



CHOIX D'INVESTISSEMENTS : LA MÉTHODE DES OPTIONS RÉELLES

Par :

Ruolz Ariste
et

Pierre Lasserre

17 Juin 1999

Plan de présentation (1/2)

I- Introduction et motivation

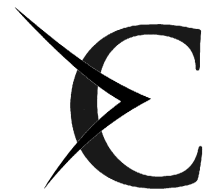
- 1.1- Définition des options réelles
- 1.2- Typologie des options réelles

II- Les types de projets chez Hydro-Québec faisant intervenir des OR

- 2.1- Les gros projets de barrages hydroélectriques : Ex. SM-3
- 2.2- Les projets d'Hydro-Québec International
- 2.3- Autres projets : Ex. Filière éolienne

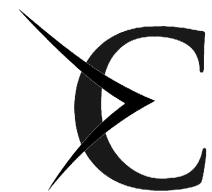
III- Les lacunes des méthodes traditionnelles d'évaluation des projets

- 3.1- Brève présentation des méthodes
- 3.2- Lacunes des méthodes utilisées en décision d'investissement
 - 3.2.1- Par rapport à la VAN
 - 3.2.2- La VAN par rapport aux options réelles
- 3.3- Analyse des critères de choix d'investissements utilisés par HQ
 - 3.3.1- L'approche des coûts évités (pour les projets locaux)
 - 3.3.2- Autre approche (pour un projet HQI)
- 3.4- Apport de la théorie des OR par rapport à la VAN



Plan de présentation (2/2)

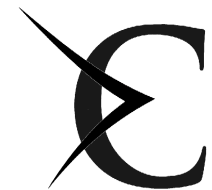
- IV- L'évaluation d'un projet à l'aide de l'approche des OR
 - 4.1- Survol des modèles d'évaluation des options
 - 4.2- Exemple illustrant l'apport de la théorie des OR
 - 4.3- Généralisations



I- Introduction et Motivation

1.1- Définition des options réelles

- ◆ Droit mais non obligation de faire une transaction dans le futur
- ⌚ Transaction impliquant des ressources physiques et humaines dans des projets d'investissement caractérisés par :
 - Irréversibilité
 - Incertitude
- ⌚ Similitude des options réelles aux options financières dans les décisions d'investissement.

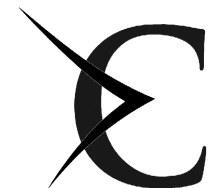


1.2- Typologie des options réelles (1/2)

Catégories	Description	Application générale	Application à HQ
Option de retarder un projet	Le gestionnaire loue (ou détient l'option d'acheter) un certain type de ressources. Il peut attendre x années pour voir si le prix de l'output justifie la construction d'une usine ou le développement d'un site	Les industries d'extraction des ressources naturelles, les projets immobiliers, l'agriculture, la papeterie	HQ a l'option de réaliser ses projets de nouveaux barrages dès maintenant ou plus tard. Cette flexibilité a une valeur qui doit être prise en compte
Option de progressivité	Un investissement réalisé de manière séquentielle crée l'option d'abandonner un projet en pleine implantation si les nouvelles informations ne sont pas favorables	Dans les organismes de R&D, les projets intensifs en capital qui s'étalent sur une longue période, les entreprises d'avant-garde	Dans le cas de la construction de nouvelles centrales, lors que le projet est réalisé comme une succession d'étapes, la réalisation de chaque étape ouvre l'option de réaliser ou non la suivante
Option de modifier l'échelle d'opération	Si les conditions du marché dépassent les anticipations, la firme peut augmenter l'échelle de production ou accélérer l'utilisation des ressources. Inversement, elle peut réduire l'échelle de production advenant des conditions moins favorables par rapport à celles anticipées. En cas extrême, la production peut être interrompue et reprise	Dans les industries des ressources naturelles (par ex. de la mine) de la mode, de l'immobilier.	Combinaison des centrales hydro-électriques et thermiques; ajout de turbines au cours de la vie d'un barrage; détournement d'une rivière pour alimenter un réservoir
Option d'abandonner	Si les conditions du marché se sont nettement détériorées, le gestionnaire peut abandonner les opérations définitivement et récupérer la valeur résiduelle de l'équipement et des autres actifs	Dans les industries intensives en capital (chemins de fer, lignes aériennes), les services financiers, l'introduction de nouveaux produits sur des marchés incertains.	Les projets d'HQI dans les pays en développement sont soumis à un « risque pays » élevé. L'option de cesser les activités dans ce pays peut être envisagée

