au moyen d'un modèle. Se basant sur une estimation de la demande future d'électricité, un tel modèle peut générer un plan de l'expansion de la capacité à moindre coût. Pour chaque année dans la période considérée, on fait les calculs itératifs du modèle tout en augmentant la demande à très petite quantité par rapport à un scénario de base. De telles augmentations engendrent, à la limite, un avancement des investissements. Les coûts additionnels totaux en proportion de la demande supplémentaire représentent les CMTL. Chaque fois on calcule les CMTL sur une période prospective de même durée, par exemple 10 années en avance.

Pourtant une spécification des CMLT, telle que décrite plus haut, requiert un enregistrement de la production et de la demande très détaillé. Ceci n'est pas le cas dans pas mal de pays en développement, tels que le Burundi. Il n'est même pas du tout évident, que les coûts associés à une mesure très détaillée soient justifiés dans le cas du Burundi, étant donnée la structure relativement simple du réseau et les niveaux de consommation relativement bas de la plupart des consommateurs d'électricité dans ce pays. Dans ce cas la méthode des CSM¹⁶ peut fournir des approximations satisfaisantes des CMLT.

Les CMTL sont composés de **coûts marginaux de capacité** et des **coûts marginaux de l'énergie**, c.-à-d. les coûts marginaux variables. D'habitude, les centrales qui sont destinées à satisfaire la **demande de pointe** ont des coûts marginaux de capacité relativement bas et des coûts de l'énergie élevés, par exemple pour les turbines à gaz et (en particulier au Burundi) les électrogènes diesel. En revanche, les centrales qui sont destinées à répondre à la **demande creuse**, par exemple les grandes centrales hydro-électriques, ont normalement des coûts marginaux de capacité plus élevés et des coûts variables plus bas que les centrales de charge de base. Il est évident, qu'il est plus efficace de desservir la demande de base par les centrales de charge de base existantes, telles que les centrales hydroélectriques en opération ayant des coûts de l'énergie relativement bas. Puisque les

16 Voir paragraphe 2.5.

décisions d'investissement dans des centrales existantes (et souvent aussi les centrales en construction) ne peuvent pas être révoquées sans coûts prohibitifs, les investissements concernés constituent un cas d'investissement à fonds perdu.

Par contre, la situation est totalement différente en ce qui concerne les investissements d'expansion prospectifs. Il ressort de cela, que - même pour un pays avec un grand potentiel hydroélectrique tel que le Burundi - l'expansion de la capacité des centrales hydroélectrique n'est pas du tout forcément l'option à moindre coût. Souvent le plan bien-fondé de l'expansion de la capacité indique, qu'il est plus économique de favoriser l'augmentation de la demande crête en mettant en place des centrales diesel d'abord, pour construire plus tard une centrale hydroélectrique. Un tel cas présente pour avantage, pour cette dernière centrale, caractérisée par des hauts coûts de capacité, une production pouvant desservir en grande partie la charge de base dès le démarrage, en s'assurant en même temps d'une bonne utilisation de sa capacité sur sa durée de vie.

Ayant calculé les CMLT proprement dits, concordant avec l'efficacité économique, il est opportun de tenir compte des autres objectifs en dehors de l'efficacité des ressources économiques. Si les tarifs étaient basés complètement sur les CMLT, cela pourrait occasionner un surplus financier pour la société d'électricité. Cette situation survient si les coûts moyens sont plus bas que les CMLT. En effet ce dernier phénomène est souvent le cas, à savoir quand on prévoit une augmentation structurelle des coûts d'approvisionnement.

Un tel surplus peut être utilisé pour subventionner les tarifs pour les familles à revenus faibles et moyens et pour subventionner l'électrification rurale. Une telle politique pourrait parfois être justifiée en faisant prudemment appel aux considérations sociales (l'amélioration du niveau de vie des couches moins aisées) et afin de développer des nouveaux centres de demande qui pourraient devenir rémunérateurs dans un futur assez proche. Une autre raison pour dévier des CMLT est la disponibilité de combustibles subventionnés comme souvent le pétrole lampant ou le diesel. Dans ce cas là, un tarif plus bas que les CMLT est parfois justifié afin de prévenir une consommation excessive du combustible alternatif. Il y a plusieurs autres raisons pour dévier des CMLT, surtout quand la situation actuelle du réseau est sub-optimale. Par exemple, une capacité excédentaire temporaire peut justifier une redevance fixe un peu plus basse que les CMLT, et une hausse rapide des prix de combustibles peut justifier temporairement un niveau un peu plus élevé de la redevance variable par rapport au CMLT.

Dans beaucoup de pays en développement, tel que le Burundi, l'envergure du marché domestique pose une contrainte majeure à la réalisation des options de grande quantité, caractérisée par un coût unitaire potentiellement bas (par exemple certaines centrales hydro-électriques). Parfois cette contrainte peut être surmontée d'une façon justifiable par une tarification discriminatoire, en attirant une clientèle non-traditionnelle bien cernée, en incluant les exportations.¹⁷ Il est primordial que de tels clients puissent être légalement découplés du réseau quand on approche la situation de pleine utilisation, et qu'ils paient un tarif qui couvre au moins les coûts marginaux à court terme (les frais d'exploitation, tels que les frais d'énergie).

