



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY  
UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION

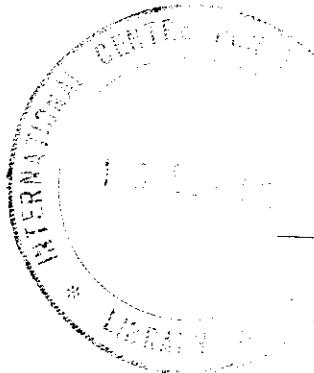


INTERNATIONAL CENTRE FOR THEORETICAL PHYSICS  
34100 TRIESTE (ITALY) - P.O.B. 586 - MIRAMARE - STRADA COSTIERA 11 - TELEPHONES: 214281/2/3/4/5/6  
CABLE: CENTRATOM - TELEX 460392-1

SMR/112 - 4

IV<sup>e</sup> SEMINAIRE SUR L'ENERGIE SOLAIRE

(10 - 21 septembre 1984)



Philippe BARRET

Centre de Recherche en Economie Industrielle  
Université Paris XIII

93320 Villetaneuse - FRANCE

Conferenc Economie 2

CONFERENCE ECONOMIE 2

PHILIPPE BARRET  
Centre de Recherche en Economie Industrielle  
Université Paris XIII  
93320 Villetaneuse  
France

Ces notes sont préliminaires. Vous trouverez les copies qui vous manquent et des supplémentaires au Bureau 231.

(1)

Calcul économique et modélisation de choix des investissements énergétiques

Dans le contexte d'une décision minérale, la défense des intérêts contribue à des critères de choix entre des énergies alternatives. Ceci d'autant plus que la structure de coûts des énergies renouvelables est différente de celle des énergies fossiles. Elles sont affectées d'un coût initial important mais de frais de fonctionnement plus modestes. En conséquence, les configurations dont l'investissement initial est relativement complexe car elles font intervenir le temps. On peut distinguer trois étapes dans la prise de décision : la première consiste à appeler des financements, la seconde à déterminer les composantes d'un investissement, la dernière à déterminer les critères de acceptation ou de rejet d'un projet. La dernière détermine des critères de choix entre différents investissements énergétiques.

1) les caractéristiques de base d'un projet d'investissement  
 a) l'investissement (transposé 1)  
~~b) le coût initial~~

le coût initial affecte non pas la forme ~~pas~~ la durée  
 Si le projet est financé au court ou au moyen échéancier  $I_1, I_2 \dots I_n$  (échéancier d'I) n'a pas l'effet d'un retard

(2)

-> les défenses d'exploitation

Il s'agit des défenses de fonctionnement (main d'œuvre + énergie) ou défenses directes et des défenses indirectes. Il s'agit d'un échec au niveau des stocks évidentiaires. ~~Cela peut également être~~  
~~un tel~~  $B_1 \dots B_n$

- 2) Défenses globales

Ce sont les défenses d'exploitation + l'échéancier de l'investissement sauf les intérêts ~~de~~

- 3) Recettes et exploitation

Il s'agit des recettes liées à l'exploitation de l'investissement, par elles reviennent les économies d'énergie formées relatives à l'investissement en énergies renouvelables. Elles se présentent sous la forme d'un échéancier  $R_1 \dots R_n$ .

- 4) Valeur résiduelle Durée de vie du projet

Estimation (par l'expérimentation) de la durée de vie de l'investissement. Ce calcul est relativement difficile car les durées de vie sont différentes. En particulier, les travaux d'infrastructure peuvent avoir une durée de vie très longue.

- 5) Valeur résiduelle

Il s'agit de la valeur de l'investissement à la fin du cycle de vie du produit. Cette VR est souvent sous estimée pour ou alors l'est par exemple le cas des travaux de genre civile (infrastructure).

## b) La prise en compte du temps

(3)

Chacun peut apprécier le poids du temps sur son comportement financier.

- TF tout de suite vaut plus cher que TF deux ans
- Si on doit défendre 1F dans un an au lieu d'en faire de la renoue, on va la placer pour pouvoir disposer de plus d'un franc l'année suivante.

