UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

# LES OPTIONS RÉELLES : OPTIONS DE CROISSANCE ET DE CONTRACTION POUR L'ÉVALUATION D'UN PROJET D'INVESTISSEMENT.

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ADMINISTRATION DES AFFAIRES

PAR
DHIAB EZZOBAIER

MARS 2008

# REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mes parents et mes grands-parents pour leurs soutiens et leurs encouragements le long de mon cursus.

Je remercie Mr Raymond théoret Phd pour son aide précieuse, Mr Alain Coën Phd pour son accompagnement durant la rédaction de mon mémoire ainsi que les deux autres membres du jury Mr. Rostan Phd et Mr. Gueyié Phd.
Je remercie toutes les personnes qui travaillent à l'UQÀM (enseignants, administrateurs et leurs collaborateurs) pour leurs précieux efforts au service de la science en général et au service des étudiants en particulier.

Je tiens à remercier aussi tous les gens qui m'ont soutenu durant mes études en maîtrise et surtout mon grand ami El Bachir Zenfar pour sa présence, son soutien et ses encouragements.

# TABLE DES MATIÈRES

# LISTE DES FIGURES

## LISTE DES TABLEAUX

# RESUMÉ

Dans ce travail nous avons essayé de présenter une nouvelle méthode de choix d'investissement ; une technique plus dynamique et plus flexible que la VAN classique dite technique des options réelles dérivée des options financières. Notre étude a été faite sur un projet d'expansion bancaire pris, en premier lieu, par les huit grandes banques canadiennes ensemble à savoir : banque Royale, banque Scotia, CIBC, banque TD, banque de Montréal, banque Nationale, banque Laurentienne et banque Canadienne de l'Ouest. On a eu recours à deux types d'option ; une option de croissance (option d'achat Américain) et une option d'abandon (option de vente Américain). Dans un second lieu la même étude se répète mais seulement pour trois banques de tailles différentes à savoir : la banque TD, la banque nationale et la RBC prises séparément. Nous avons ensuite fait les comparaisons entre les résultats obtenus pour les trois banques.

La méthode d'évaluation par les options réelles possède plusieurs similitudes avec le critère de la VAN classique. Toutefois, dans ce travail, on a fait une comparaison entre la méthode des options réelles et celle de la VAN classique dans le choix d'investissement pour essayer de montrer que dans un contexte d'incertitude les options réelles s'avèrent une méthode plus optimale et plus complète et créent plus de valeur pour l'entreprise que la VAN classique.

Pour finaliser ce travail nous avons fait recours à la simulation Monte Carlo aussi nous avons choisi le processus d'Ornstein-Uhlenbeck de retour vers la moyenne pour décrire le processus stochastique suivi par le rendement de l'actif des banques que les flux monétaires du projet.

**Mots clés** : Options réelles, processus d'Ornstein-Uhlenbeck, flexibilité, volatilité, simulation Monte Carlo, mouvement brownien, opportunité, VAN classique, incertitude.

# CHAPITRE 1

# CHAPITRE INTRODUCTIF

## 1-Introduction générale

Le monde des affaires est devenu, de nos jours, trop sensible à la conjoncture. Cette réalité demande aux dirigeants plus d'efforts en matière d'étude et d'analyse. Ainsi, l'existence, la persistance et la pérennité des entreprises nécessitent une grande vigilance quant à l'identification des investissements les plus rentables et les plus créateurs de la valeur. Ces investissements sont devenus, de nos jours, de plus en plus importants et trop diversifiés.
La diversité et le volume des investissements à entreprendre posent toujours un problème au niveau des choix et du moment opportun pour les entreprendre. Ce problème a fait l'objet de plusieurs études en finance corporative. Les financiers sont toujours à la recherche de la méthode scientifique d'évaluation la plus adéquate qui pourrait garantir les décisions d'investissement les plus logiques et les plus rationnelles possibles.

La valeur actuelle nette (VAN) était sans doute et pendant longtemps, le critère de sélection des projets d'investissement le plus utilisé par les entreprises. Elle est définie par l'actualisation des cash- flows espérés au coût moyen pondéré du capital de l'entreprise nets de la valeur de l'investissement initial. Selon ce critère, seuls les projets, qui possèdent une VAN positive, sont acceptés. Cette approche, si elle a le mérite de la simplicité, est malheureusement incomplète et commence à devenir de nos jours obsolète. Plusieurs financiers considèrent la VAN comme un critère traditionnel voire insuffisant pour la prise de décision.

En effet, le critère de la valeur actuelle nette suppose que les déterminants de la décision d'investissement sont stables et acquièrent un caractère statique. Dans ce sens, aucune flexibilité n'est prise en compte pour le calcul de la VAN. Cependant, la réalité économique témoigne autrement en s'appuyant sur la variabilité des flux d'informations qui influencent les flux monétaires futurs et donnent ainsi un caractère incertain aux cash-flows à travers le temps.

En outre, ces cash-flows doivent être définis et étudiés dans un contexte d'interdépendance; ce qui devrait permettre aux dirigeants de sortir de l'analyse classique qui considère, souvent, les projets comme indépendants et interchangeables.
La VAN fait l'impasse sur deux éléments essentiels à la bonne valorisation d'un projet d'investissement. D'une part, elle ignore la valeur associée du fait que l'entreprise a souvent la possibilité de moduler le contenu au projet en fonction des premiers résultats. D'autre part, elle n'apporte aucun éclairage sur la dimension stratégique qui a souvent des résultats intangibles et qualitatifs pouvant influencer positivement ou négativement la valeur ajoutée du projet d'investissement.

Finalement on peut conclure que l'évaluation des projets d'investissement à l'aide de la VAN mène à de bonnes décisions lorsque le projet est simple ou lorsque le risque entourant ses flux monétaires est facile à estimer. Ainsi, beaucoup d'entreprises ont fait de la VAN leur principal outil d'évaluation des projets d'investissement pour décider de se lancer ou d'abandonner.

Les critiques avancées vis-à-vis de la VAN ont poussé les chercheurs à se tourner vers une nouvelle approche connue sous le nom « options réelles ». Cette approche est d'un apport intellectuel incontestable. En effet, les options réelles permettent de sortir du cadre de la simple valeur actuelle nette, de penser autrement et donc d'avoir de nouvelles idées.
Deux récentes avancées de la recherche en stratégie financière aident à mieux prendre en compte la dimension stratégique dans la valorisation économique des projets. Il s'agit en premier lieu de la théorie des options, qui permet de valoriser la capacité d'ajuster le projet en fonction des circonstances et en deuxième lieu de

la théorie des jeux, qui aide à prendre en compte l'impact du jeu concurrentiel sur la valeur d'un projet.

Nous allons nous focaliser dans ce travail sur la théorie des options réelles. Cette dernière permet d'introduire une flexibilité plus grande et plus représentative du contexte réel des décisions d'investissement en permettant de tenir compte de la valeur des options inhérents au projet comme la possibilité de retarder un investissement, de l'abandonner, de réduire sa taille ou de l'augmenter, de passer d'un système de production à un autre, etc.

L'approche par le biais d'options réelles constitue donc un cadre plus général que celui de l'approche classique pour évaluer un projet d'investissement.

**2-Revue de littérature**

Depuis les travaux fondamentaux de Black et Scholes (1973) et de Merton (1973), le marché des produits dérivés s'est bien développé. En effet, depuis cette date, on arrive à évaluer et même à calculer le prix théorique des options financiers. Pourtant, cette évolution a poussé beaucoup de financiers à transposer ces résultats à la sphère réelle ; d'où l'apparition des options réelles et leurs applications par les financiers dans le choix des projets d'investissement.

En 1977, Myers a montré que les opportunités de croissance dont dispose une entreprise peuvent s'analyser comme une option de croissance. Il a considéré cette option de croissance comme une option d'achat et que son prix d'exercice correspond au coût d'investissement. L'échéance sera le temps nécessaire avant que cette opportunité sera disparaisse tandis que le sous-jacent sera l'expansion de l'entreprise. C'est ainsi qu'est apparue la théorie des" options réelles".

En s'inspirant de l'idée de Myers, Kester (1984) a essayé de faire l'analogie entre une option d'achat européenne et une option de croissance. En 1985, et suite à cette première tentative de Kester; Brennan et Schwartz, McDonald et Siegel ainsi que Mason et Merton sont arrivés à évaluer les différents types de flexibilité dont disposent les dirigeants (diminuer, augmenter, arrêter temporairement la production, différer ou abandonner,...) dans la prise de décision d'investissement en fonction de l'information présente et future. Ils ont pris la totalité des résultats obtenus dans la littérature des options financières afin d'établir leurs analogies. Ainsi, Magrabe, McDonald et Siegel (1985) et Goffin (1994), ont réussi à évaluer l'option d'arrêt temporaire de production sans frais comme un call dont le prix d'exercice serait le montant des coûts variables.

De leur coté, McDonald et Siegel (1986) ont évalué l'option de différer un projet perpétuel comme une option américaine d'achat perpétuelle. Kulatilaka(1988) a réussi à donner naissance à une nouvelle option dite option de choix d'input qui consiste à changer le charbon par le pétrole au niveau de l'alimentation. Trantis et Hodder (1990), grâce à un système de production flexible, ont pu évaluer l'option *de choix d'output* : ils arrivent à augmenter ou changer le produit fini par un autre. Aussi, Myers et Majd (1990) ont rapproché l'option d'abandonner un projet à une option de vente américaine. En 1996, Trigeorgis a inventé un autre type d'option plus complexe; il s'agit des options composées.

Une option composée est une option qui dépend d'une autre option. C'est donc une option sur une option[1]. La théorie financière qui traite des options réelles décompose celles-ci en deux grandes familles :

La première famille est composée d'options stratégiques, alors que la deuxième est composée d'options opérationnelles.

En abordant la première famille, on trouve en premier lieu l'option de différer l'exécution d'un projet dite option d'attente. Parmi ceux qui ont traité ce type d'options, on trouve Tourinho (1979), Titman (1985), McDonald et Siegel (1986) et Paddok et al. (1988), etc. L'option d'attente donne le droit et non l'obligation aux dirigeants de reporter l'exécution du projet au temps opportun : c'est ainsi qu'au lieu de commencer le projet immédiatement, on attend et on l'exécute lorsque la situation sera plus favorable. Dans un tel cadre, selon McDonald et Siegel, pour atteindre l'optimal, il faut investir seulement au moment où la valeur

[1] Mun donne l'exemple d'une pharmacie qui veut commercialiser un nouveau médicament et qui demande l'approbation d'un organisme de réglementation : il définit ainsi la première option (option réelle A). Or, cette approbation dépend de tests effectués sur des humains, c'est la deuxième option (l'option réelle B ou l'option composée). La valeur de l'option B dépend donc de celle de l'option A.

actuelle brute du projet égale son double. Pour cette raison il ne suffit pas que la VAN du projet soit positive pour que l'exécution du projet immédiatement soit optimale.

De son côté, Berk (1999) affirme que lorsque le choix de différer l'investissement pour une entreprise est possible, il pourrait ne pas être optimal d'investir dans l'immédiat, même si la VAN du projet à entreprendre est positive. Il est donc, parfois, avantageux d'attendre le moment opportun pour amorcer un projet. Cette opinion est partagée par Damodaran (2000) qui considère qu'en l'absence de possibilités d'arbitrage, un projet qui possède une valeur actuelle nette positive n'est pas forcément plus rentable qu'un projet qui présente au début une VAN négative puisqu'un projet peut être pris par une entreprise et, grâce aux barrières à l'entrée ou à des restrictions légales, possède, par conséquence, une très grande valeur. En effet, la VAN du projet prend au début des valeurs négatives mais elle change de signe avec le temps.

L'option d'abandon est une autre option stratégique grâce à laquelle l'investisseur peut arrêter, stopper ou abandonner à tout moment l'exécution de son projet soit parce ce que le projet n'est plus rentable, soit parce que les équipements et le matériel vieillissent. Majd et Myers (1983) ont reconnu que l'option d'abandon joue le rôle d'une assurance dans les moments difficiles pour l'investisseur.

Parmi les options stratégiques, on trouve aussi l'option de croissance. Cette option est primordiale en cas de conjoncture économique favorable. Dans de telles circonstances l'entreprise se trouve devant un éventail d'opportunités et pour garder sa place dans le marché parmi ses concurrents, les dirigeants seront obligés d'opter pour l'option de croissance.

L'option de contraction, quant à elle, se distingue comme une option stratégique qui intervient lors d'une conjoncture défavorable. Cette option peut, donc, être définie comme l'opposé de l'option de croissance.

Les options stratégiques sont, par conséquent, les options qui s'intéressent à l'évaluation de l'opportunité d'initier, de différer, de contracter ou d'abandonner un projet. Ainsi, la deuxième famille des options réelles à savoir les options opérationnelles donne naissance à de nombreuses opportunités qui interviennent tout au long de la vie du projet grâce à l'ensemble de flexibilités liées aux processus de production de l'entreprise. Nous pouvons citer, par exemple, l'option de ne pas produire et d'arrêter temporairement la production. En effet, dans le souci d'optimiser ses profits, une entreprise a tendance à produire seulement lorsque ses recettes couvrent au minimum ses coûts variables. Ainsi, lorsque les recettes ne couvrent pas les coûts variables, l'entreprise aura tendance à arrêter l'exploitation de l'usine pour une période temporaire.

D'après les travaux effectués par Brennan et Schwarz (1985), il en ressort que l'option d'arrêt temporaire est appliquée dans la majorité des cas dans les secteurs d'activité saisonnière ayant trait aux ressources naturelles (tels que dans la production minière, dans le domaine de la pêcherie, etc.). Les auteurs proposent des modèles dans lesquels ils définissent la date optimale d'ouverture de la mine pour réduire au maximum les pertes. Le modèle propose également la fréquence à laquelle l'exploitation doit être effectuée afin d'avoir la meilleure productivité. Les auteurs préconisent, par ailleurs, les possibilités d'arrêt temporaire ou d'abandon. Dans les situations où les conditions du marché sont désavantageuses, les dirigeants peuvent arrêter les opérations d'exploitation courante et procéder à la vente des équipements sur le marché de l'occasion.
En 1996, dans ses études sur l'option d'arrêt temporaire, Trigeorgis considère la production de chaque année comme une option d'achat, dont le sous-jacent est le revenu à générer par cette production alors que la valeur des coûts variables est considérée comme le prix d'exercice.

L'option du choix des inputs fait partie des options opérationnelles. En effet, une entreprise a le choix entre deux inputs possibles pour la fabrication de son output. Cette option se manifeste à chaque début de processus d'exploitation. L'entreprise effectue un arbitrage entre les deux inputs afin d'utiliser le moins cher, le plus efficace, le plus stable dans le marché et le plus flexible dans le but de maximiser la valeur de son produit et, donc, sa rentabilité.

L'option précédente montre que l'entreprise avait le choix entre deux inputs substituables, mais il est possible d'étudier un processus de production où il existe non plus un output unique mais plusieurs outputs. Il s'agit dans ce cas pour l'entreprise de choisir l'un ou l'autre des outputs qui se fabriquent à partir d'un même input. Le choix par les dirigeants est toujours le même « le moindre coût et le maximum de rentabilité ». Il s'agit là de l'option du choix des outputs. Cette option est souvent utilisée dans le secteur agricole et dans l'industrie de l'automobile.

Grâce à ces différents types d'options, les gestionnaires disposent de plusieurs alternatives pour rendre leurs projets plus rentables en s'adaptant aux changements du marché. Ils peuvent choisir l'option de contraction, l'option d'abandon, l'option d'arrêt temporaire ou l'option de choix d'inputs ou d'outputs pour répondre à de mauvaises nouvelles qui risquent d'enfoncer l'entreprise dans un marasme financier. Ils peuvent, aussi, opter pour une option d'attente ou une option de croissance en cas de bonnes nouvelles.

Il faut signaler cependant que l'utilisation des options réelles exige la réunion de trois conditions dans un projet d'investissement.

La première a trait au caractère incertain du projet : en effet, l'incertitude est un élément fondamental à la prise de décision d'investissement. Comme pour les options financières, les options réelles reposent sur le facteur d'incertitude même si ce dernier peut être analysé différemment entre les deux types d'options.