4.4 Le prix du bois de feu

Dans beaucoup de pays en voie de développement, une grande partie du bois de feu est ramassée "gratuitement", c.-à-d. souvent au moyen de beaucoup d'effort de ramassage mais, cependant, sans être obligé d'y consacrer des dépenses monétaires. Ce phénomène

¹⁷ Au Burundi la REGIDESO a adopté une telle approche envers certains clients industriels afin de mieux valoriser ces centrales hydro-électriques sous-utilisées.

survient surtout dans les pays caractérisés par un bas taux d'urbanisation et par des ressources ligneuses, comme le Burundi.

Une telle situation complique la mise en oeuvre d'un système de tarification qui s'appuie sur les prix de références du bois de feu. Cependant, ce problème institutionnel délicat, dont les aspects sociaux pèsent souvent considérablement, ne sera pas abordé. Le rapport présent se limite alors au prix du bois de feu.

Pour établir le prix de référence du bois de feu, il convient d'examiner si les ressources ligneuses sont exploitées grosso modo d'une façon durable. S'il est question d'un épuisement sérieux, il faut se rendre compte de l'importance de l'abattement des arbres pour le bois de feu. Souvent cette importance est largement exagérée. A cet égard, les facteurs comme les défrichements agricoles, l'élevage, la coupe du bois commercial et des incendies "spontanés" s'avèrent d'habitude plus nuisant à la forêt.

Si les ressources ligneuses ne sont pas menacées d'épuisement, par exemple du fait de la surexploitation du bois de feu, il faut considérer les prix de référence des combustibles concurrentiels dans les utilisations commerciales d'importance. D'habitude l'utilisation commerciale la plus importante est la cuisson par les ménages dans les grandes villes. Etant donnée une suffisance des données, on peut calculer les coûts de cuisson par période pour les combustibles de remplacement. Pour un tel calcul on a besoin de données sur les prix de référence des combustibles concurrents, les valeurs calorifiques, les rendements énergétiques, les coûts et la vie utile des outils de cuisson, ainsi que l'effet du changement de combustible de cuisson sur le comportement du consommateur. Ayant établi le prix de référence du bois de feu dans les villes, il faut soustraire les frais de transport, de stockage, et de fendage, pour aboutir à la valeur rétroactive nette ("net back price") en vigueur dans les sites ruraux au bord de la forêt.

La méthode la plus fiable pour établir le prix de référence du bois de feu en cas d'épuisement des ressources ligneuses est d'estimer les coûts de "renouvellement", c.-à-d. le coût de revient, en appliquant des prix de référence, du bois de feu provenant des plantations privées. D'un côté, il faut se baser sur des terres marginales (avec des coûts d'opportunité bas à propos de l'agriculture et de l'expansion urbaine). De l'autre côté, l'emplacement des plantations afférentes par rapport aux grandes villes a une incidence sur les frais de transport.

L'attribution des coûts de plantation au bois de feu et aux autres types de bois, par exemple le bois de service, le cas échéant, est aussi important. S'il ne s'agit pas de coûts séparables, une telle affectation - un cas spécial du problème d'affectation des coûts communs aux produits conjoints - est jusqu'à une certaine limite aléatoire. Pourtant, en principe ni le coût financier ni le coût économique du bois de feu ne peuvent devenir négatifs. La distribution des ventes entre les produits ligneux différents peut être appliqué comme clef d'affectation des coûts généraux.

Les forêts ont de nombreux effets externes, tels que la prévention d'érosion et des inondations, la production des nutriments, l'absorption du gaz de serre CO₂, la conservation des espèces rares, etc. Plusieurs analystes ont essayé de faire une évaluation de tels avantages afin d'aboutir à un prix de référence du bois de feu. On peut se demander si, en pratique, une telle approche peut rendre compte de tous les effets externes de façon fiable et incontestable.

4.5 La conservation d'énergie

Dans toutes les étapes d'extraction, de conversion, de transport, de distribution et d'utilisation finale de l'énergie, il y a des possibilités pour améliorer l'efficacité et réduire les besoins d'énergie. Souvent ces possibilités ne sont pas réalisées à cause de différentes raisons:

- L'application de technologies vétustes;
- Le manque de disponibilité d'information sur les possibilités;
- L'ignorance des utilisateurs en ce qui concerne le meilleur mode d'emploi d'un appareil;
- La perception de risque associé à un investissement;
- Le manque de disponibilité du capital;
- Parfois les utilisateurs d'une technologie ne sont pas les mêmes que les bénéficiaires des économies de l'énergie.