Il ya alors une relation entre le taux d'inflation, le taux d'intérêt et le coût du futur que l'on effectue au niveau global le taux d'actualisation. Si on considère un investissement, on peut apprécier le taux d'actualisation pour le taux d'intérêt (moyen)

une somme  $S$  placée à un taux d'intérêt  $i$  vaudra dans un an  $S(1+i) = S_1$   
 dans deux ans  $S_1(1+i) = S_2 = S(1+i)^2$   
 dans  $n$  ans  $S_n = S(1+i)^n$ .

On appelle  $S_n$  la valeur finale de  $S$ .

On peut également renoncer dans l'autre sens, c'est à dire échapper la somme qu'il faut placer aujourd'hui pour obtenir un résultat dans  $n$  années

$$S = \frac{S_n}{(1+i)^n}$$

Plus, avec ce tableau d'actualisation, on peut comparer des recettes et des dépenses survenant à des moments différents. Pour plus de commodité, on ramène tout à la valeur de l'année de départ ou valeur actuelle

(4)

## c) Le ruissellement des recettes et des dépenses d'un projet et son actualisation Echéancier et cash flow annuel

(transparence 2)

- L'échéancier et le cash flow annuel  
 le cash flow d'une année récapitule les entrées et les sorties d'argent de l'année. Pour une année  $x$ , le cash flow est égal à  $R_x - D_x - I_x$

$R_x$  : recette d'exploitation à l'année  $x$

$D_x$  : dépense d'exploitation à l'année  $x$

$I_x$  : remboursement de l'investissement à l'année  $x$ .

$$\boxed{CF_x = R_x - D_x - I_x}$$

exemple

sont au tout

le cash flow de l'année  $n$  fait intervenir les flux d'entre renoncés

$$\boxed{CF_n = R_n + V_n - D_n - I_n}$$

exemple : Soit un projet financé sans emprunt de 50

150 000 F avec un durée de vie de 3 ans.

les dépenses d'exploitation sont de 1000 F par an, les recettes d'exploitation respectivement de 50000, 80000, et 70000 F. La valeur résiduelle est de 2000 F

(6)

## échéance et cash flow annuité

Année	Coût initial Investissement	Rentes diff. d'épargne	Intérêts diff.	Valeurs résiduelle	CF
0	- 150 000				- 150 000
1985	0	+ 50 000	- 1000		+ 49 000
1986	0	+ 80 000	- 1000		+ 79 000
1987	0	+ 100 000	- 1000	+ 20000	+ 80000
					+ 60000

### Cash flow actualisé

le cash flow actualisé se calcule en incorporant un taux d'actualisation ( $\geq 12\%$ ) pour le cash flow annuité, alors qu'il n'y a pas de taux d'actualisation pour les rentes fixes. On ajoute une colonne permettant de donner la valeur fixe d'1F des années 1, 2 et 3.

on utilise la formule

$$\begin{aligned} 1F_{1985} &= \frac{1}{(1+i)} F_{1984} = 0,8929 \\ 1F_{1986} &= \frac{1}{(1+i)^2} F_{1984} = 0,7972 \\ 1F_{1987} &= \frac{1}{(1+i)^3} F_{1984} = 0,7118 \end{aligned}$$

$$\text{ssi } i = 12\% = 0,12 \\ (\text{Transférant 3})$$

Année	CF	Valeurs résiduelle diff.	Cash Flow actualisé
0	- 150 000	1	- 150 000
1	+ 40000	0,8929	+ 35716
2	+ 70000	0,7972	+ 55804
3	+ 80000	0,7118	+ 56944
			- 1536

(5)

Il faut, au contexte d'une échéanciation, que minore les bénéfices du futur, face aux investissements courants.

Dans l'exemple, on constate que la valeur actualisée est négative (- 1536 F), donc, il serait préférable d'investir cet argent à 12% puisque dans ce cas la valeur actualisée est nulle. La valeur actualisée nette est le premier critère d'acceptation d'un projet et investissement.