1.2- Typologie des options réelles (2/2)

Catégories	Description	Application générale	Application à HQ
Option de flexibilité opérationnelle	Si les prix ou la demande changent, le gestionnaire peut changer la composition de l'output de la firme. Alternativement, les mêmes outputs peuvent être produits à partir de différents types d'inputs	Industries des biens et services faisant face à une demande volatile : électronique, automobiles... Toutes les entreprises dont la production dépend d'un intrant majeur : usine électrique, laboratoires de fabrication de produits chimiques.	Acquisition de centrales pouvant produire au charbon ou au gaz naturel; ou permettant à HQ de produire de l'énergie fossile plutôt que de l'hydroélectricité selon l'hydraulicité.
Option de développer un projet	Un investissement initial est un prérequis qui ouvre des opportunités de développement dans le futur (par ex. l'accessibilité à de nouveaux marchés, le développement de nouveaux produits)	Toutes les industries à base d'infrastructure et de haute technologie (informatique, produits pharmaceutiques...), les multinationales	HQ peut réserver un bloc d'énergie à la filière éolienne dans le but d'accélérer le développement de cette filière considérée comme prometteuse
Plusieurs options en interaction	Dans la vraie vie, les projets génèrent souvent différentes options. Des options pour améliorer les opportunités et pour se protéger contre les événements néfastes existent conjointement. Leur valeur combinée peut être différente de la somme de leur valeur respective; d'où l'interaction. Elles peuvent aussi interagir avec les options financières.	Les projets réels dans la plupart des industries citées plus haut	HQ a intérêt à garder sa seule centrale nucléaire (Gentilly 2) en activité car ceci lui donne en même temps les options de développement de cette filière, de flexibilité opérationnelle et de modification de l'échelle d'opération.



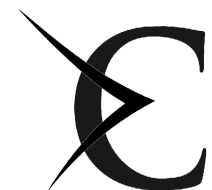
II- Les types de projets chez Hydro-Québec faisant intervenir des OR (1/2)

2.1- Les gros projets de barrages hydroélectriques : Ex. SM-3

- Irréversibilité
- Durée de réalisation de moyen ou long terme
- Irrégularité des précipitations
 - ✱ Options de retarder le projet, de progressivité, de modifier l'échelle d'opération.

2.2- Les projets HQI

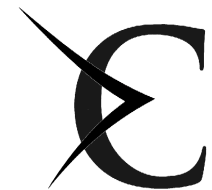
- Incertitude sur le prix de l'électricité
- Incertitude sur la demande
- Niveau de « risque-pays » élevé



II- Les types de projets chez Hydro-Québec fais ant intervenir des OR (2/2)

2.3- Autres projets : Ex. Filière éolienne

- Incertitude sur la technologie éolienne et ses coûts
 - Incertitude sur les caractéristiques du potentiel éolien québécois
 - Incertitude sur la préoccupation environnementale
 - Irréversibilité des turbines éoliennes
- ✱ options de développer la filière éolienne, de flexibilité opérationnelle, de modifier l'échelle d'opération.

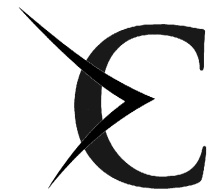


III- Les lacunes des méthodes traditionnelles d'évaluation des projets

3.1- Brève présentation des méthodes (1/4)

Valeur actuelle nette (VAN)

- Différence entre les flux monétaires actualisés et l'investissement initial
- Répercussion du niveau de risque à travers le taux d'actualisation
- Acceptation des projets avec VAN positive
- Utilité pour répondre à un objectif de maximisation de la valeur de la firme.