On peut répartir les instruments de la maîtrise de l'énergie dans quatre catégories, soit:

1. Les prix des vecteurs énergétiques; la tarification énergétique.
2. User des contraintes quantitatives telles que les licences d'utilisation des équipements ou des vecteurs énergétiques spécifiés et l'imposition des produits standard d'une efficacité énergétique élevée.
3. L'éducation et la vulgarisation à propos de la conservation et l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation d'énergie.
4. Améliorer les technologies (recherches et mise-au-point).

Généralement, les instruments cités en catégorie 2 sont les plus efficaces à court terme, tandis que les instruments cités en catégorie 1 sont les plus efficaces à long terme.

Une condition nécessaire pour stimuler une utilisation plus efficace de l'énergie est que les prix et les tarifs d'énergie reflètent les coûts d'approvisionnement, et ne soient pas subventionnés. Un programme, visant à stimuler certains types d'investissement pour économiser l'énergie, a de forte chance d'échouer, si les prix des combustibles ou bien les tarifs de l'électricité sont tellement bas que les bénéfices ne parviennent pas à couvrir les coûts d'investissements.

Voici quelques différents exemples des innombrables possibilités pour réduire une consommation inefficace de l'énergie:

- L'amélioration de l'état des chaussées;
- L'utilisation des possibilités de co-génération de la chaleur et de l'électricité;
- La réduction des pertes du réseau électrique;
- L'augmentation de la sûreté des livraisons de l'électricité afin de réduire l'application des groupes électrogène à diesel;
- L'utilisation par les ménages des appareils plus efficaces (spécialement réfrigérateur, climatiseur et éclairage).

Dans les analyses avantages-coûts économiques des projets sur la conservation de l'énergie figurent deux groupes d'avantages et deux groupes de coûts. Les **avantages** sont constitués par les coûts énergétiques épargnés et par la diminution des charges environnementales. Les **coûts** peuvent se situer au niveau de la substitution de l'énergie par des moyens non-énergétiques (équipement et la main d'oeuvre) et en ce qui concerne la réduction des avantages des consommateurs (par exemple une climatisation moins agréable). Par rapport au deuxième groupe des avantages ainsi que des coûts, il s'agit des effets externes qui n'apparaissent pas dans l'analyse financière.

CASTAGNE et PICARD (1977) proposent un modèle simple de l'analyse financière d'un projet qui a pour but d'économiser de l'énergie. Un industriel a le choix entre deux stratégies d'investissement pour atteindre un niveau de production donné. Il peut se procurer l'installation A avec un coût de l'investissement X et des dépenses énergétiques actualisées pendant la durée du projet égales à G. L'alternative est l'installation B avec un coût d'investissement Y et des dépenses énergétiques actualisées pendant la durée du projet égales à F. Les autres coûts variables sont supposés égaux. Donc,

coût actualisé de
coût actualisé de
tandis que

L'investisseur devra préférer B à A si
et inversement.

$$A = X + G$$

$$B = Y + F \quad ,$$

$$Y > X \quad \text{et} \quad F < G \quad .$$

$$X + G > Y + F \quad ,$$

REFERENCES

- BABUSIAUX Denis (1985), **Introduction au Calcul Economique**, Institut Français du Pétrole, Paris, Avril
- BORG Mats (1990), "Financial and Economic Analysis of Rural Electrification in Developing Countries", **Energy, Environment and Development Series**, No. 9, Stockholm Environment Institute, Stockholm
- CASTAGNE Maurice et Jean-Jacques PICARD (1977), "Les économies d'énergie dans la politique d'investissement de l'entreprise française", **Revue de l'énergie**, Vol. 28 (294), pp. 314-318, Mai
- FINCK Horst et Gerhard Oelert (1985), **Guide de Calcul de Rentabilité pour Projets d'Investissement dans le Secteur Energétique**, GTZ, Eschborn
- GITTINGER J. Price (1982), **Analyse Economique des Projets Agricoles**, 2me édition, Editions Economica, Paris
- KUYVENHOVEN Arie et L.B.M. Mennes (1985), **Guidelines for Project Appraisal**, Government Printing Office, The Hague
- MUNASINGHE Mohan (1990), **Electric Power Economics**, Butterworths, London etc.
- MUNASINGHE Mohan et Gunter SCHRAMM (1983), **Energy Economics, Demand Management and Conservation Policy**, Van Nostrand Reinhold Company, New York etc.
- PIWOWARSKI Andrzej J. (pas daté), "L'Economie de Mise en Valeur du Gaz Naturel dans les Pays en Développement", pas publié
- SIDDAYAO Corazon M., éditeur (1985), **Criteria for Energy Pricing Policy**, Graham & Trotman, London
- TIMMER R.A. (1981), "Enige verklarende opmerkingen bij het uitvoeren van een economische en sociale evaluatie van projecten volgens de methodologie van Little-Mirrlees en Squire-van der Tak", Netherlands Economic Institute, Rotterdam, Décembre
- UNIDO (1978), **Manual for the Preparation of Industrial Feasibility Studies**, United Nations, New York
- VEDAVALLI Rangaswamy (1989), "Domestic Energy Pricing Policies", **Energy Series Paper No. 13**, Industry and Energy Department, World Bank, Washington, Avril