### 2) Critères d'acceptation ou de refus d'un investissement

a) le critère le plus simple est celui de la valeur actualisée nette

- i)  $\text{VAN} \geq 0$  le projet est accepté
- ii)  $\text{VAN} < 0$  le projet est rejeté.

Si ce critère est nul, mais il a comme inconvénient de considérer que le taux d'intérêt de l'investissement (12%) est le même que celui du placement. Or ce n'est pas toujours le cas (ce sera le cas pour le financement des banques). Le taux d'intérêt est inférieur au taux de placement, deux options peuvent être possibles qui un projet soit rentable avec une VAN négative.

### b) Calcul du taux de rendement interne

le taux de rendement interne est celui qui permet d'annuler la VAN. Dans l'exemple ci-dessus, on sait que le TRI est supérieur à 12% puisque, pour ce critère, la VAN est négative.

Formule de calcul du TRI

(7)

$$VAN = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1+i)} + \frac{CF_2}{(1+i)^2} + \frac{CF_3}{(1+i)^3} = 0$$

$$\text{ou } \sum CF_{\text{actualisés}} = \text{J'achète} \Rightarrow i.$$

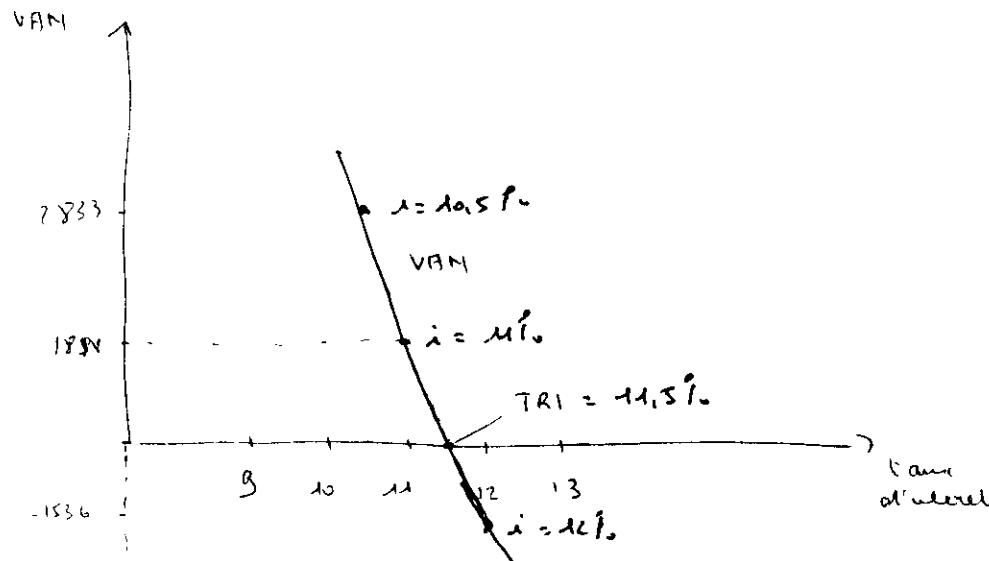
soit  $i = 11,5\%$

le taux de rendement interne est de 11,5%, ce taux de rendement interne est comparé au taux retenu comme minimum.

~~Rendement bruto~~

Rendement bruto (transposé u)

liaison entre VAN et taux d'intérêt, le TRI se situe à l'intersection du taux de taux d'intérêt et de la droite de la VAN



Délai de remboursement

(8)

Nombre d'années pour que les économies et envoies remboursent l'investissement initial. On regarde au bout

T

le nombre de temps où l'actualisation (avec un taux d'actualisation donné) rembourse le capital de l'ami dans l'espace, avec un taux d'actualisation, le délai de remboursement est de 6 ans. Si le taux est supérieur à 11,5%, il est plus long et inversement.

3) les intérêts des choix entre différents investissements

le taux des intérêts économiques est souvent suffisant en raison de l'absence de flambées vénères favorisant parfois des résultats contradictoires.