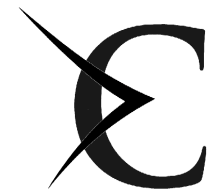
3.1- Brève présentation des méthodes (2 / 4)

◆ Délai de récupération

- Récupération de l'investissement initial à l'intérieur d'une période de temps spécifiée
- Non prise en compte de la préférence pour le temps et du niveau de risque

◆ Taux de rendement comptable

- Ratio des bénéfices nets annuels moyens par la valeur comptable moyenne de l'investissement.
- Flux monétaires identiques que ce soit pour les périodes éloignées ou rapprochées



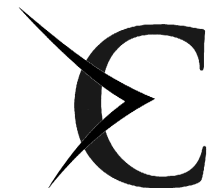
3.1- Brève présentation des méthodes (3 / 4)

◆ Taux de rendement interne (TRI)

- Taux d'escompte qui annule la VAN
- Acceptation des projets avec TRI supérieur au coût d'opportunité du capital

◆ Méthode Coûts / Avantages

- Détermination de l'efficacité économique d'un projet en mesurant les effets désirables et néfastes sur l'ensemble de la société
- Utilité dans les cas d'évaluation des projets générant des externalités.



3.1- Brève présentation des méthodes (4 / 4)

◆ Economic Value Added (EVA)

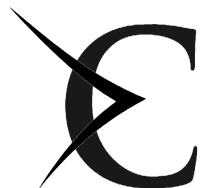
- Différence entre le bénéfice d'exploitation net après taxe (BENAT) et le coût moyen pondéré du capital (K).

$$EVA = BENAT - r_K * K$$

- Matérialisation du concept de « profit économique »
- Bonne mesure de la performance des projets en cours.

◆ Risk Adjusted Return On Capital (RAROC)

- Ratio du profit économique au capital nécessaire pour couvrir 99% de la perte maximale espérée au cours d'une année.
- Acceptation des projets dont le RAROC est supérieur au rendement d'un projet ayant le même niveau de risque.
- Utilité pour répondre à un objectif de maximisation du rendement pour un niveau de risque donné.
- Bonne mesure de la performance relative d'un projet en cours.



3.2- Lacunes des méthodes utilisées (1/3)

3.2.1- Par rapport à la VAN

- ◆ Délai de récupération

Non prise en compte de la préférence pour le temps et du niveau de risque

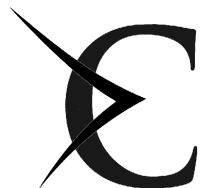
- ◆ Taux de rendement comptable

Flux monétaires identiques que ce soit pour les périodes éloignées ou rapprochées

- ◆ TRI

Difficultés de calcul ou d'interprétation quand

- ✱ les projets connaissent des périodes d'encaissements suivies de décaissements (il peut y avoir plusieurs TRI, lequel est le bon?)
- ✱ les projets sont mutuellement exclusifs
- ✱ les taux d'intérêt à court terme diffèrent des taux d'intérêt à long terme.



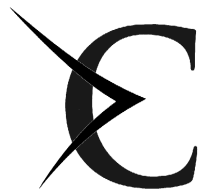
3.2- Lacunes des méthodes utilisées (2 / 3)

◆ EVA

- Validité portant sur une période et non sur la durée de vie du projet
 - ✱ ne peut pas être un outil de décision.

◆ RAROC

- Correspond moins à l'objectif de maximisation de la valeur de la firme (se démarque des méthodes traditionnelles)



3.2- Lacunes des méthodes utilisées (3/3)

3.2.2- La VAN par rapport aux options réelles

- ◆ Dans une perspective d'évaluation classique de projet
 - Approche statique : Décision d'investissement maintenant ou jamais
 - Pour des raisons pratiques, même taux d'es compte utilisé durant toute la vie du projet
 - ✱ Prise en compte inappropriée du risque notamment.