L'incertitude associée aux options financières est simple à calculer et à analyser car elle est modélisée par les probabilités d'occurrences des évènements. Ces évènements sont généralement supposés connus d'avance : il s'agit soit des prix, soit des rendements évoluant dans une période bien déterminée. L'incertitude est ainsi un facteur exogène, et l'investisseur n'a aucune influence sur la formation des prix des actifs financiers ; le marché financier est, donc, loin d'être modifié par l'exercice de l'option.

Le champ d'incertitude pour les options réelles est très vaste grâce à la diversité des états de nature qui entoure l'entreprise. Les probabilités d'occurrence sont difficiles à évaluer suite à l'apparition des nouveaux produits substituables, des variations de taux d'intérêt, des nouvelles réglementations, etc.

Tous ces facteurs peuvent affecter la valeur anticipée des flux futurs et dans ce cas l'incertitude est totalement subie par l'investisseur.

L'incertitude n'est pas toujours exogène et lorsqu'elle sera liée au projet d'investissement comme la difficulté de prévoir les prix de produits finis, le niveau optimum de production ou la détermination de la valeur initiale du projet, le gestionnaire peut modifier le niveau d'incertitude par le biais de flexibilité offerte grâce aux options réelles.

La deuxième condition, pour qu'une option ait une valeur, réside dans la flexibilité. Cette dernière est définie comme la possibilité offerte à l'investisseur d'exercer son option ou non. Par conséquent, la valeur de la flexibilité est soit positive et vient, donc, augmenter la valeur actuelle nette du projet (VAN), soit nulle.

Dans le cadre des options réelles, la flexibilité offre à l'investisseur plusieurs alternatives : commencer immédiatement le projet, attendre le bon moment d'exécution, abandonner le projet, etc.

La flexibilité a un coût. Au niveau des options financières, le coût de la flexibilité sera un versement monétaire (prime) de la part de l'acheteur au vendeur afin de bénéficier du droit d'exercer ou non son option, alors que dans le cas des options réelles, et avec l'absence du marché (il n'y a ni vendeur ni acheteur), la notion de coût diffère de celle des options financières. Ce coût peut se manifester de plusieurs façons selon le contexte (nature de projet, qualité des dirigeants, opportunité, etc.), comme il peut être matérialisé par un versement monétaire dans le cas où le gestionnaire achète des équipements supplémentaires pour les utiliser plus tard lorsqu'il décidera d'augmenter le volume de production ou lorsque la situation sera favorable. Enfin, il peut s'agir d'un coût d'opportunité comme un excès de liquidité dans la caisse de l'entreprise ou de terrains non exploités.

D'une manière plus générale, les options réelles présentent des flexibilités aux dirigeants, surtout au niveau décisionnel, afin de profiter d'opportunités en cas d'une conjoncture économique favorable, tandis que dans le cas contraire où le projet ne sera pas rentable, les dirigeants peuvent se protéger en réduisant la taille du projet ou parfois même l'abandonner.

En conclusion, la flexibilité permet d'améliorer les gains et de limiter les pertes.

Finalement, la troisième condition, pour l'existence des options réelles, réside dans le caractère irréversible du projet. Un projet dit irréversible est un projet dont les coûts d'investissement sont irrécupérables en cas d'évolution néfaste. L'irréversibilité des investissements se réfère aux conséquences de l'absence de marché secondaire pour les actifs réels. Donc, une fois la décision d'investir est prise, il est difficile de retourner en arrière sans perdre au moins une partie des dépenses admises, et plus les coûts fixes d'un projet sont élevés plus leur récupération sera difficile.
Pour les options financières, l'irréversibilité réside dans le versement d'une prime. Cette dernière sera dans les mains du vendeur et l'acheteur ne pourra pas la récupérer quoi qu'il arrive par la suite.
Le caractère irréversible pour un projet provient de l'état du secteur d'investissement. Lorsque le secteur est caractérisé par la présence d'économie d'échelle, l'entrée d'un nouveau concurrent doit commencer avec un système de production comparable aux systèmes des firmes concurrentes en place. Ensuite, lorsque le projet sera difficile à revendre ou à utiliser dans un contexte différent, lors d'une conjoncture défavorable, la perte sera énorme. En plus, pour certains projets, l'existence d'énormes coûts irrécupérables comme les dépenses de publicité, de promotion et surtout de recherche et développement rend la valeur de revente négligeable et presque nulle.

**3-Présentation du secteur bancaire Canadien**

Notre choix du secteur bancaire, dans ce mémoire, tient à l'importance des banques dans le développement du pays. En effet, les banques participent grandement à l'édification d'une économie saine et croissante. Elles jouent un rôle d'intermédiaire entre l'apporteur et le demandeur des fonds ; elles offrent des services de haute qualité et bien diversifiés ; elles paient d'importants impôts à l'État (les impôts payés par les six grandes banques au Canada en 2006 s'élèvent à 6,4 milliards de dollars) ; elles contribuent généreusement aux oeuvres de bienfaisance; elles procurent des rendements très importants aux investisseurs, sans oublier leurs participations dans la création d'emploi (les banques canadiennes comptaient plus de 249000 employés en 2006).

Le secteur bancaire est l'un des secteurs les plus règlementés au Canada. Suite à la révision de la loi sur les banques en 1992 *« qui permet aux banques, aux compagnies d'assurances, aux sociétés de fiducie et de prêt de se livrer concurrence dans le champs d'activité des unes et des autres*[2] *», l'*activité des banques ne se limite pas aux simples opérations de dépôts et de prêts. Les banques aujourd'hui sont engagées dans toute la sphère d'intermédiation financière ; fiducie, courtage et assurance.

Dans un contexte de privatisation, de multiplication des opérations de fusion ainsi que de mondialisation croissante suite à l'accord de *l'OMC* (organisation mondiale de commerce) en juillet 1995, de *l'ALENA* en janvier 1994 ainsi *le loi de 1992 qui permet aux banques étrangères d'établir des succursales spécialisées au Canada,* le paysage bancaire a connu beaucoup de changements et les banques canadiennes sont obligées de faire plus d'effort pour augmenter leurs places et leurs présences sur le marché national et international. Pour répondre aux exigences croissantes de leurs clients en matière d'accès sécuritaire pratique et rapide à leurs services financiers, les banques canadiennes s'efforcent d'améliorer leurs services. D'abord, elles ont développé leurs systèmes informatiques pour permettre aux clients de régler leurs affaires à distance, faciliter l'accessibilité au

[2] Voir la revue activités bancaires 1999/00 page 18.

paiement direct par Interac partout au Canada (1994) afin de diminuer les frais de service et des coûts des cartes de crédit et augmenter le nombre des guichets automatiques *GAB* (plus de 18000 en 2006) et le nombre des succursales (plus de 8400 en 2006).

Les banques ont investi considérablement dans la formation de leurs employés en offrant aussi un milieu de travail attrayant, des avantages sociaux, un régime de retraite excitant et un horaire de travail flexible.

**4-Objet du mémoire**

Devant cette incapacité de la VAN classique, la finance ne cesse d'évoluer pour trouver des méthodes d'évaluation modernes répondants aux différentes exigences en matière de la rentabilité et de la gestion du risque.

La méthode d'évaluation par les options réelles, quoique possédant plusieurs similitudes avec le critère de la valeur présente nette, considère toutefois l'incertitude comme étant une source de valeur. Toutefois, l'utilisation des options réelles affecte la distribution de la VAN.

Nous allons essayer dans ce travail de montrer comment les options réelles viennent modifier la distribution de la VAN classique. Autrement dit, nous allons faire une comparaison entre la distribution de la VAN augmentée et celle de la VAN classique.

Jadis les entreprises prenaient leurs décisions d'investir dans un projet en se basant sur les valeurs ponctuelles de la VAN; cependant de nos jours, elles prennent leurs décisions d'investissement sur la base de la distribution de la VAN. Cette méthode d'appréciation dépasse l'évaluation classique du risque par l'écart type pour nous imposer une manière d'évaluation du risque par la probabilité cumulative des VAN négatives. Ainsi, un projet peut être rejeté si les décideurs jugent qu'il possède une espérance positive de la VAN mais une probabilité cumulative de VAN négative élevée.

Dans ce mémoire nous allons proposer comme référence un projet d'expansion bancaire, dont la valeur de l'actif est estimée à 12 milliards de dollars au coût de

55 cents par 100 dollars d'actif soit 66 millions de dollars ; ce rendement semble représenter le coût d'opportunité des fonds bancaires canadiens d'après Coën et Théoret [3].

A ce projet nous allons appliquer deux types d'options : une option de croissance (option d'achat américain) et une option de contraction (option de vente américaine) sur la période de 1988 à 2006. On analysera, ensuite, les influences des différents changements de la volatilité, de l'échéance et de la vitesse de retour du rendement de l'actif à sa moyenne sur la valeur de l'option et, donc, sur la décision d'investissement.

Dans un premier temps nous allons travailler avec les huit banques canadiennes à savoir : banque Royale, banque Scotia, CIBC, banque TD, banque de Montréal, banque Nationale, banque Laurentienne et banque Canadienne de l'Ouest.

Dans un second temps nous allons travailler avec trois banques (à savoir : la banque TD, banque nationale et RBC) prises séparément pour ensuite faire les comparaisons entre les options des trois banques.

La simulation Monte Carlo constitue la base de notre étude pour générer la distribution et modéliser le rendement de l'actif moyen des huit banques, le rendement de l'actif de RBC, le rendement de l'actif de la banque nationale et puis le rendement de l'actif de la banque TD ; lequel rendement est considéré comme variable clé pour évaluer les différentes performances. Nous allons choisir le processus d'Ornstein-Uhlenbeck de retour vers le moyenne pour décrire le processus stochastique suivi par le rendement de l'actif des banques et par les flux monétaires du projet durant la période 1988-2006.

[3] Théoret, R (1999), Traité de gestion bancaire, presse de l'Université de Québec page. 76-77.

## CHAPITRE 2

# OPTIONS FINANCIÈRES VS OPTION RÉELLES

### 1- Similitude entre les options réelles et les options financières

La grande similitude entre les options réelles et les options financières peut s'expliquer par la nature de l'option, l'actif support, le caractère asymétrique et les déterminants du prix de l'option.

***La nature de l'option***

Il existe deux types d'options financières : une option d'achat et une option de vente; c'est le cas pour les options réelles.

Une option d'achat réelle donne à son détenteur le droit d'initier un investissement avec un coût fixé à l'avance (le prix d'exercice), pour une échéance fixée préalablement (cas des options européennes) ou avant une date fixée à l'avance (cas des options américaines).

Une option de vente réelle donne le droit, et non l'obligation, à son détenteur de contracter, ou d'abandonner et vendre son investissement à un prix déterminé à l'avance, à ou avant une date déterminée.

***L'actif support***

Une option financière est un produit dérivé car sa valeur dépend de la valeur d'un autre actif défini comme actif support. Pour le cas de l'option réelle, l'actif support c'est le projet d'investissement.

***Le caractère asymétrique***

L'option financière est un actif asymétrique puisqu'elle confère à son acheteur le droit, et non l'obligation de l'exercer. De ce fait, un détenteur d'une option réelle a le droit d'entreprendre l'investissement ou de l'abandonner.

Par conséquent, le caractère asymétrique d'une option réelle confère à son détenteur l'opportunité de profiter en cas d'évolution favorable sans qu'il subisse de perte dans une situation défavorable.

***Les déterminants de prix de l'option:***

Pour calculer le prix de son option le détenteur d'une option financière a besoin des facteurs suivants :

- le prix de l'actif sous-jacent ;
- la volatilité de l'actif sous-jacent ;
- le taux d'intérêt sans risque ;
- le temps restant jusqu'à l'échéance ;
- et le prix d'exercice.

Par analogie avec une option financière, une opportunité d'investissement dans des actifs réels est similaire à une option d'achat dont le coût de l'investissement représente le prix d'exercice de l'option; la valeur actualisée des cash-flows futurs anticipés représente le sous-jacent alors que l'échéance de cette option est le temps restant avant la disparition de l'opportunité. Ainsi le risque peut être considéré similaire à la volatilité des cash-flows anticipés.

**Tableau (1) récapitulatif**

| | **Options financières** | **Options réelles** |
|---|---|---|
| Valeur de sous-jacent | Valeur cotée de l'action | VAN des cash flows futurs du projet |
| Prix d'exercice | Le prix fixé dans le contrat | Coût de l'investissement |
| Volatilité | Volatilité de l'action | Incertitude des cash-flows |
| Échéance | Date de l'échéance du contrat | Temps avant la disparition de l'opportunité |
| Lieu de négociation | Le marché financier | Indéterminé (pas fixe) |

Les facteurs cités dans le paragraphe précédent affectent différemment la valeur de l'option. En abordant les options financières, on constate qu'une forte volatilité augmente la valeur de l'option et vice versa. En effet, la forte volatilité fait augmenter, entre autres, la chance d'exercer l'option et de dégager des profits. Ainsi, dans le cas d'une option d'achat l'augmentation du prix du sous jacent augmente la valeur de l'option et plus la date d'échéance est éloignée plus la valeur de l'option est élevée car elle offre au détenteur de l'option une grande probabilité de bénéficier de la variation favorable du prix du sous jacent.

Enfin, le prix d'exercice a un effet négatif sur la valeur d'une option financière puisque, plus l'option possède un prix d'exercice élevé, plus la probabilité d'exercer l'option est faible car il faut que le prix de l'action subisse une importante augmentation et dépasse le prix d'exercice pour que l'option soit exercée.

Pour les options réelles, le même raisonnement des options financières se répète puisque les options réelles jouent le rôle d'assurance contre les évolutions défavorables et présentent un atout pour profiter des opportunités. On va s'intéresser seulement au côté positif de la volatilité puisque l'option donne un droit et non une obligation; plus la volatilité prend des valeurs élevées, plus élevée sera la valeur des options réelles. Aussi, la valeur des flux monétaires anticipés affecte positivement la valeur de l'option comme le cas de la valeur de sous-jacent pour les options financières. De même, lorsque le temps de disparition de l'opportunité est éloigné, l'investisseur sera devant une vaste gamme d'opportunités; ce qui rend la valeur de l'option très importante.

Quant au taux d'intérêt sans risque, il a un effet négatif sur la valeur de l'option. En effet on utilise le taux d'intérêt sans risque pour actualiser les différents flux monétaires. Par conséquent, la valeur actualisée de l'option diminue quand ce taux augmente.

Finalement, comme le prix d'exercice, le coût d'investissement affecte négativement la valeur de l'option. Donc, la valeur de l'option sera faible lorsque le coût d'investissement est élevé.

**Tableau (2) : Les paramètres d'influence sur une option**

| Effets positifs sur la valeur de l'option | Effets négatifs sur la valeur de l'option |
|---|---|
| La volatilité | Taux d'intérêt sans risque |
| Échéance de l'option | Coût d'investissement/ prix d'exercice |
| Flux monétaires anticipés/ prix du sous-jacent | |

**2- Différenciation entre les options réelles et les options financières :**

Comme il y a des similitudes entre les options réelles et les options financières, on peut citer quelques aspects qui diffèrent entre les deux types d'options.

D'abord, les options réelles ne sont pas dupliquées dans un contrat comme c'est le cas pour les options financières. En effet, l'option réelle ne se négocie pas avec un tiers. Il n'y a pas de vendeur d'options réelles puisqu'elle est un choix stratégique fait par l'investisseur (le détenteur de l'option). Le coût d'investissement (prix d'exercice pour l'option financière) n'est, donc, pas fixé contractuellement mais il est fixé par l'investisseur selon plusieurs critères tels que sa capacité financière, la nature du projet, etc.

Ensuite, l'absence d'un marché secondaire, pour vendre et acheter les actifs réels comme c'est le cas pour les actifs financiers, rend le risque d'asymétrie d'information très élevé à cause de la difficulté rencontrée pendant la collecte de l'information.

De plus, les options financières ont généralement des échéances courtes de quelques mois alors que pour les options réelles la durée de vie s'évalue en années.

Finalement, la valeur d'une option financière ne peut être contrôlée puisque la valeur de sous-jacent est une variable exogène alors que pour la valeur d'une option réelle, elle dépend des décisions prises par les gestionnaires ainsi que de l'intensité de la concurrence et des caractéristiques intrinsèques du marché.