Cout de l'énergie produite

exemple Dans ce cas, on considère un placement que l'investissement coûte équivalent à l'achat d'un stock d'énergie. Ensuite, si une fonte relativement faible de la consommation permet d'économiser 400 litres de fuel par an

cout du litre de  
fuel économisé

Investissement initial + couts d'entretien  
énergétique

ut de faire de plus économies,  
pendant la durée de vie  
de l'installations

→ Revenu en avantage

On va donc avoir un résultat en F par litre offre et on peut comparer au prix du litre du pétrol.

→ Conclusion

À ce moment du renouvellement, on voit les performances prochaines. Si l'on refait les données du calcul, on constate qu'elles ne sont pas de même nature.

Données connues

- investissement initial
- taux courant de rendet.
- prix de l'énergie au moment de l'investissement (différence à la différence entre prix et coût)
- économies annuelles et quantité finale (donnée moins évidente mais on peut admettre que le calcul est juste).

Données estimées

- durée de vie
- frais d'entretien } estimées par expérience

Données difficiles à chiffrer et Passent Cela à l'autre

- dons des prix des énergies renouvelables pour refléter un état actuel
- taxes
- valeur résiduelle de l'installation

(9)

D) Calculs de cash entre différents projets (b) (c) (d)

Le processus de décision économique est souvent compliquée par l'existence de plusieurs critères dépendant des résultats contradictoires. Le choix d'un critère n'est donc pas nécessaire en regard de la situation économique et financière d'un pays.

Exemple : 3 projets A - B - C sur un court de 100 000 F pour une production équivalente. Les cash flow actualisés sont les suivants :

	A	B	C
CF <sub>0</sub>	-100 000	-100 000	-100 000
CF <sub>1</sub>	+5 000	+2 000	+6 000
CF <sub>2</sub>	+3 000	+8 000	+3 000
CF <sub>3</sub>	+2 000	+3 000	+6 000
CF <sub>4</sub>	-	+3 000	+2 000
CF <sub>5</sub>	-	+3 000	-

Si on choisit le critère de la valeur ajoutée nette (VAN) la hiérarchie des projets est la suivante :

$$1^{\circ} \rightarrow B \rightarrow \text{VAN} = +20 000 \text{ F}$$

$$2^{\circ} \rightarrow C \rightarrow \text{VAN} = +10 000 \text{ F}$$

$$3^{\circ} \rightarrow A \rightarrow \text{VAN} = 0$$

Si on choisit le critère du temps de retour de l'investissement

$$1^{\circ} \rightarrow A \rightarrow \text{temps de retour} = 4 \text{ an}$$

$$2^{\circ} \rightarrow C \rightarrow \text{temps de retour} = 6 \text{ an et demi}$$

$$3^{\circ} \rightarrow B \rightarrow \text{temps de retour} = 5 \text{ an}$$

## Évaluation de l'adéquation des critères

(11)

D'un point de vue logique (logique technique) le temps de retour prend relativement peu de place. En effet, il ne faut pas en oublier la durée de vie des projets, or cette durée est dans un fonctionnement de défaut. Les comparaisons dont on parle au niveau rendement égale, ce qui rend le plus égal et si le rendement plus longtemps est dans un projet que dans l'autre. Ce critère ne prend pas en compte ce qui se passe après le temps de retour, et les investissements qui sont faits pour renforcer l'avenir dans le futur.

Il présente toutefois un intérêt :

- Il permet de savoir si le temps de retour n'est pas supérieur à la durée de vie de l'investissement. Dans ce cas, l'investissement ne doit pas être réalisé.
- Il permet, en cas de situation économique instable, de minimiser le risque de l'investissement. C'est un critère privilégié pour les financeurs.
- Pour les projets qui demandent un cofinancement relativement faible, ce critère permet de faciliter la recherche des investissements.

## Conclusion

(12)

les critères présentés ici sont des aides à la décision, ils doivent être interprétés comme tels et il ne faut pas leur donner plus d'importance qu'ils n'en ont. En particulier, ils ne prennent pas en compte

- les contraintes écologiques
- les contraintes sociales

→ sans considérer que les critères financiers peuvent tout au contraire. Il faut prendre ces critères comme des éléments d'une analyse nécessairement multicolores.