- ◆ Dans un contexte stratégique : Ex. Oligopole.
 - Approche passive : Pas de possibilité de tenir compte de façon stratégique, des décisions des autres acteurs.



3.3- Apport de la théorie des OR par rapport à la VAN

- Nature dynamique : Prise en compte de la flexibilité primaire (FP)

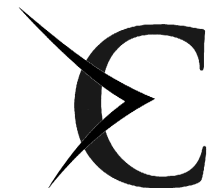
- ✱ VAN améliorée = VAN traditionnelle + Valeur FP

- Nature proactive : Possibilité de tirer parti d'une flexibilité stratégique (FS)

- ✱ VAN améliorée = VAN traditionnelle + Valeur FP + Valeur FS

- Protection contre les mauvaises réalisations (bad news principles);
exposition aux bonnes réalisations

- ✱ On n'entreprend le projet que lorsque la probabilité de mauvaise réalisation est suffisamment faible.



4.1- Survol des modèles d'évaluation des options

- Modèle binomial de valeur d'option :

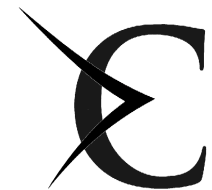
Modèle numérique pour évaluer n'importe quelle option

- Méthode des actifs contingents (Réplication du portefeuille)

- Méthode de programmation dynamique

- Modèle de Black-Scholes :

Modèle analytique pour évaluer les options européennes.



4.2- Exemple illustrant l'apport de la théorie des options réelles (1/5)

Cas de la petite centrale St-Paulin

(Données construites à partir des chiffres fournis à la Commission Doyon par l'APPHQ)
(\$ constants)

1- VAN en univers certain

- Production annuelle (Y) : 41.000 MWh
- Prix d'un MWh : $P_0 = \$ 40$ en l'année 0 et $P_t = \$ 45$ en l'année t pour $t \geq 1$
- Coût de construction (Cf) : \$ 13.000.000
- Coûts annuels moyens d'exploitation (Cv) : \$ 650.000
- Durée de vie du projet (T) : 20 ans
- Valeur résiduelle (V_r) : \$ 4.000.000
- Taux d'actualisation (taux moyen pondéré réel, r) : 8%

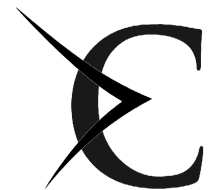
L'investissement est réalisé en l'année zéro et est irréversible.

La VAN d'un tel projet est :

$$VAN = (P_0 Y - C_v) + \sum_{t=1}^{19} \frac{(P_t Y - C_v)}{(1+r)^t} + \frac{V_r}{(1+r)^T} - C_f$$

$$VAN = \$ 324.494$$

Le critère de la VAN dit : investir puisque $VAN > 0$



4.2- Exemple illustrant l'apport de la théorie des options réelles (2/5)

2- VAN en univers stochastique

Introduisons un minimum d'incertitude :

$P_0 = \$ 40$ (prix en l'année zéro connu)

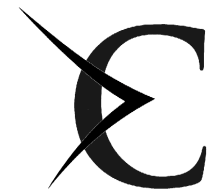
$P_1 = \$ 40$ avec probabilité 1/2 et $\$ 50$ avec probabilité 1/2

$P_t = P_1$ prix l'année t pour $t \geq 1$

Les autres données étant les mêmes.

On calcule la VAN en remplaçant les chiffres incertains par leur espérance mathématique : ici $E(P_t) = \$ 45$ à partir de l'année 1.

$$\text{VAN} = \$ 324.494$$



4.2- Exemple illustrant l'apport de la théorie des options réelles (3/5)

3- VAN avec choix de date (Le début des options réelles)