**3- Problèmes et limites de l'application de la théorie des options réelles**

L'application de la théorie des options réelles dans le choix d'investissement soulève certains problèmes. Parmi ceux-ci on trouve la non négociabilité des actifs réels. En effet, parmi les hypothèses les plus exigeantes par tous les modèles d'évaluation des options financières se trouve « l'absence d'opportunité d'arbitrage ». La prise en considération de cette hypothèse par les modèles d'évaluation, exige la construction d'un portefeuille sans risque en utilisant des titres négociables, alors que pour une option réelle, l'actif servant de support à l'option n'est pas négociable. Par conséquence, l'évaluation dans un univers neutre au risque est difficile à appliquer dans le monde réel.

En 1985, le problème de la non négociabilité des actifs réels est résolu par Mason et Merton grâce à la méthode de la VAN. Les deux auteurs ont montré qu'un projet d'investissement peut être négociable et sa valeur sera obtenue en actualisant les flux futurs de projet avec le taux de rendement d'équilibre exigé sur un titre négociable à risque identique. Aussi ils ont présenté le prix d'équilibre d'une option sur un actif non négociable comme celui d'une option sur un actif négociable de même niveau de risque. Pour le calcul de taux de rendement, les deux auteurs ont choisi le *Capital Asset Pricing Model* (CAPM).

Ainsi, dans le calcul de taux de rendement à l'équilibre, il faut prendre en considération que le taux de rendement des actifs financiers ($\mu$) à l'équilibre est légèrement supérieurs à celui des actifs réels ($\alpha$). La différence ($\delta$), appelée *Convinence Yield*, est obtenue grâce au coût de stockage, d'amortissement du matériel, coût d'opportunité, etc.

Un autre problème s'ajoute dans l'application de la théorie des options; c'est l'estimation de la volatilité de l'actif sous-jacent. Contrairement à une option financière, la base de données est insuffisante pour estimer la volatilité de l'actif réel. Pour cette raison, il s'impose de trouver la méthode la plus convenable pour d'estimer d'une façon appropriée la volatilité de l'actif sous-jacent.

Par exemple, Brennan et Schwartz (1985) ont estimé la volatilité du cuivre à partir de prix historique pour l'étude d'une option d'activer et de désactiver une mine de cuivre.

Alors dans le cas des options de R&D, la volatilité d'un projet de R&D sera estimée à partir des caractéristiques de risque d'une action cotée.

**4. Domaines d'application**

Depuis les années quatre vingt, l'approche des options réelles ne cesse de se développer et son champ d'application est devenu de plus en plus très vaste. Au début, les options réelles ont été appliquées aux processus relatifs à l'acquisition et à l'exploitation des ressources naturelles (Siegel, Smith et Paddock, 1987 ; Brennan et Schwartz, 1985) et dans le domaine de recherche et développement (Majd et Pindyck(1987); Carr(1988); Trigeorgis (1993a)). Ensuite, elles sont utilisées dans l'évaluation des grands projets dont les coûts fixes initiaux sont importants et qui suivent un développement séquentiel (Myers et Majd, 1990) comme les compagnies aériennes et ferroviaires.

Aujourd'hui, on trouve que les options réelles sont très appliquées par les entreprises appartenant aux secteurs de l'énergie, de la biotechnologie, de la chimie, de la pharmacie, de la finance, etc.

Le tableau ci-dessous décrit les principaux domaines d'application et les principales références des différents types d'options réelles.

**Tableau (3) : Domaines d'application des principales options réelles**

| Type d'option réelle | Principaux domaines d'application | Principales références |
|---|---|---|
| **Option consistant à retarder le projet.** | L'extraction de n'importe quelle ressource naturelle; le développement immobilier; l'agriculture ; l'industrie des pâtes et papier. | Tourinho (1979) ; Titman (1985) ; McDonald et Siegel (1986) ; Paddok, Siegel et Smith (1988) ; Ingersoll et Ross (1992). |
| **Investissements multiples et temps optimal pour entreprendre le projet.** | Toute industrie où la recherche et développement est importante; les projets de développement à longue échéance et à forte concentration en capital (par exemple, de gros projets de construction ou des usines génératrices d'énergie); d'évaluation des actions émises par de nouvelles entreprises. | Majd et Pindyck (1987); Carr (1988); Trigeorgis (1993a). |
| **Option consistant à modifier l'ampleur des opérations, fermeture et réouverture d'un projet.** | L'exploitation de ressources naturelles ; la construction et la planification dans les industries cycliques; la mode; la mise en marché de biens de consommation; le développement immobilier commercial. | Brennan et Schwartz (1985); McDonald et Siegel (1985); Trigeorgis et Mason (1987); Pindyck (1988). |
| **Option consistant à abandonner le projet en cours de route.** | Les industries à forte concentration de capital (comme les compagnies aériennes et ferroviaires); les services financiers; l'introduction de nouveaux produits sur des marchés incertains. | Myers et Majd (1990). |
| **Option consistant à changer les produits (ou services) offerts ou encore à changer d'intrant.** | Produits ou services. Tout bien consommé en petite quantité et sujet à une demande variable (par exemple, les biens électroniques, les jouets, le papier à usage spécialisé, les pièces de machinerie, les automobiles). | Margrabe (1987) ; Kensinger (1987) Kulatilaka (1988). |

| | | |
|---|---|---|
| | Intrants.<br>Toute industrie où l'approvisionnement en matières premières revêt beaucoup d'importance (par exemple, les industries du raffinage pétrolier, des produits chimiques ou de la production d'électricité). | |
| **Options de croissance.** | Toutes industries qui nécessitent d'importantes infrastructures et qui sont hautement stratégiques (par exemple, la haute technologie, la recherche et développement, les industries où il peut y avoir plusieurs générations de produits ou d'applications, les entreprises multinationales et les acquisitions d'entreprises). | Myers (1977); Kester (1984 et 1993); Trigeorgis (1988); Pindyck (1988); Chung et Charoenwong (1991). |
| **Interactions des options réelles d'un même projet.** | Les projets dans la majorité des industries mentionnées dans ce tableau. | Brennan et Schwartz (1985); Trigeorgis (1993a et b); Kulatilaka (1993). |

**Source** : Options et contrats à terme (page 5-43 ; 5-44) *Nabil Khoury et Pierre Laroche.*

### 5- La notion d'option réelle et la VAN augmentée

La théorie des options réelles ne vient pas éliminer l'approche traditionnelle (VAN) mais, plutôt, la bonifier en introduisant le terme flexibilité du moment que :

Les fondateurs des options réelles ont pris l'équation fondamentale de la VAN classique qui s'écrit comme suit :

$$VAN_{classique} = \sum_{t=1}^{N} \frac{CF_i}{(1+k)^t} - I_0 \qquad (1)$$

avec :

$CFi$ : Flux monétaires;

k : Le coût du capital, qui incorpore la prime de risque du projet;

$I_0$ : L'investissement initial réalisé au temps 0.

Puis ils ont ajouté la valeur de la flexibilité offerte par les options réelles propres à chaque projet. L'équation suivante résume cette nouvelle approche de l'option réelle :

$$VAN_{augmentée} = \sum_{t=1}^{N} \frac{CF_i}{(1+k)^t} - I_0 + Valeur\ des\ options\ réelles(flexibilité) \qquad (2)$$

Ainsi, la valeur d'une option au sein d'un projet peut donc être calculée en soustrayant la VAN classique (équation (1)) de la VAN augmentée (équation (2)).

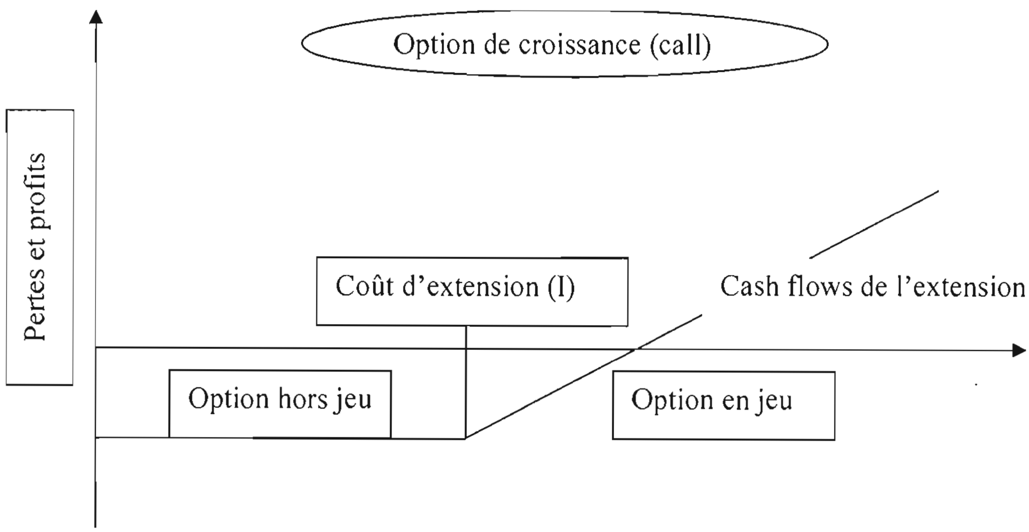
Nous allons voir plus tard que nous pouvons trouver la valeur de chaque option individuellement. Dans notre travail, il s'agira d'une option de croissance et d'une option de contraction.

**6- l'option de croissance**

Vis-à-vis de l'évolution très rapide, de la non stabilité du marché et de la forte concurrence, les entreprises sont obligées de s'adapter en profitant de toutes les opportunités offertes par ces changements.

Les options de croissance « growth options » étaient parmi les alternatives choisies par les dirigeants. L'option de croissance a été introduite dans la littérature financière par Myers (1977). Ce dernier a présenté cette option comme une option d'achat détenue par une entreprise dont le prix d'exercice est le coût d'extension (I) et le sous jacent est la valeur des flux futurs de l'extension (CFE).
Si CFE >I, le projet est, donc, rentable et il faut exercer l'option de croissance.
Si CFE<I, le projet n'est pas rentable et l'option devient, donc, hors jeu.

**Figure (1) : Comportement d'une option de croissance**




Selon Bellalah (2000) l'option de croissance sert à valoriser les investissements, dont la portée stratégique est considérable, et qui ouvrent la voie à plus de bénéfices dans le futur. Ainsi, Lautier (2002) affirme que les options de croissance sont des options qui s'intéressent au développement de la firme et elles regroupent, de ce fait, plusieurs options réelles.

Le champ d'application de ce type d'option est extrêmement vaste. Ainsi selon Kester (1984) l'option de croissance permet de valoriser le développement d'un nouveau produit, l'acquisition d'autres firmes, l'augmentation de production, l'augmentation des budgets de publicité et les dépenses de recherche et développement. Ce type d'option est applicable aussi dans les industries à multiples générations de produits (industries des ordinateurs ou pharmacologique) etc. D'une manière générale, les options de croissance sont très bénéfiques dans le cas des projets volatils et offrent des rendements élevés tel que le cas de l'éventuelle pénétration dans un nouveau marché ou de la mise sur pieds d'un nouveau produit.

Dans le cas des investissements séquentiels, Khoury et Larouche (1996), ont identifié le projet initial comme le droit d'entrée qui permet d'accéder à des opportunités futures avant que les barrières à l'entrée s'installent ; ceci permet de profiter des innovations technologiques subséquentes dans le domaine. Par conséquent, ils considèrent ce premier projet comme une option de croissance sur les projets futurs. Selon les auteurs, les produits à génération multiple constituent un bon exemple d'option de croissance car c'est souvent à partir de la deuxième et la troisième génération que ces produits deviennent rentables. La VAN de ces produits prend, donc, des valeurs négatives au début mais cela n'empêche pas l'entreprise d'adopter le projet ou de continuer la production si l'étude prévoit des opportunités futures attirantes. Donc la valeur d'un projet ne se limite pas à la valeur présente des cash-flows anticipés mais elle doit capter toutes les opportunités de croissance future.

Pour Kemna (1987), l'option de croissance est similaire (équivalente) à un call européen dont le sous jacent est la valeur des cash flows futurs qui vont provenir de l'expansion de l'entreprise, alors que le coût d'investissement supplémentaire représente le prix d'exercice de l'option.

Avec l'option de croissance la VAN augmentée s'écrit comme suit :

$$VAN_{augmentée} = (V_a - I_0) + MAX[0, (\alpha - 1)V_a - I_s] \qquad (3)$$

La valeur intrinsèque (payoff) de l'option de croissance sera égale à :

$$MAX[0,(\alpha-1)V_a - I_s] \tag{4}$$

avec :

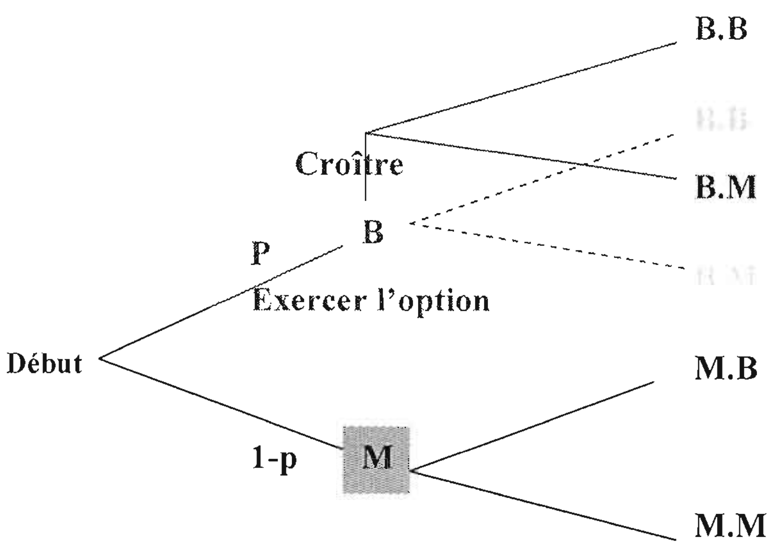
$(V_a - I_s)$ : VAN classique;

$V_a$ : Valeur présente des cash-flows anticipés;

$I_s$ : Investissement supplémentaire au temps t;

$\alpha$ : Le taux de croissance du revenu de projet au temps t (avec $\alpha > 1$).

**Figure (2) : option de croissance**



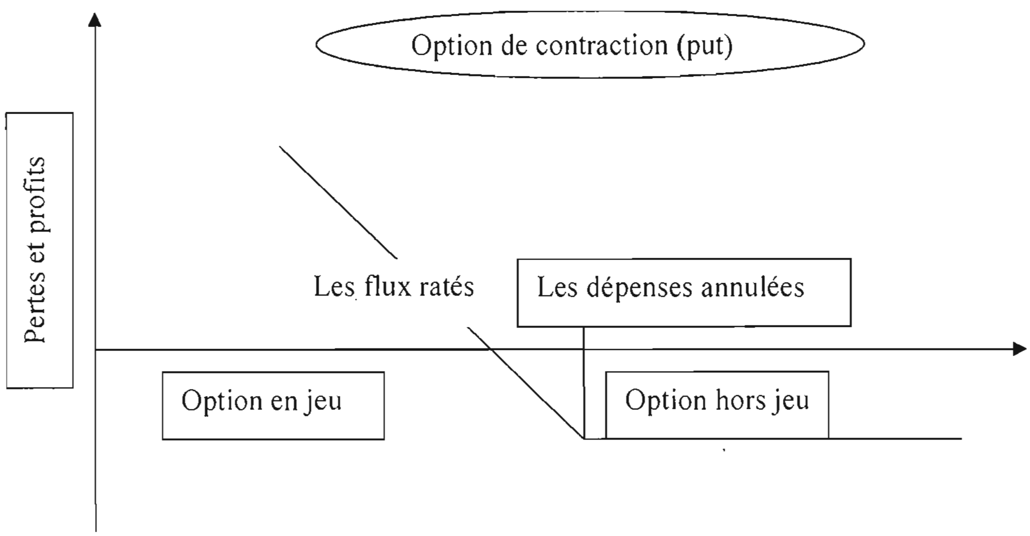

**B = Bonne M = Mauvaise**

**7- l'option de contraction**

Pour se protéger contre les situations défavorables du marché, l'entreprise fait recours à l'option de contraction. A l'opposé de l'option de croissance, qui offre la possibilité de développer un projet en réalisant un investissement supplémentaire, l'option de contraction offre la possibilité de contracter son développement en diminuant son budget de dépenses.