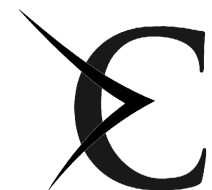
L'entreprise a le choix de construire la centrale au coût de \$ 13 millions en zéro ou de la construire un an plus tard à un coût dont l'espérance est $E(Cf) = \$ 13$ millions. On a vu que $VAN_0 = \$ 324.494$. La VAN pour une construction en 1 est (en \$ de zéro) :

$$VAN_1 = \frac{1}{1,08} \left[\sum_{t=0}^{19} \frac{45 * 41.000 - 650.000}{1,08^t} + \frac{4.000.000}{1,08^{20}} - 13.000.000 \right] = \$ 490.272$$

Puisque $VAN_1 > VAN_0$, la firme a intérêt à retarder la dépense et à investir en $t = 1$ car le prix est faible l'année zéro. Si le prix était de \$ 45 l'année zéro au lieu de \$ 40, la VAN, en \$ de l'année zéro serait :

$$VAN_0 = \$ 529.494 > VAN_1$$

Dans ce cas, le critère préconise un achat en zéro. Cette décision serait pourtant erronée.



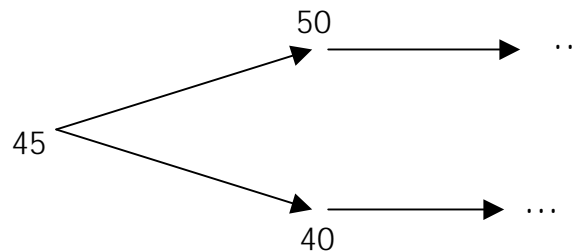
4.2- Exemple illustrant l'apport de la théorie des options réelles (4/5)

4- Méthode des options réelles : Le modèle binomial de valeur d'option

$P_0 = \$ 45$ (prix en l'année zéro connu)

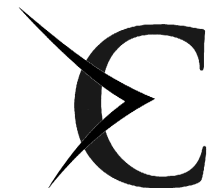
$P_1 = \$ 40$ avec probabilité $1/2$ et $\$ 50$ avec probabilité $1/2$

$P_t = P_1$ prix l'année t pour $t \geq 1$



Les autres données étant les mêmes.

La règle de décision doit tenir compte de la flexibilité qui subsiste si l'on n'investit pas en zéro : il n'est pas nécessaire de décider en zéro si l'on va investir en $t = 1$; on décidera en $t = 1$, en faisant usage de l'information acquise entre temps.



4.2- Exemple illustrant l'apport de la théorie des options réelles (5/5)

4- Méthode des options réelles : Le modèle binomial de valeur d'option (bis)

Envisageons la stratégie suivante :

- ⌚ Soit investir en zéro : $VAN_0 = \$ 529.494$
- ⌚ Soit attendre $t = 1$ et ne réaliser l'investissement que si le prix ne s'établit à \$ 50; sinon renoncer. Avec probabilité 1/2, la firme investit et obtient des revenus; avec probabilité 1/2, elle n'investit pas et obtient zéro. L'espérance mathématique de ce plan, en \$ de l'année zéro est :

$$VAN_{OR} = \frac{1}{2} * \frac{1}{1,08} \left[\sum_{t=0}^{19} \frac{1.400.000}{1,08^t} + \frac{4.000.000}{1,08^{20}} - 13.000.000 \right] = \$ 1.251.496$$

La stratégie d'attendre est préférable puisqu'on a une valeur supplémentaire de \$ 722.002 qui n'est autre que la valeur de la flexibilité primaire. Ceci illustre que l'application simpliste du critère de la VAN positive ou du critère de maximisation de la VAN n'est pas appropriée.

La décision d'investir immédiatement aurait été bonne en l'absence de l'option d'investir plus tard. Elle aurait été également bonne en l'absence d'irréversibilité, c'est-à-dire s'il avait été possible de revendre le capital au cas où le prix serait tombé.

4.3- Généralisations

- Prix stochastique
 - ✱ Estimation du processus de prix (processus continu)
 - ✱ Approximation du processus continu par une loi binomiale
 - ✱ Calcul de la valeur de l'option d'investissement par programmation dynamique
- Autres variables stochastiques
 - ✱ Hydraulité : processus de retour à la moyenne dont on soupçonne qu'il est en train de changer.
- Portefeuilles de projets.