D'après Trigeorgis (1996), l'option de contraction est similaire à une option de vente dont le sous-jacent est la valeur des cash flows à rater (CFR) en cas de conjoncture défavorable alors que le montant des dépenses annulées (DA) représente le prix d'exercice.

**Figure (3) : Comportement d'une option de contraction**




Si CFR >DA, l'option de contraction est hors jeu.

Si CFR<DA, l'option est, donc, en jeu : il est bénéfique pour l'entreprise de contracter ses investissements.

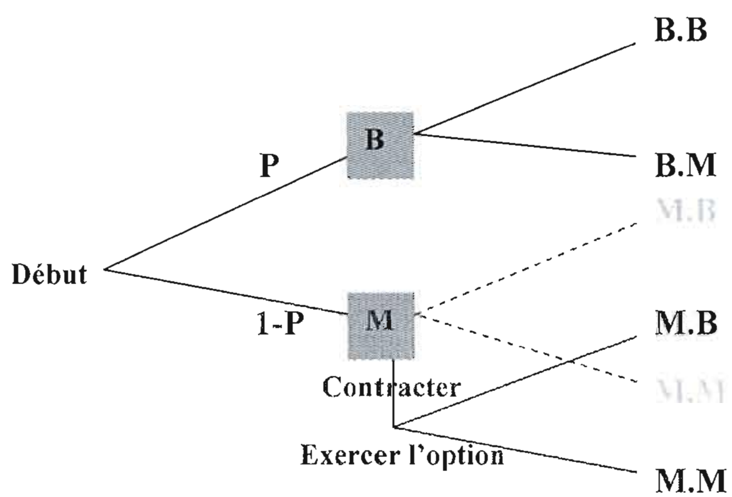
La VAN augmentée avec une option de contraction s'écrit comme suit :

$$VAN_{augmentée} = (V_a - I_0) + MAX\left[0, I^- - (1-\beta)V_a\right] \qquad (5)$$

Le payoff de l'option de contraction est :

$$MAX\left[0, I^{-} - (1-\beta)V_{a}\right] \tag{6}$$

**Figure (4) : Option de contraction**




**B = Bonne** **M= Mauvaise**

## CHAPITRE 3

# LES MODELES D'EVALUATION DES OPTIONS REELLES

## 1-Les modèles stochastiques

### 1-1- Le mouvement brownien géométrique

L'un des processus les plus utilisés en finance pour décrire l'évolution du prix d'une action est, sans doute, le mouvement brownien géométrique. La formule générale de ce dernier est donnée par l'équation suivante :

$$dS = \mu S dt + \sigma S dz \qquad (7)$$

avec :

- S : le prix de l'action;
- $\mu = \left[\alpha - \frac{1}{2}\sigma^2\right]$ : rendement tendanciel du prix de titre (α présente le rendement moyen espéré de titre);
- dt : incrément infinitésimal de temps;
- σ : l'écart type du titre;

dz $= \varepsilon\sqrt{dt}$ est une variable aléatoire qui suit un processus de Winner, où ε est un bruit blanc qui suit une loi normale centrée réduite N (0,1), avec E (dz) = 0 et $\sigma^2_{dz} = dt$.

On voit bien que l'équation (7) comporte deux composantes, une première partie déterministe représente la tendance de l'évolution du prix de l'action (qui domine à long terme) alors que la deuxième est une composante stochastique (domine à court terme).

Pour connaître le mouvement de rendement d'une action il suffit de diviser l'équation (5) par le prix de l'action (S).

$$\frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz \tag{8}$$

Le taux de rendement de l'action suit, donc, un mouvement brownien arithmétique. Aussi, il est indépendant du niveau de S.
Dans le cas où le prix de l'action suit le mouvement Brownien géométrique (l'équation (5)), le prix de l'action doit suivre une loi log-normale et que le logarithme de S suit une loi normale.

En appliquant la fonction Log sur l'équation (7), et à l'aide de lemme d'Îto on obtient :

$$dLnS = \left( \alpha - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) dt + \sigma dz \tag{9}$$

On peut aussi réécrire l'équation (9) de la façon suivante :

$$S_t = S_{t-1}\, e^{\left( \alpha - \frac{1}{2}\sigma^2 \right) dt + \sigma dz} \tag{10}$$

Cette équation est la plus utilisée par la méthode simulation Monte Carlo pour le calcul de prix de l'option.

**1-2-le processus arithmétique de retour à la moyenne d'Ornstein-Uhlenbeck**

Le processus d'Ornstein-Uhlenbeck est un processus très utilisé pour décrire l'évolution du taux d'intérêt, du taux de change et des prix de certains actifs réels qui retournent vers sa valeur moyenne d'équilibre à long terme.

Supposons que le taux de rendement d'un projet suit un processus d'Ornstein-Uhlenbeck et que son équation différentielle stochastique s'écrit comme suit :

$$dr = \left(\bar{r} - r\right)\theta\, dt + \sigma \sqrt{r}\, dz \tag{11}$$

avec :

- $\bar{r}$ : Le taux de rendement moyen à long terme de r;
- $\theta$ : La vitesse de retour de r vers sa moyenne à long terme $\bar{r}$,
- σ : L'écart type.

**2-Le modèle du Capital Asset Pricing (CAPM)**

Le CAPM est un modèle dérivé par William Sharpe en 1964. Ce modèle est utilisé dans la fixation des prix des titres risqués, ainsi l'évaluation des actifs financiers.

Le CAPM a comme équation :

$$E(R_i) = r_f + \left(E(Rm) - r_f\right)\beta \tag{12}$$

$E(Ri)$ : Taux de rendement attendu par l'investisseur ;

$r_f$ : Le taux de rendement sans risque ;

$\left(E(Rm) - r_f\right)$ : La prime de risque ;

$\beta$ : Le niveau de risque.

Le CAPM est un modèle basé sur l'approche moyenne-variance de Markowitz (1952). L'idée principale de ce modèle est que le taux de rendement attendu par les investisseurs est la somme de deux composantes : une première composante fixe correspond à la valeur temps de l'argent, c'est-à-dire que les investisseurs sont compensés au taux sans risque $r_f$ lorsqu'ils placent leurs argent dans un investissement sur une période de temps.

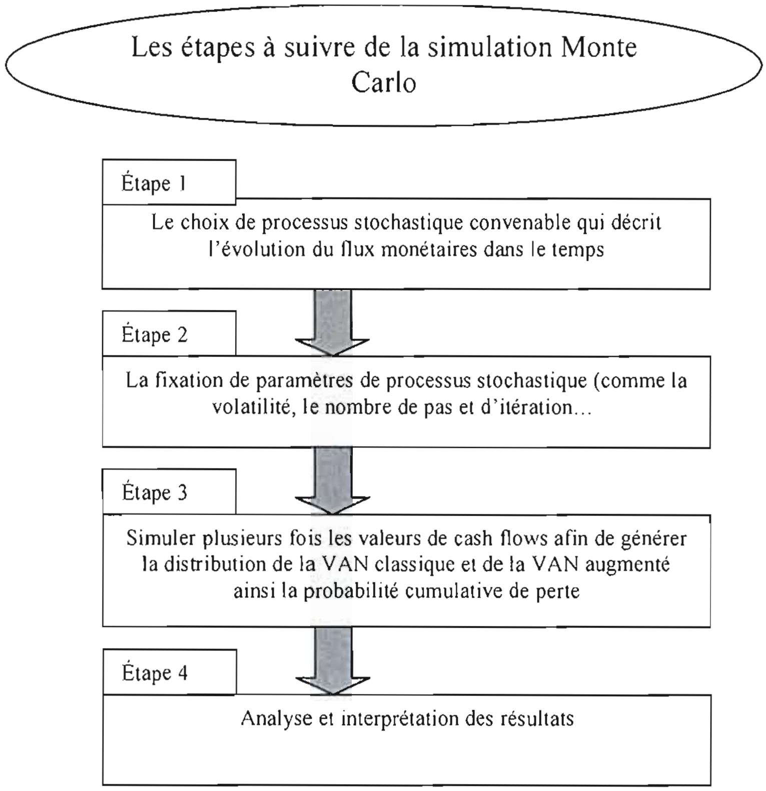
La deuxième composante variable représente une rémunération de risque supplémentaire ($\left(E(Rm) - r_f\right)\ \beta$) pris par l'investisseur. Evidemment, plus grande est la part de risque (mesurée par $\beta$ (risque systématique)), plus élevé sera le taux de rendement attendu par l'investisseur.

### 3-La simulation Monte Carlo

La méthode « Simulation de Monte Carlo » est utilisée depuis la deuxième guerre mondiale aux USA dans des recherches sur la fabrication de la bombe atomique. En effet, cette méthode probabiliste sert à résoudre les équations aux dérivées partielles. La simulation Monte-Carlo vise à générer la distribution d'une ou plusieurs variables via de nombreux scénarios.

La SMC est largement utilisée dans la finance. En 1964, elle est utilisée par Hertz dans la décision d'investissement, puis en 1977, Boyle a réussi grâce à la SMC à évaluer les actifs contingents. Ainsi, dans la finance moderne, la SMC sert à calculer la valeur numérique que peut prendre un actif réel ou financier durant une période bien déterminée en utilisant des processus aléatoires ; on peut estimer, ainsi le prix théorique d'une option comme on peut évaluer le risque théorique d'un projet ou d'un portefeuille.

Le recours à la SMC dans ce travail a comme but de calculer les valeurs que peuvent prendre les cashs flows du projet bancaire afin de calculer la VAN classique et la VAN augmentée. Les principales étapes à suivre sont décrites dans le schéma suivant :




## 4-Modèles d'évaluation des options

### 4-1-Le modèle de Black et Scholes

Parmi les modèles les plus connus dans l'évaluation des options financières, on trouve celui de Black et Scholes (du nom de Fischer Black et Myron Scholes). Le modèle de Black et Scholes estime et prédit le prix théorique des options (d'achat ou de vente) de type européen dans un marché comportant deux actifs, un actif risqué (action) et un actif sans risque.

L'utilisation de la formule de Black et Scholes se base sur les cinq variables suivantes :

$S_t$ : La valeur actuelle de l'action sous-jacente ;

t : Le temps qui reste à l'option avant son échéance (exprimé en années) ;

E : Le prix d'exercice fixé par l'option ;

$r_f$ : Le taux d'intérêt sans risque ;

$\sigma$ : La volatilité du prix de l'action.

Les quatre premiers paramètres sont faciles à calculer alors que la volatilité $\sigma$ de l'actif reste difficile à évaluer. Malheureusement cette valeur n'est pas observable de sorte qu'on doit prendre dans le calcul de prix de l'option soit la volatilité historique (annualisée), soit la volatilité implicite qui se calcule à partir du prix de l'option déjà cotée sur le marché.

Le modèle de Black et Scholes repose sur la réunion de plusieurs hypothèses qui sont les suivantes :

- Le prix de l'action suit un mouvement brownien géométrique ;
- $dS = \mu S dt + \sigma S dz \Leftrightarrow \frac{dS}{S} = \mu dt + \sigma dz;$
- $\mu dt$ : La taux de rendement attendu. $\sigma dz$ : La composante aléatoire (plus S est grand et plus la composante aléatoire est importante);
- $dz = \varepsilon\sqrt{dt}$ : variable aléatoire qui suit un processus de Wiener avec $\varepsilon$ suit la loi normal centrée réduit N (0,1).
- La volatilité est connue à l'avance et est constante ;
- Pas de frais de transactions ;
- Absence d'opportunité d'arbitrage ;
- Les ventes à découvert sont autorisées ;
- Il n'y a pas de dividende ;
- Le taux d'intérêt sans risque est connu et constant ;
- L'exercice de l'option ne peut se faire qu'à la date d'échéance, (option européenne) ;
- La cotation des actifs est continue ; cette hypothèse fondamentale fait un certain écart entre le résultat obtenu par ce modèle et la réalité quand les cours s'évoluent d'une façon discontinue.

On sait déjà que le prix théorique d'une option d'achat (call), qui donne le droit et non l'obligation d'acheter l'actif S à un prix d'exercice connu d'avance(E) à une date d'échéance T, est $MAX(0, S_T - E)$.

Le prix de l'option dans un univers neutre au risque est donné par l'espérance du payoff actualisé au taux sans risque;

$$C_t = E[MAX(0, S_t - E)]e^{-rft} \tag{13}$$

La formule de Black et Scholes pour une option achat est donc comme suit:

$$C(S, E, rft, \sigma) = S_t N(d_1) - Ee^{-rft}(d_2) \tag{14}$$

De même, selon le modèle de Black et Scholes, le prix théorique d'une option de vente (put) avec le payoff égal à $MAX(0, E - S_t)$ est comme suit :

$$P(S, E, r_{ft}, \sigma) = Ee^{-rft} N(-d_2) - S_t N(-d_1) \tag{15}$$

Avec N la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite N (0,1) ou ;

$$N(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\mu^2} d\mu \tag{16}$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(rf + \frac{1}{2}\sigma^2\right)t}{\sigma\sqrt{t}} \tag{17}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} \tag{18}$$

### 4-2-Le modèle binomial dans un univers neutre au risque

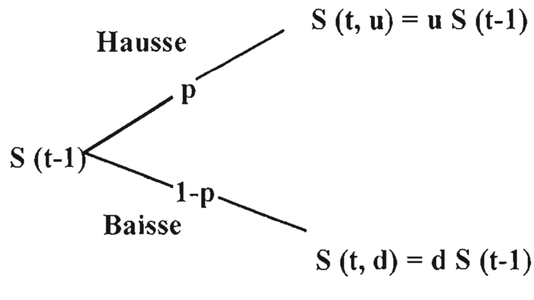
Une nouvelle approche est préconisée par des économistes du nom de Cox, Ross et Rubinstein en 1976. L'apport majeur de leur théorie est de pouvoir calculer le prix d'une option (option d'achat ou option de vente). Ce prix doit demeurer le même quelle que soit la position de l'investisseur par rapport au risque. Effectivement, certains individus ont le goût du risque tandis que d'autres l'ont en aversion. Les chercheurs proposent donc la méthode d'évaluation des options dite "neutre au risque" s'appuyant sur des probabilités en tenant compte des différents états de la nature.

Cette méthode de type binomial peut être facilement représentée par un arbre de décisions. À chaque étape, deux possibilités sont offertes pour la suite des événements : favorable ou défavorable.

Selon cette approche, le prix de sous jacent (S), soit qu'il augmente d'un montant « u » si la situation est favorable avec une probabilité « p », soit qu'il diminue à un montant « d » si la situation est défavorable avec une probabilité de « 1-p ».

Les montants « u » (up) et « d » (down), qui doivent être constants durant la période, sont calculés à partir de la volatilité du secteur d'activité (ou de la volatilité historique du titre si les données sont encore disponibles.).

**Schéma 1 : Évolution des prix de l'actif selon le modèle binomial**



Avec :

$$d < 1 < u ;$$

$$u = e^{\sigma\sqrt{dt}} ;$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{dt}} ;$$

$$p = \frac{e^{r_f dt} - d}{u - d} ;$$

**E** : le prix d'exercice ;

**S** : le prix de sous-jacent.

Considérons une option d'achat et une option de vente ayant les mêmes caractéristiques. Soit que les deux options viennent à échéance au temps t, et leur prix d'exercice est égal à E. Sachant que la valeur d'une option à l'échéance est égale à sa valeur intrinsèque, il en découle que la valeur de l'option d'achat est $MAX[0, S - E]$, et la valeur d'une option de vente est $MAX[0, E - S]$.

Les deux diagrammes suivants décrivent l'évolution des cash-flows pour les options d'achat et de vente.

**Schéma 2.1 : Évolution des cash-flows pour une option d'achat**

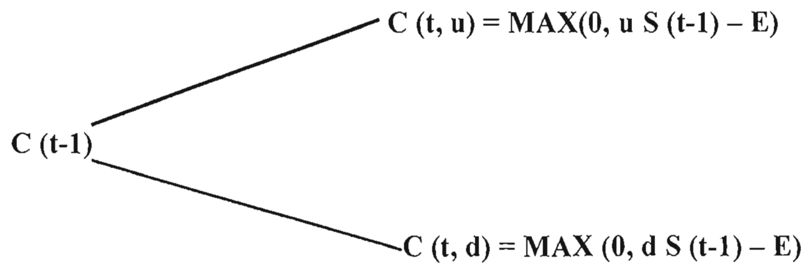
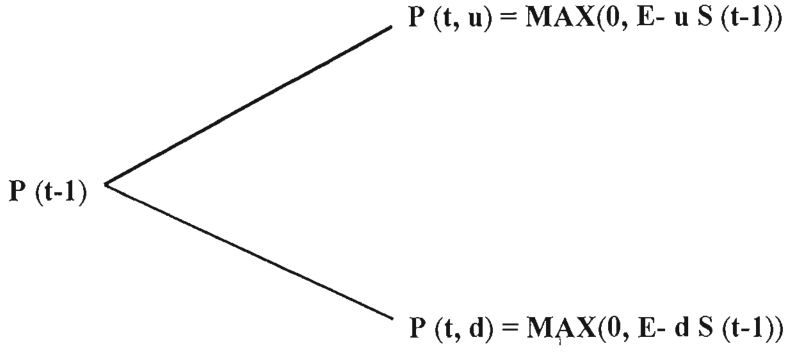


**Schéma 2.2 : Évolution des cash-flows pour une option de vente**




Selon ces deux diagrammes, les valeurs des options de type européenne à t-1 sont :

$$C(t-1) = [pC(t,u) + (1-p)C(t,d)]e^{-rfdt} \tag{19}$$

$$P(t-1) = [p\ P(t,u) + (1-p)\ P(t,d)]\,e^{-rfdt} \tag{20}$$

Alors que pour les options de type américain la valeur d'une option d'achat ainsi que celle de vente s'écriront comme suit;

$$C(t-1) = MAX\left(S - E, (pC(t,u) + (1-p)\ C(t,d))\ e^{-rfdt}\right) \tag{21}$$

$$P(t-1) = MAX\left(E - S, (p\ P(t,u) + (1-p)P(t,d)\,e^{-rfdt}\right) \tag{22}$$

En général, la valeur d'une option d'achat lorsqu'il reste n périodes avant l'échéance est égale à :

$$C(t-1)=\left[\sum_{j=0}^{n}\binom{n}{j}p^{j}(1-p)^{n-j}\times MAX\left(0,(u^{j}\times d^{(n-j}\times S)-E\right)\right]e^{-rfn} \quad (23)$$

Explication de la formule précédente :

- j : le nombre de hausses de S au cours des n périodes;
- Le terme $(u^{j}\times d^{(n-j)}\times S)$ présente la valeur finale de S suite à j fois hausses et n-j fois baisses;
- Le terme $(p^{j}(1-p)^{n-j})$ présente la probabilité de hausse et de baisse de S;
- Toute l'équation sera actualisée au taux sans risque, ce qu'indique le terme $e^{-rfn}$ ;
- $\binom{n}{j}=\dfrac{n!}{j!(n-j)!}$ : plus n est grand, plus la valeur de l'option calculée à partir du modèle binomiale converge vers la valeur fournie par le modèle de Black et Scholes.

En résumé, la valorisation d'options réelles est une méthode d'évaluation de projet qui vient compléter la VAN classique. Cette méthode est plus exacte et plus rigoureuse lorsqu'il y a présence d'incertitude et de flexibilité.

Le chapitre suivant mettra en évidence la méthode d'évaluation par les options réelles en se basant sur l'étude faite sur le projet d'expansion bancaire.

**CHAPITRE 4**

# ÉTUDE D'UN PROJET D'INVESTISSEMENT BANCAIRE PAR UNE OPTION DE CROISSANCE ET UNE OPTION DE CONTRACTION

## 1- Introduction

L'objectif de cette étude est d'analyser l'apport des options réelles dans le choix et l'évaluation d'un projet d'investissement dans un contexte aléatoire.

Notre choix va porter sur deux types d'options réelles : une option dite de croissance et une option dite de contraction et ce pour un projet d'expansion bancaire (construction de plusieurs succursales dans plusieurs provinces canadiennes).

Le choix du secteur bancaire pour notre étude émane de l'importance qu'il occupe dans la sphère économique des pays en jouant un rôle primordial dans le financement des projets des entreprises et, donc, dans le développement durable.

Afin de mieux cerner l'apport de l'approche optionnelle, nous allons nous servir des mêmes données utilisées par Coen et Théoret (2004) dans leur célèbre article *« Vers une vision probabiliste du choix d'investissement : Une application à la performance du secteur bancaire»* ; celles-ci proviennent de l'Association des Banquiers Canadiens. Elles correspondent aux rendements trimestriels des actifs des huit grandes banques canadiennes sur une période de 18 années allant de 1988 à 2006 (voir annexeA1). Nous allons diviser cette période en deux ; la première se situe entre 1988 et 1998 (figure1) et la deuxième entre 1998 et 2006 (figure 2). Ce choix s'explique par le fait que, pour avoir des résultats d'estimation et d'évaluation les plus proches du monde réel et en se basant sur les valeurs historiques, les financiers et les analystes choisissent souvent dix ans comme la bonne période. Néanmoins, nous avons seulement les données de 18 ans. C'est pourquoi nous allons prendre une période de dix ans (1988-1998) et une autre de huit ans (1999-2006).

En plus de l'utilisation de deux périodes, nous allons, dans un premier temps faire l'étude pour les huit banques prises ensembles puis, dans un deuxième temps, nous referons la même étude mais seulement pour trois banques prises séparément à savoir : banque royale, banque TD et banque nationale. Ces trois banques ont été choisies car elles sont de tailles différentes : la banque Royale comme banque de grande taille, la banque Nationale comme banque de petite taille et enfin la banque TD comme une banque de taille moyenne.

## 2- Méthodologie

Nous allons supposer, tout d'abord, que le rendement de l'actif des banques et les flux monétaires du projet suivent un processus stochastique de retour vers la moyenne d'Ornstein-Uhlenbeck pour tous nos calculs ; ce qui s'écrit comme suit :

$$dr = \frac{dV}{V} = \theta(\bar{r} - r)dt + \sigma\varepsilon\sqrt{dt} \qquad (24)$$

avec :

- $r$ : Le rendement de l'actif;
- $\theta$ : La vitesse de retour vers la moyenne;
- $\bar{r}$ : Le rendement moyen à long terme de l'actif bancaire;
- $\varepsilon$ : Variable aléatoire ~ N (0,1);
- dt : L'incrément fini de temps;
- $V$ : Les flux monétaires de projet (Ils suivent un processus log-normal et ne sauraient prendre de valeurs négatives);
- $\sigma$ : Écart type des rendements du projet.

La discrétisation d'Euler de l'équation (24) pour r et V est la suivante :

$$r_t = r_{t-1} + \theta(\bar{r} - r_{t-1})dt + \sigma\varepsilon_t\sqrt{dt} \tag{25}$$

$$V_t = V_{t-1} + \theta(\bar{r} - r_{t-1})V_{t-1}dt + \sigma V\varepsilon_t\sqrt{dt} \tag{26}$$

avec :

$r_t$ : Le rendement de l'actif en temps t ;

$V_t$ : Les flux monétaires de projet à l'instant t.

Afin d'arranger les deux équations précédentes (25) et (26), nous devons calculer $\theta$, $\bar{r}$ et $\sigma$. Pour faciliter ce calcul nous recourons à l'équation proposée par Dixit et Pindyck suivante :

$$r_t - r_{t-1} = \alpha + \beta r_{t-1} + \varepsilon_t \tag{27}$$

Avec $r_t$ le rendement de l'actif et $\varepsilon_t$ le terme d'erreur de la régression.

La régression de l'équation (27), par la méthode des moindres carrés ordinaires, donne les résultats suivants :

$$\theta = -\ln(1 + \hat{\beta}) \tag{28}$$

$$\bar{r} = -\frac{\hat{\alpha}}{\hat{\beta}} \tag{29}$$

$$\hat{\sigma} = \hat{\sigma}_\varepsilon\sqrt{\frac{2\ln(1 + \hat{\beta})}{(1 + \hat{\beta})^2 - 1}} \tag{30}$$

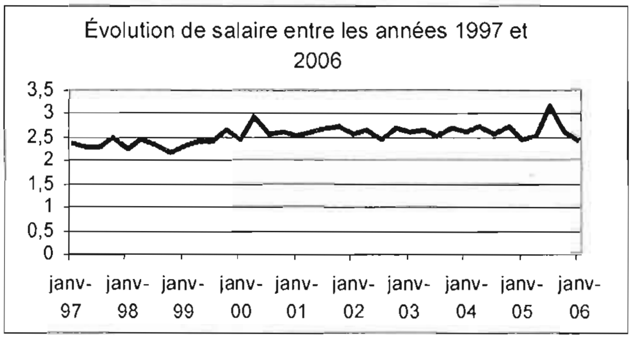
Avant de passer à la simulation des équations (25) et (26) par la technique de Monte Carlo, il faut identifier les autres paramètres à savoir :

- Valeur de projet en étude : 12 milliards de dollars ;
- Investissement : 66000000 de dollars ; soit 0.0055 * 12000000000 (d'après Coën et Théoret (2004), le coût d'investissement doit être 55 cents par 100$ d'actif) ;
- Taux sans risque : $rf = 3$ % ;
- Taux d'actualisation pour les cash-flows incluant la prime de risque déterminée par le CAPM :

$$E(R_i) = r_f + (E(Rm) - r_f)\beta = 11\%$$

Le risque systématique mesuré par $\beta$ est égal à 1 dans notre cas. Alors que la prime de risque $(E(Rm) - rf)$ est égale à 8% ;

- Durée de projet : 2ans ;
- Nombre d'itérations pour la simulation MC : 10000 ;
- Nombre de pas pour l'arbre binomial et la SMC : 100 ;
- Le ratio d'expansion (ratioex) est de 1,3 ;
- Le ratio de contraction (ratioc) est de 0,7 ;
- La valeur de projet additionnel : 600000000 dollars ;
- Le coût d'investissement additionnel : 3300000 dollars (0.0055*600000000) ;
- Les économies réalisées en raison de la contraction : 15000000 dollars soit 0,025*600000000 (en cas de contraction, les économies réalisées dans notre cas sont liées aux salaires des employés.). D'après les données historiques du salaire, nous avons constaté que la moyenne de salaire des huit banques tourne autour de 2,5$ pour 100$ d'actif, le schéma suivant présente l'évolution des salaires entre les années 1997 et 2006.




## 3- Première partie : Etude de projet pour les huit banques

### 3-1- Estimation des paramètres par MCO

On estime l'équation (27) par la méthode des moindres carrés ordinaires pour l'ensemble des huit grandes banques canadiennes (banque de Montréal, banque Royale, banque Laurentienne, banque Nationale, banque TD, banque Scotia, banque Canadienne de l'ouest et CIBC) pour les deux périodes qu'on a déjà mentionnées.

Les résultats sont reportés au tableau (4) :

**Tableau (4) : Estimation des paramètres du processus stochastique du rendement de l'actif des huit grandes banques canadiennes**

| Les paramètres estimés pour la moyenne des huit grandes banques | La première période (1988-1998) | La deuxième période (1999-2006) |
|---|---|---|
| Thêta : $\theta$ | 2,322 | 1,184 |
| Sigma : $\sigma$ | 0,57 | 0,381 |
| Rendement moyen $\bar{r}$ | 0,605 | 0,686 |
| $R^2$ | 0,484 | 0,39 |
| $\hat{\alpha}$ | 0,54 (5,58)* | 0,46(3,34)* |
| $\hat{\beta}$ | -0,90 (-6,2)* | -0,64(-3,25)* |

*() statistique t.

Le tableau (4) montre que les coefficients estimés sont hautement significatifs pour les deux périodes au seuil de 95%, alors que le coefficient de la statistique $R^2$ de la régression est élevé et il est de 0,484 la première période et de 0.39 la deuxième période.

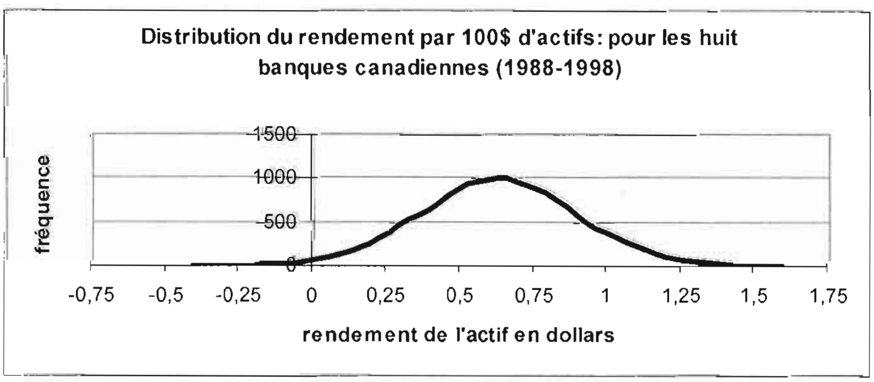
On constate que, pendant la première période, le rendement de l'actif pour l'ensemble des banques retourne vers une moyenne de 60,5 cents par 100$ d'actifs à long terme alors qu'il augmente jusqu'à 68,6 cents par 100$ pour la deuxième période. Ceci se justifie par le développement qu'a connu le secteur bancaire. Ainsi, la vitesse de retour à la moyenne ($\theta$) est très rapide et égale 2.32 pendant la première période, puis elle diminue jusqu'à 1,184. De même, l'écart type a connu une diminution de 0,57, la première période, jusqu'à 0,38, la deuxième période.

### 3-2-Résultats des simulations

Après avoir estimé sigma, thêta et le rendement moyen dans le paragraphe précédent, nous simulons les équations (25) et (26) par la technique de Monte Carlo.

La simulation de l'équation (25) nous donne la distribution du rendement de l'actif des huit banques présentée à la figure (5) :

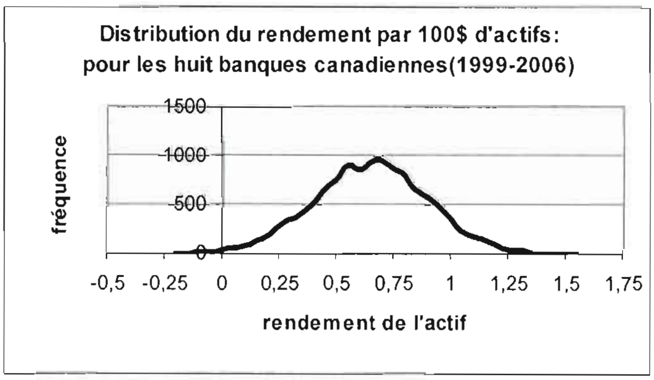
**Figure (5)**



La figure (5) présente bien l'évolution du rendement de l'actif des huit grandes banques canadiennes pour la période 1988-1998. On voit que la fréquence maximale correspond à un rendement situé aux alentours de 0.605 ; ce qui est conforme à nos estimations. Aussi voit-on que la probabilité d'avoir un rendement négatif est faible et la valeur minimale pouvant être atteinte par le rendement est de -0,41.

La deuxième période (1999-2006) est plus rentable. La figure (6) montre bien que la probabilité d'avoir un rendement négatif s'avère très faible et la valeur la plus basse, que peut atteindre le rendement, est de -0,19. On voit que la fréquence maximale correspond à un rendement situé aux alentours de 0.686. Ceci s'explique par les résultats des réformes qu'a connues le secteur bancaire durant la première moitié des années 90.

***Figure 6***




Avant de passer à la comparaison entre la distribution de la VAN augmentée avec celle de la VAN classique, que ça soit lorsque les huit banques disposent d'une option de croissance ou lorsqu'elles disposent d'une option de contraction (dans notre cas), nous présentons d'abord à la figure (7) et à la figure (8) la distribution de la VAN classique pour les deux périodes ainsi que la probabilité cumulative de perte associée à la VAN classique.

*Figure 7*

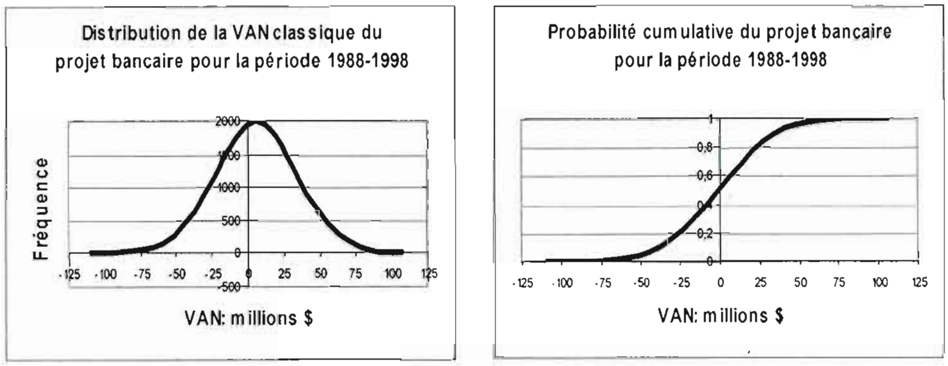
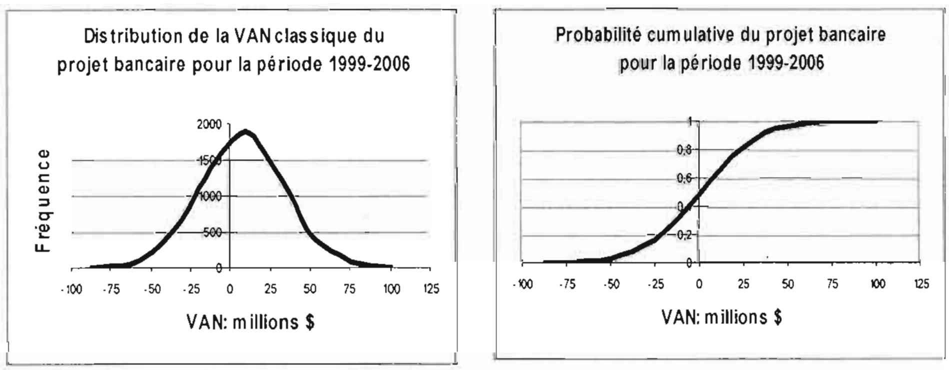



*Figure 8*




De la première à la deuxième période, la distribution de la VAN classique s'est déplacée vers la droite. Ainsi la valeur minimale de la VAN pour la première période était de -109,2 avec une probabilité de perte de 0,52 (52%) alors que la valeur minimale de la VAN pour la deuxième période est de -0,87million$ avec une probabilité de perte de 0,46 (46%).

Sans options et en se basant sur la règle classique de la VAN, les banques avaient intérêt à choisir la deuxième période pour exécuter ce projet.

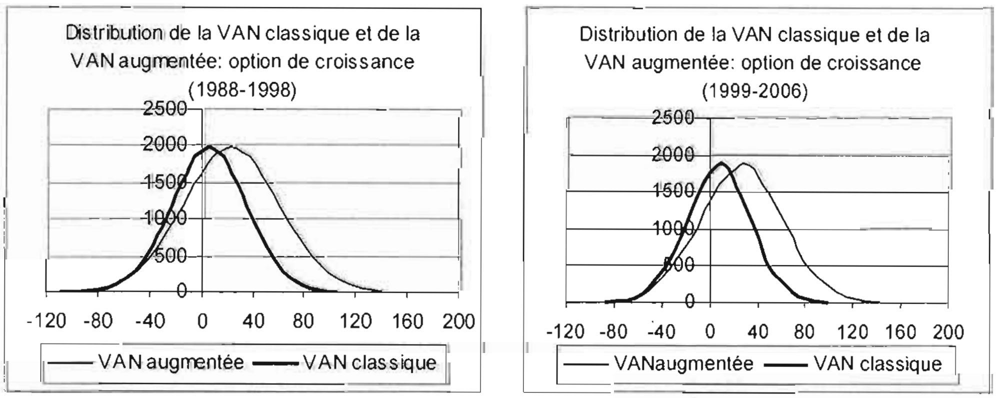
Une fois les paramètres connus, nous allons appliquer une option de croissance. Lorsqu'il s'agit d'une conjoncture économique favorable traduite par une augmentation de $\alpha$ ($\alpha$ étant le taux de croissance du revenu de projet ; $\alpha$ =1,2>1 dans notre cas) et une option de contraction lorsque la conjoncture se révèle défavorable ($\alpha$ = 0,8 <1 dans notre cas) et ce pour les deux périodes.

**3-3-L'option de croissance**

Afin de déterminer la distribution de la VAN augmentée avec une option de croissance, on doit ajouter à chacune des divisions de la distribution de la VAN classique les valeurs correspondantes de l'option de croissance. Il s'agit donc d'une simple addition horizontale de la distribution, de la VAN classique et de la valeur de l'option de croissance qui varie avec la variation de niveau de VAN classique.

La figure (9) montre, au même temps, les deux distributions de la VAN classique et celle de la VAN augmentée avec une option de croissance pour les deux périodes.

***Figure 9***

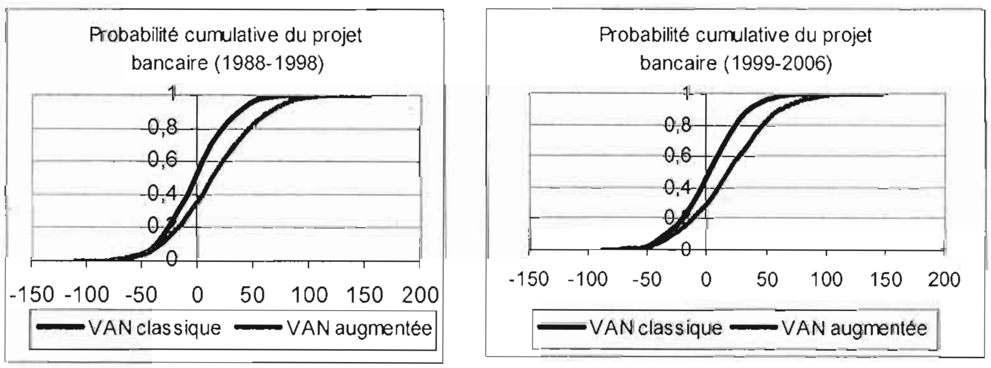



Pour la première période, on voit que dans l'intervalle compris entre -109,22 et -66,17 millions \$, l'évolution de la VAN augmentée est presque similaire à celle de la VAN classique. On constate que l'option de croissance a peu de valeur dans cette zone. Au delà de -66,17 millions $, la distribution de la VAN augmentée se déplace à droite de la VAN classique.

De même que pour la deuxième période 1999-2006, on voit que dans l'intervalle compris entre -87,24 et -62,23 millions $, la distribution de la VAN est presque similaire à celle de la VAN classique ; l'option de croissance a peu de valeur dans cette zone. Cependant, au-delà de -62,23 millions $, la distribution de la VAN augmentée se déplace à droite de la VAN classique:

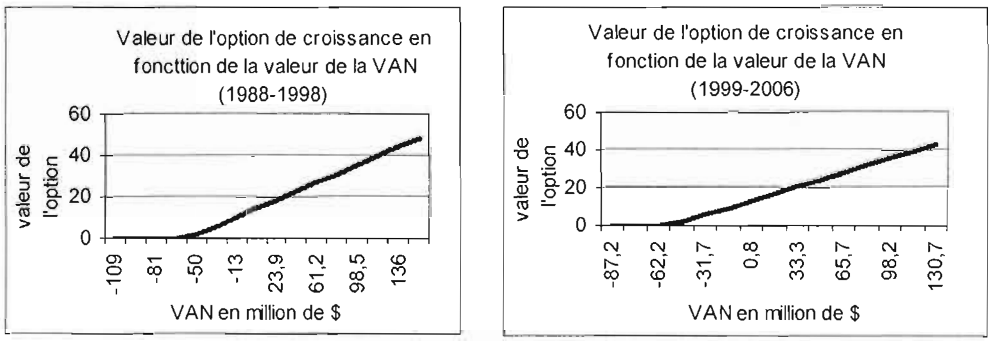
Le projet d'investissement est nettement plus rentable lorsqu'il comporte une option de croissance. L'option de croissance confère donc une asymétrie positive à la distribution de la VAN augmentée.

***Figure 10***




Cette figure montre bien que les probabilités de perte du projet pour les deux périodes. On voit d'abord que l'introduction d'une option de croissance fait diminuer la probabilité de perte de 52% à 38% la première période et de 46 à 30% la deuxième période.

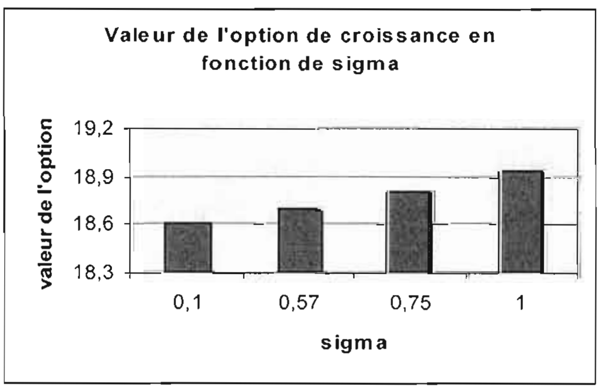
*Figure 11*




La figure (11) indique que l'option de croissance est similaire à un call ; en effet, plus la VAN classique augmente, plus la valeur de l'option de croissance est importante. On voit durant la première période que l'option de croissance présente des gains dès que la VAN classique dépasse -52 millions de dollars alors que durant la deuxième période l'option de croissance commence à avoir de la valeur même pour une VAN classique de -62 millions de dollars et ce grâce à l'importance des cash flows.

### 3-3-1- Sensibilité de l'option de croissance par apport à sigma

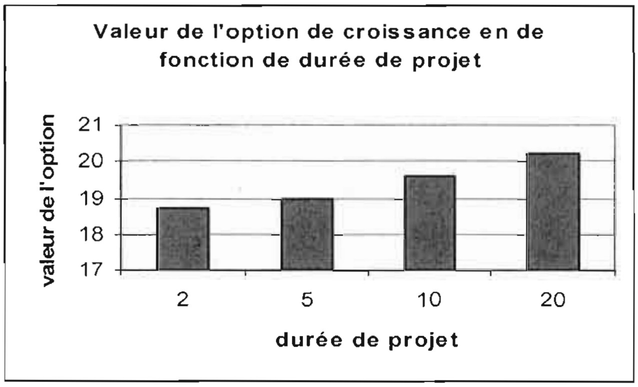
*Figure 12*



D'après la figure (12) on constate que la valeur de l'option de croissance augmente avec l'augmentation moyenne du niveau de risque. La valeur moyenne de l'option de croissance passe de 18,6 millions de dollars pour une valeur de sigma de 0,1 à 18,93 millions de dollars pour un niveau élevé de sigma égale à 1.

### 3-3-2- Sensibilité de l'option de croissance par apport à la durée de projet

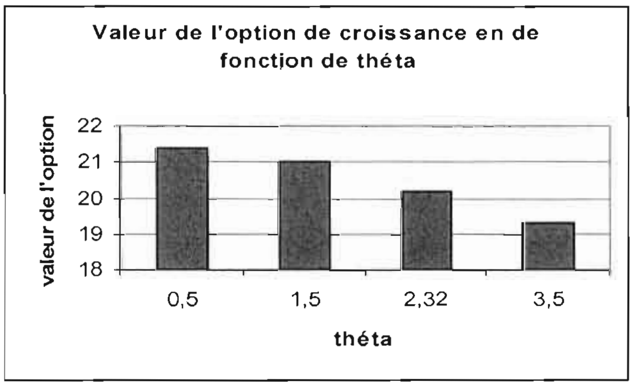
*Figure 13*




D'après la figure (13) on constate que la valeur de l'option de croissance augmente lorsque la date d'échéance est éloignée dans le temps. Avec une échéance de 2 ans la valeur moyenne de l'option est égale à 18,7 millions alors qu'avec une échéance de 20 ans la valeur moyenne de l'option passe 20,2 millions.

### 3-3-3- Sensibilité de l'option de croissance par apport à thêta

*Figure 14*

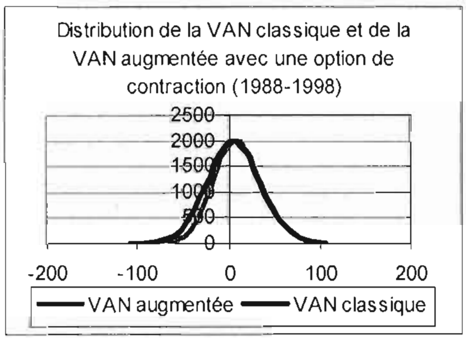


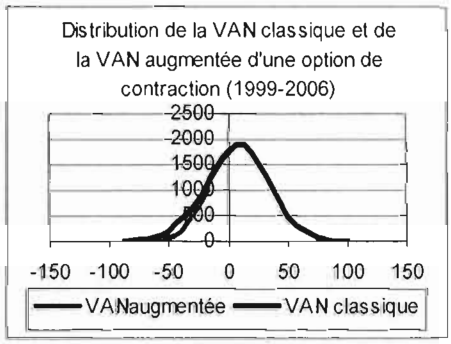
A l'opposé aux autres facteurs, que nous venons d'étudier (sigma et l'échéance), qui ont une proportionnalité avec la valeur de l'option (la valeur de l'option augmente quand sigma ou l'échéance augmentent), la vitesse de retour à la moyenne « thêta » a un effet inversement proportionnel à la valeur de l'option; en effet la valeur de l'option diminue lorsque la valeur de « thêta » augmente et inversement. D'après la figure (14) la valeur moyenne de l'option de croissance est égale à 21,37 millions pour un thêta de 0,5, alors qu'avec un thêta de 3,5 la valeur moyenne de l'option diminue et passe à 19,3 millions.

### 3-4- l'option de contraction

De même que pour l'option de croissance, la distribution de la VAN augmentée d'une option de contraction se fait par une simple addition des valeurs de l'option de contraction aux valeurs de la distribution de la VAN classique.

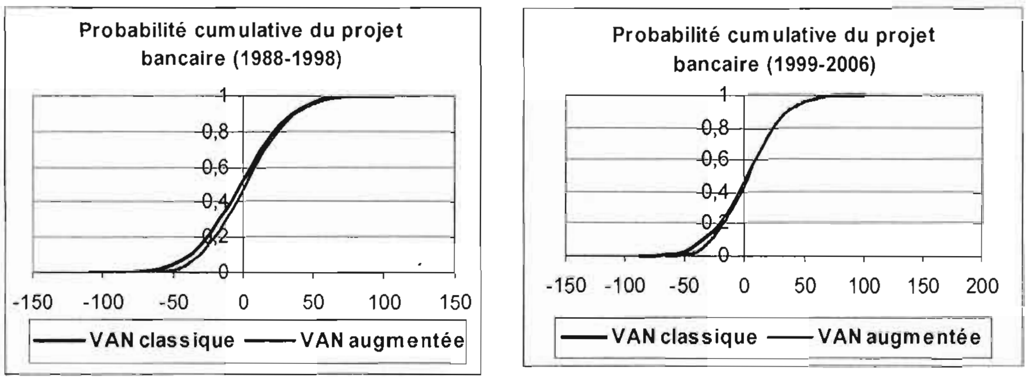
***Figure 15***



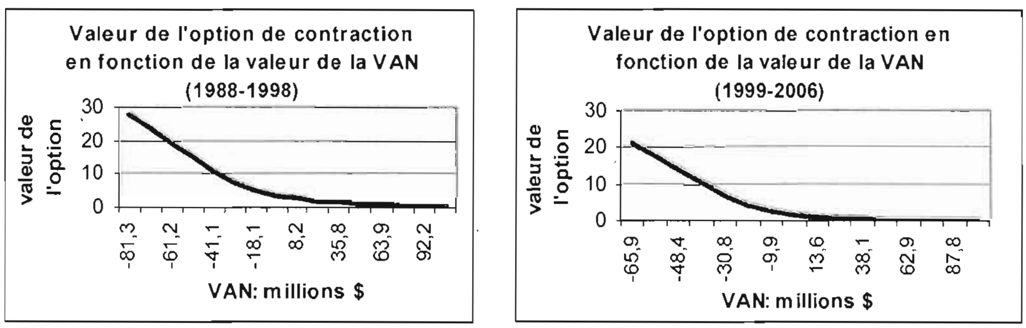

L'option de contraction (figure 15) a pour effet de déplacer vers la droite la distribution de la VAN augmentée mais l'écart entre les deux distributions se rétrécit au fur et à mesure que la VAN augmente, la prime de l'option de contraction diminuant alors de plus en plus. La distribution de la VAN augmentée a donc une asymétrie négative.

*Figure16*




L'option de contraction a pu diminuer la probabilité de perte du projet (figure16), mais pas de la même proportion que l'option de croissance.

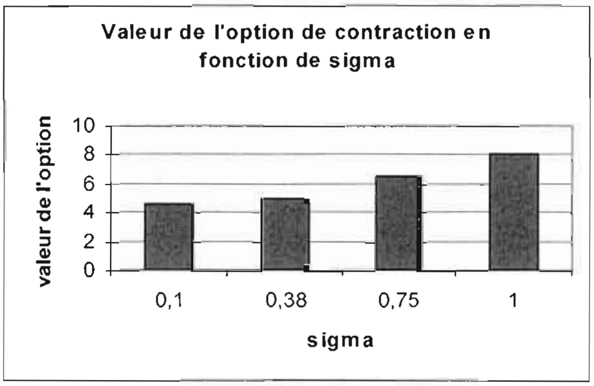
*Figure17*




L'option de contraction se comporte également comme un put (figure17). Elle a beaucoup de valeur lorsque l'entreprise connaît des temps difficiles mais en a de moins en moins à mesure que la VAN de l'entreprise augmente.

**3-4-1- Sensibilité de l'option de contraction par apport à sigma**

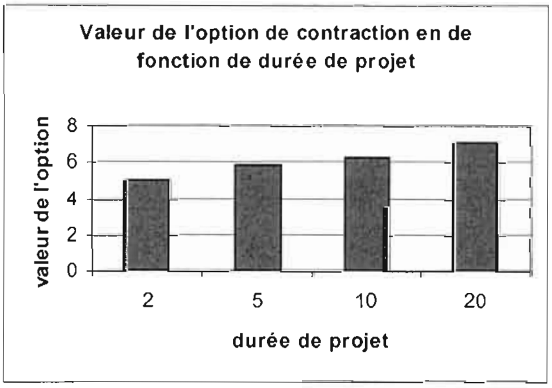
*Figure 18*




Comme pour l'option de croissance, l'option de contraction augmente avec l'augmentation moyenne du niveau de risque. La valeur moyenne de l'option de contraction passe de 4,5 millions de dollars pour une valeur sigma de 0,1 à 8,1 millions de dollars pour un niveau élevé de sigma égale à 1.

**3-4-2- Sensibilité de l'option de contraction par apport à la durée de projet**

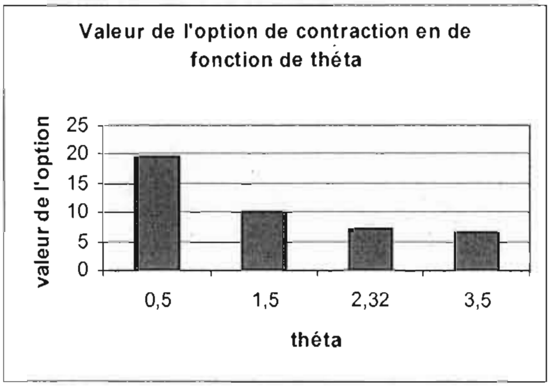
*Figure19*




On voit que la valeur moyenne de l'option de contraction augmente lorsque la date d'échéance s'éloigne dans le temps. Avec une échéance de 2 ans la valeur moyenne de l'option est égale à 5 millions alors qu'avec une échéance de 20 ans la valeur moyenne de l'option passe 7,1 millions.

### 3-4-3- Sensibilité de l'option de contraction par apport à thêta

*Figure 20*




D'après la figure 20, nous remarquons que la valeur de l'option de contraction est très sensible à la valeur de thêta. La valeur moyenne de l'option de contraction est égale à 19,48 pour un thêta de 0,5. Alors qu'avec un thêta de 3,5 la valeur moyenne de l'option diminue et passe à 6,41 millions ; soit une perte d'environ deux tiers de sa valeur (67%) contre une diminution d'environ, seulement, un dixième (10%) de la valeur de l'option de croissance pour les mêmes variations de la valeur de thêta.

**4- Deuxième partie : Etude de projet pour les trois banques prises séparément**

Nous traitons dans cette partie les trois banques choisies à savoir : la banque Royale du Canada (RBC) ; la banque TD et la banque Nationale. Pour chacune de ces trois banques nous allons la même démarche que pour les huit banques : une option de croissance, puis une option de contraction selon la valeur de $\alpha$ .

**4-1- Estimation des paramètres par MCO : (voir Tableau 5)**

**Tableau 5 : Estimation des paramètres des processus stochastiques du rendement de l'actif pour les trois banques canadiennes (TD, BNC, RBC)**

| | **Les paramètres estimés** | **Banque nationale** | **Banque TD** | **Banque TD* Corriger** | **Banque royale** |
|---|---|---|---|---|---|
| La première période (1988-1998) | Thêta : $\theta$ | 2,269 | 0,2563 | 0.307 | 3,19 |
| | Sigma : $\sigma$ | 0,978 | 0,1811 | 0.26 | 0,988 |
| | Rendement moyen $\bar{r}$ | 0,448 | 0,708 | 0.773 | 0,637 |
| | $R^2$ | 0,498 | 0,10 | 0.456 | 0,479 |
| La deuxième période (1998-2006 | Thêta : $\theta$ | 0,961 | 0,755 | 1,12 | 3,61 |
| | Sigma : $\sigma$ | 0,216 | 0,87 | 0.93 | 0,289 |
| | Rendement moyen : $\bar{r}$ | 0,743 | 0,704 | 0,613 | 0,739 |
| | $R^2$ | 0,417 | 0,197 | 0.3833 | 0,522 |

* Il s'agit d'une nouvelle estimation grâce à l'ajout d'une variable auxiliaire pour éliminer l'effet des variables extrêmes du rendement d'actif.

Les résultats dans le tableau (1) indiquent la signification des coefficients estimés. Pour la première période (1988-1998), le $R^2$ est entre 0,456 et 0.498 sauf pour la banque TD pour lequel il est faible (0.10) car la série (rendement de l'actif) comporte des données extrêmes pour la première période, alors que, pour la deuxième période, il varie entre 0,383 et 0,522 et reste toujours faible pour la banque TD avec une valeur de 0,197.

L'ajustement des données de la banque TD à l'aide d'une variable auxiliaire, augmente le $R^2$ de 0,10 à 0,456 pour la première période, et de 0,197 à 0,3833 la deuxième période.

Durant la première période TD a réalisé un rendement de 0,773 supérieur aux rendements des autres banques, tandis que son écart-type mesuré par sigma est le plus faible avec 0,26.

La BNC a vécu difficilement cette période. En effet elle a enregistré un rendement faible de 0,448 inférieur aux rendements des autres banques et qui n'atteint même pas la plage [0,50-0,55] fixée pour la survie des banques, alors que son écart-type est élevé 0,978.

Comme la TD, la RBC a enregistré un rendement (0,637) supérieur à la moyenne des autres banques (0,605) mais pour un écart-type élevé de 0,988.

Un autre paramètre très important dans l'analyse de risque : la vitesse de retour du rendement vers sa moyenne à long terme ($\theta$). Nous avons remarqué que les trois banques ont enregistré des valeurs différentes de $\theta$. D'abord, la RBC comme la BNC ont des $\theta$ très élevés. Ils sont respectivement de 3,19 et 2,269. Ce critère indique, qu'à long terme, le rendement de l'actif de ces deux banques retourne rapidement à sa moyenne. On peut conclure, que plus $\theta$ sera élevé, plus petit sera le risque d'avoir un rendement à long terme différent de celui du court terme. Pour ces deux banques. Il est, donc, facile d'estimer la marge de rendement de leurs projets que ça soit à court terme ou à long terme.

Ce n'est pas le cas pour la banque TD. Cette dernière, dispose d'un $\theta$ assez faible de 0,307. La faiblesse de son $\theta$ a comme conséquence d'augmenter le risque à court terme des projets d'investissement, puisqu'une vitesse faible ne peut pas exercer le pouvoir d'attraction du rendement vers sa moyenne.

La deuxième période a enregistré de nets changements pour la BNC et la TD. La BNC a pu amélioré son rendement pour le ramener à 0,743 pour un écart-type diminué lui aussi à 0,216.

La TD a enregistré un rendement légèrement inférieur à celui de la première période 0,61 alors que son écart-type a connu une forte augmentation pour atteindre 0,93.

La RBC a amélioré son rendement de 0,637 à 0,739 mais cette amélioration a été accompagnée d'une forte baisse de son écart type : de 0,988 à 0,289.

En passant à la vitesse de retour du rendement vers de sa moyenne à long terme ($\theta$), on remarque que la RBC a gardé un $\theta$ élevé de 3,61, $\theta$ de la BNC a diminué jusqu'à une valeur de 0,961 alors que $\theta$ de la banque TD a augmenté à 1,12.

**4-2-Résultats des simulations et recours aux options**

Dans cette partie, pour plus de commodités, nous annexons les figures des simulations des trois banques (Annexe A5).

En commençant par la banque de petite taille en l'occurrence la Banque Nationale, nous observons que la première période a été la plus difficile avec un enregistrement de son plus bas rendement (0,448) et une probabilité cumulative du projet ou probabilité de perte se situant à 66% (voir annexe A5.1) c.à.d plus élevée que celle du total des banques 55%.

Avec une vitesse de retour du rendement vers sa moyenne élevée (2,26) et un écart-type élevé de 0.978, la situation de cette banque conduit à un recours aux options réelles.

Pour la banque TD, après avoir eu un écart type faible de 0,26 et une vitesse de retour du rendement vers sa moyenne faible, la deuxième période a connu un recul au niveau de rendement accompagné d'un écart type élevé de 0,93 ; en plus, la probabilité de perte du projet égale presque la moyenne des banques environ 55% après avoir enregistré plus que 80% (Annexe A.5.3). Ce recul de rendement durant la deuxième période est dû, principalement à l'augmentation de l'écart type. Certes, durant la première période la TD a connu un theta faible et durant la deuxième période, elle a connu un écart type élevé, mais le niveau de ses rendements, réalisé sûrement grâce à sa taille, la met dans une position confortable et elle peut, donc, être dispensée du recours aux options réelles ; c'est la perception et l'analyse, par les gestionnaires, de la diminution de son rendement de 0,77 à 0,61 qui doivent trancher ce recours.

À l'opposé des deux autres banques, la banque RBC a enregistré un thêta élevé dans les deux périodes et son écart type a connu, grâce à sa grande taille, une nette diminution en deuxième période. La RBC a plus besoin des options réelles, en première période qu'en deuxième période.

Le tableau suivant résume la valeur ajoutée des options de croissance et de contraction durant les deux périodes pour les trois banques.

**Tableau (6) : Les valeurs moyennes des options de croissance et de contraction pour les trois banques pour les deux périodes.**

| | **Banque nationale** | | **Banque TD** | | **RBC** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **1988-1998** | **1999-2006** | **1988-1998** | **1999-2006** | **1988-1998** | **1999-2006** |
| **Valeur ajoutée moyenne de l'option de contraction** | 17,33 | 2,97 | 11,41 | 17,45 | 14,50 | 1,3 |
| **Valeur ajoutée moyenne de l'option de croissance** | 21,4 | 18 | 12,56 | 28,01 | 21,10 | 19,74 |

Les résultats trouvés corroborent, par des chiffres, ce qui a été déduit par notre analyse des paramètres estimés ($\sigma$, $\theta$ et $\bar{r}$).

En effet, durant la première période, la banque nationale a intérêt à utiliser les deux options réelles de contraction et de croissance selon la conjoncture (valeur de $\alpha$) beaucoup plus que durant la deuxième période (valeurs respectives des deux périodes des options de contraction et de croissance 17,33 et 21,4 contre 2,97 et 18). Pour la Banque TD, c'est plutôt, la deuxième période qui est plus bénéfique (17,45 et 28,01 contre 11,41 et 12,56). Les chiffres de la RBC montrent clairement que c'est la première période qui fait profiter la banque le plus des options réelles.

On remarque que les valeurs apportées par les options de contraction sont toujours inférieures aux valeurs apportées par les options de croissance; ceci s'explique par les gains effectués, surtout, en matière de salaires dans les cas des options de contraction et par les gains drainés par la prospérité qu'engendre les périodes de croissance.

# CONCLUSION

Dans un univers incertain, il est important de mentionner l'utilité et l'importance de la valorisation des projets par les options réelles qui est une méthode d'évaluation plus complète que la VAN classique. Cette dernière ne permet pas de prendre en compte les interactions entre l'incertitude, l'irréversibilité de l'investissement et la possibilité de le différer dans le temps.

L'objectif de ce mémoire était de voir puis d'analyser comment les options réelles affectent la distribution de la VAN.

Nous avons constaté, que ça soit dans la première ou la deuxième partie de notre étude, que l'utilisation des options réelles affecte différemment mais toujours positivement la distribution de la VAN classique et a, aussi, pour résultat de diminuer la probabilité cumulative de perte de projet. Ceci s'est traduit par des résultats qui montrent que la vitesse de retour du rendement vers sa moyenne et la probabilité cumulative de perte sont plus importantes que l'écart type dans la mesure de risque. En effet, plus $\theta$ est élevé, plus petit sera le risque d'avoir un rendement à long terme différent de celui du court terme et, donc, plus petite sera la valeur de la probabilité de perte du projet.

En plus, le résultat de l'étude des trois banques prises séparément est venu corroborer la nécessité du recours aux options réelles pour les projets qui connaissent une faible vitesse de retour du rendement de leurs actifs vers sa moyenne ou un écart type important.

De manière générale les options réelles sont les flexibilités de décisions des dirigeants. Cette flexibilité, qui n'est pas prise en compte dans le calcul de la VAN, découle de l'état et de la structure du marché, des outils de production, des compétences techniques, managériales et organisationnelles...etc. la méthode d'évaluation par les options réelles essaye de prendre en considération tous ces éléments. Cependant, l'évaluation d'un investissement, par les options réelles, est

exposée à une multitude de risques liés soit à l'utilisation d'un modèle inadapté soit à l'utilisation de mauvais intrants dans un modèle adapté.
Le choix des options et la détermination des moments opportuns pour leurs mises en jeu figurent parmi les difficultés lors de la méthode d'évaluation par les options réelles.
Par conséquent, l'identification d'une option est l'un des atouts majeurs pour cette méthode d'évaluation de projets. Le moment de mise en jeu dépend de l'analyse, des prévisions et des degrés des risques que peut tolérer les décideurs de l'investissement.

Enfin, les dirigeants des entreprises doivent se rappeler constamment que la valorisation des projets par les options réelles est un outil nécessaire mais pas suffisant pour la prise de décision dans l'évaluation des risques. Les visions des gestionnaires doivent leur permettre de bien cerner les différents risques éventuels pouvant toucher leurs projets et donc participer à une bonne conception des options réelles.
L'option de croissance et l'option de contraction font partie des situations que peuvent affronter les entreprises quotidiennement et dans cette étude nous avons envisagé un scénario de conjoncture favorable et un scénario de conjoncture défavorable pour déterminer l'option convenable.
Cependant, il existe des conjonctures pour lesquelles les gestionnaires et les financiers ont des visions différentes et même parfois opposées. La prise de position devient alors un souci qui nécessite, peut être, un autre type d'options qui incluront d'autres paramètres autres que ceux avec lesquels travaillé ce mémoire et qui seraient déterminés par la combinaison des paramètres existants aujourd'hui.

# ANNEXES

## *ANNEXE A1*

**A1/1 : Rendement de l'actif de huit banques entre 31 janvier 1988 et 31 janvier 2006**

| | rendement de l'actif (Rt) | $R_t$-$R_{t-1}$ |
|---|---|---|
| 31-janv-88 | 0.71 | |
| 30-avr-88 | 0.62 | -0.09 |
| 31-juil-88 | 0.76 | 0.14 |
| 31-oct-88 | 0.91 | 0.15 |
| 31-janv-89 | 0.93 | 0.02 |
| 30-avr-89 | 0.8 | -0.13 |
| 31-juil-89 | 0.82 | 0.02 |
| 31-oct-89 | -0.77 | -1.59 |
| 31-janv-90 | 0.87 | 1.64 |
| 30-avr-90 | 0.77 | -0.1 |
| 31-juil-90 | 0.67 | -0.1 |
| 31-oct-90 | 0.63 | -0.04 |
| 31-janv-91 | 0.68 | 0.05 |
| 30-avr-91 | 0.68 | 0 |
| 31-juil-91 | 0.69 | 0.01 |
| 31-oct-91 | 0.72 | 0.03 |
| 31-janv-92 | 0.7 | -0.02 |
| 30-avr-92 | 0.14 | -0.56 |
| 31-juil-92 | 0.42 | 0.28 |
| 31-oct-92 | 0.03 | -0.39 |
| 31-janv-93 | 0.51 | 0.48 |
| 30-avr-93 | 0.61 | 0.1 |
| 31-juil-93 | 0.59 | -0.02 |
| 31-oct-93 | 0.18 | -0.41 |
| 31-janv-94 | 0.66 | 0.48 |
| 30-avr-94 | 0.46 | -0.2 |
| 31-juil-94 | 0.61 | 0.15 |
| 31-oct-94 | 0.68 | 0.07 |
| 31-janv-95 | 0.66 | -0.02 |
| 30-avr-95 | 0.61 | -0.05 |
| 31-juil-95 | 0.7 | 0.09 |
| 31-oct-95 | 0.69 | -0.01 |
| 31-janv-96 | 0.75 | 0.06 |
| 30-avr-96 | 0.73 | -0.02 |
| 31-juil-96 | 0.73 | 0 |

| | | |
|---|---|---|
| 31-oct-96 | 0.7 | -0.03 |
| 31-janv-97 | 0.7 | 0 |
| 30-avr-97 | 0.67 | -0.03 |
| 31-juil-97 | 0.72 | 0.05 |
| 31-oct-97 | 0.74 | 0.02 |
| 31-janv-98 | 0.63 | -0.11 |
| 30-avr-98 | 0.68 | 0.05 |
| 31-juil-98 | 0.59 | -0.09 |
| 31-oct-98 | 0.39 | -0.2 |
| 31-janv-99 | 0.56 | 0.17 |
| 30-avr-99 | 0.62 | 0.06 |
| 31-juil-99 | 1 | 0.38 |
| 31-oct-99 | 0.65 | -0.35 |
| 31-janv-00 | 0.75 | 0.1 |
| 30-avr-00 | 0.72 | -0.03 |
| 31-juil-00 | 0.73 | 0.01 |
| 31-oct-00 | 0.66 | -0.07 |
| 31-janv-01 | 0.74 | 0.08 |
| 30-avr-01 | 0.75 | 0.01 |
| 31-juil-01 | 0.65 | -0.1 |
| 31-oct-01 | 0.48 | -0.17 |
| 31-janv-02 | 0.51 | 0.03 |
| 30-avr-02 | 0.53 | 0.02 |
| 31-juil-02 | 0.36 | -0.17 |
| 31-oct-02 | 0.37 | 0.01 |
| 31-janv-03 | 0.68 | 0.31 |
| 30-avr-03 | 0.47 | -0.21 |
| 31-juil-03 | 0.82 | 0.35 |
| 31-oct-03 | 0.77 | -0.05 |
| 31-janv-04 | 0.83 | 0.06 |
| 30-avr-04 | 0.89 | 0.06 |
| 31-juil-04 | 0.95 | 0.06 |
| 31-oct-04 | 0.83 | -0.12 |
| 31-janv-05 | 0.91 | 0.08 |
| 30-avr-05 | 0.82 | -0.09 |
| 31-juil-05 | 0.22 | -0.6 |
| 31-oct-05 | 0.75 | 0.53 |
| 31-janv-06 | 1.21 | 0.46 |

**A1/2 : Rendement de l'actif de la banque Nationale entre 31 janvier 1988 et 31 janvier 2006**

| | rendement de l'actif (Rt) | $R_t$-$R_{t-1}$ |
|---|---|---|
| 31-janv-88 | 0.47 | |
| 30-avr-88 | 0.72 | 0.25 |
| 31-juil-88 | 0.88 | 0.16 |
| 31-oct-88 | 0.86 | -0.02 |
| 31-janv-89 | 1.01 | 0.15 |
| 30-avr-89 | 0.84 | -0.17 |
| 31-juil-89 | 0.8 | -0.04 |
| 31-oct-89 | -2.08 | -2.88 |
| 31-janv-90 | 0.78 | 2.86 |
| 30-avr-90 | 0.7 | -0.08 |
| 31-juil-90 | 0.23 | -0.47 |
| 31-oct-90 | 0.19 | -0.04 |
| 31-janv-91 | 0.6 | 0.41 |
| 30-avr-91 | 0.57 | -0.03 |
| 31-juil-91 | 0.43 | -0.14 |
| 31-oct-91 | 0.45 | 0.02 |
| 31-janv-92 | 0.53 | 0.08 |
| 30-avr-92 | 0.32 | -0.21 |
| 31-juil-92 | -1.15 | -1.47 |
| 31-oct-92 | 0.38 | 1.53 |
| 31-janv-93 | 0.35 | -0.03 |
| 30-avr-93 | 0.41 | 0.06 |
| 31-juil-93 | 0.47 | 0.06 |
| 31-oct-93 | 0.39 | -0.08 |
| 31-janv-94 | 0.47 | 0.08 |
| 30-avr-94 | 0.49 | 0.02 |
| 31-juil-94 | 0.52 | 0.03 |
| 31-oct-94 | 0.5 | -0.02 |
| 31-janv-95 | 0.51 | 0.01 |
| 30-avr-95 | 0.49 | -0.02 |
| 31-juil-95 | 0.52 | 0.03 |
| 31-oct-95 | 0.49 | -0.03 |
| 31-janv-96 | 0.59 | 0.1 |
| 30-avr-96 | 0.57 | -0.02 |
| 31-juil-96 | 0.77 | 0.2 |
| 31-oct-96 | 0.58 | -0.19 |
| 31-janv-97 | 0.6 | 0.02 |
| 30-avr-97 | 0.56 | -0.04 |
| 31-juil-97 | 0.59 | 0.03 |
| 31-oct-97 | 0.57 | -0.02 |
| 31-janv-98 | 0.58 | 0.01 |

| | | |
|---|---|---|
| 30-avr-98 | 0.56 | -0.02 |
| 31-juil-98 | 0.56 | 0 |
| 31-oct-98 | 0.13 | -0.43 |
| 31-janv-99 | 0.56 | 0.43 |
| 30-avr-99 | 0.56 | 0 |
| 31-juil-99 | 0.56 | 0 |
| 31-oct-99 | 0.61 | 0.05 |
| 31-janv-00 | 0.63 | 0.02 |
| 30-avr-00 | 0.7 | 0.07 |
| 31-juil-00 | 0.67 | -0.03 |
| 31-oct-00 | 0.68 | 0.01 |
| 31-janv-01 | 0.73 | 0.05 |
| 30-avr-01 | 0.74 | 0.01 |
| 31-juil-01 | 0.76 | 0.02 |
| 31-oct-01 | 0.75 | -0.01 |
| 31-janv-02 | 0.75 | 0 |
| 30-avr-02 | 0.65 | -0.1 |
| 31-juil-02 | 0.14 | -0.51 |
| 31-oct-02 | 0.74 | 0.6 |
| 31-janv-03 | 0.88 | 0.14 |
| 30-avr-03 | 0.74 | -0.14 |
| 31-juil-03 | 0.82 | 0.08 |
| 31-oct-03 | 0.78 | -0.04 |
| 31-janv-04 | 0.89 | 0.11 |
| 30-avr-04 | 0.89 | 0 |
| 31-juil-04 | 0.79 | -0.1 |
| 31-oct-04 | 0.91 | 0.12 |
| 31-janv-05 | 1.04 | 0.13 |
| 30-avr-05 | 0.84 | -0.2 |
| 31-juil-05 | 0.78 | -0.06 |
| 31-oct-05 | 0.75 | -0.03 |
| 31-janv-06 | 0.81 | 0.06 |

**A1/3 : Rendement de l'actif de la banque Royale du Canada (RBC) entre 31 janvier 1988 et 31 janvier 2006**

| | rendement de l'actif (Rt) | $R_t$-$R_{t-1}$ |
|---|---|---|
| 31-janv-88 | 0.6 | |
| 30-avr-88 | 0.57 | -0.03 |
| 31-juil-88 | 0.72 | 0.15 |
| 31-oct-88 | 0.81 | 0.09 |
| 31-janv-89 | 0.97 | 0.16 |
| 30-avr-89 | 0.78 | -0.19 |
| 31-juil-89 | 0.82 | 0.04 |
| 31-oct-89 | -0.67 | -1.49 |
| 31-janv-90 | 0.93 | 1.6 |
| 30-avr-90 | 0.87 | -0.06 |
| 31-juil-90 | 0.73 | -0.14 |
| 31-oct-90 | 0.65 | -0.08 |
| 31-janv-91 | 0.71 | 0.06 |
| 30-avr-91 | 0.72 | 0.01 |
| 31-juil-91 | 0.78 | 0.06 |
| 31-oct-91 | 0.78 | 0 |
| 31-janv-92 | 0.75 | -0.03 |
| 30-avr-92 | 0.64 | -0.11 |
| 31-juil-92 | 0.33 | -0.31 |
| 31-oct-92 | -1.35 | -1.68 |
| 31-janv-93 | 0.7 | 2.05 |
| 30-avr-93 | 0.7 | 0 |
| 31-juil-93 | 0.61 | -0.09 |
| 31-oct-93 | 0.71 | 0.1 |
| 31-janv-94 | 0.71 | 0 |
| 30-avr-94 | 0.66 | -0.05 |
| 31-juil-94 | 0.67 | 0.01 |
| 31-oct-94 | 0.7 | 0.03 |
| 31-janv-95 | 0.74 | 0.04 |
| 30-avr-95 | 0.71 | -0.03 |
| 31-juil-95 | 0.71 | 0 |
| 31-oct-95 | 0.71 | 0 |
| 31-janv-96 | 0.76 | 0.05 |
| 30-avr-96 | 0.71 | -0.05 |
| 31-juil-96 | 0.7 | -0.01 |
| 31-oct-96 | 0.73 | 0.03 |
| 31-janv-97 | 0.69 | -0.04 |
| 30-avr-97 | 0.7 | 0.01 |
| 31-juil-97 | 0.7 | 0 |
| 31-oct-97 | 0.72 | 0.02 |
| 31-janv-98 | 0.71 | -0.01 |
| 30-avr-98 | 0.75 | 0.04 |
| 31-juil-98 | 0.72 | -0.03 |
| 31-oct-98 | 0.63 | -0.09 |
| 31-janv-99 | 0.52 | -0.11 |

| | | |
|---|---|---|
| 30-avr-99 | 0.69 | 0.17 |
| 31-juil-99 | 0.68 | -0.01 |
| 31-oct-99 | 0.69 | 0.01 |
| 31-janv-00 | 0.76 | 0.07 |
| 30-avr-00 | 0.86 | 0.1 |
| 31-juil-00 | 0.82 | -0.04 |
| 31-oct-00 | 0.81 | -0.01 |
| 31-janv-01 | 0.88 | 0.07 |
| 30-avr-01 | 0.78 | -0.1 |
| 31-juil-01 | 0.6 | -0.18 |
| 31-oct-01 | 0.75 | 0.15 |
| 31-janv-02 | 0.79 | 0.04 |
| 30-avr-02 | 0.77 | -0.02 |
| 31-juil-02 | 0.76 | -0.01 |
| 31-oct-02 | 0.7 | -0.06 |
| 31-janv-03 | 0.8 | 0.1 |
| 30-avr-03 | 0.72 | -0.08 |
| 31-juil-03 | 0.77 | 0.05 |
| 31-oct-03 | 0.74 | -0.03 |
| 31-janv-04 | 0.67 | -0.07 |
| 30-avr-04 | 0.73 | 0.06 |
| 31-juil-04 | 0.69 | -0.04 |
| 31-oct-04 | 0.48 | -0.21 |
| 31-janv-05 | 0.9 | 0.42 |
| 30-avr-05 | 0.85 | -0.05 |
| 31-juil-05 | 0.85 | 0 |
| 31-oct-05 | 0.44 | -0.41 |
| 31-janv-06 | 0.96 | 0.52 |

**A1/4 : Rendement de l'actif de la banque Toronto Dominion (TD) entre 31 janvier 1988 et 31 janvier 2006**

| | Rendement de l'actif (Rt) | $R_t$-$R_{t-1}$ |
|---|---|---|
| 31-janv-88 | 1.02 | |
| 30-avr-88 | 1.2 | 0.18 |
| 31-juil-88 | 1.03 | -0.17 |
| 31-oct-88 | 1.35 | 0.32 |
| 31-janv-89 | 1.28 | -0.07 |
| 30-avr-89 | 1.04 | -0.24 |
| 31-juil-89 | 1.09 | 0.05 |
| 31-oct-89 | 1.05 | -0.04 |
| 31-janv-90 | 1.04 | -0.01 |
| 30-avr-90 | 0.97 | -0.07 |
| 31-juil-90 | 0.83 | -0.14 |
| 31-oct-90 | 0.72 | -0.11 |
| 31-janv-91 | 0.73 | 0.01 |
| 30-avr-91 | 0.76 | 0.03 |
| 31-juil-91 | 0.68 | -0.08 |
| 31-oct-91 | 0.7 | 0.02 |
| 31-janv-92 | 0.67 | -0.03 |
| 30-avr-92 | 0.46 | -0.21 |
| 31-juil-92 | 0.57 | 0.11 |
| 31-oct-92 | 0.62 | 0.05 |
| 31-janv-93 | 0.01 | -0.61 |
| 30-avr-93 | 0.45 | 0.44 |
| 31-juil-93 | 0.48 | 0.03 |
| 31-oct-93 | 0.36 | -0.12 |
| 31-janv-94 | 0.74 | 0.38 |
| 30-avr-94 | 0.69 | -0.05 |
| 31-juil-94 | 0.67 | -0.02 |
| 31-oct-94 | 0.77 | 0.1 |
| 31-janv-95 | 0.69 | -0.08 |
| 30-avr-95 | 0.63 | -0.06 |
| 31-juil-95 | 0.85 | 0.22 |
| 31-oct-95 | 0.85 | 0 |
| 31-janv-96 | 0.82 | -0.03 |
| 30-avr-96 | 0.81 | -0.01 |
| 31-juil-96 | 0.75 | -0.06 |
| 31-oct-96 | 0.8 | 0.05 |
| 31-janv-97 | 0.78 | -0.02 |
| 30-avr-97 | 0.67 | -0.11 |
| 31-juil-97 | 0.75 | 0.08 |
| 31-oct-97 | 0.72 | -0.03 |
| 31-janv-98 | 0.68 | -0.04 |
| 30-avr-98 | 0.68 | 0 |
| 31-juil-98 | 0.57 | -0.11 |
| 31-oct-98 | 0.44 | -0.13 |

| | | |
|---|---|---|
| 31-janv-99 | 0.6 | 0.16 |
| 30-avr-99 | 0.68 | 0.08 |
| 31-juil-99 | 2.74 | 2.06 |
| 31-oct-99 | 1.55 | -1.19 |
| 31-janv-00 | 0.79 | -0.76 |
| 30-avr-00 | 0.06 | -0.73 |
| 31-juil-00 | 0.41 | 0.35 |
| 31-oct-00 | 0.4 | -0.01 |
| 31-janv-01 | 0.62 | 0.22 |
| 30-avr-01 | 0.53 | -0.09 |
| 31-juil-01 | 0.46 | -0.07 |
| 31-oct-01 | 0.48 | 0.02 |
| 31-janv-02 | 0.49 | 0.01 |
| 30-avr-02 | 0.2 | -0.29 |
| 31-juil-02 | -0.53 | -0.73 |
| 31-oct-02 | -0.26 | 0.27 |
| 31-janv-03 | 0.46 | 0.72 |
| 30-avr-03 | -0.35 | -0.81 |
| 31-juil-03 | 0.63 | 0.98 |
| 31-oct-03 | 0.68 | 0.05 |
| 31-janv-04 | 0.8 | 0.12 |
| 30-avr-04 | 0.66 | -0.14 |
| 31-juil-04 | 0.75 | 0.09 |
| 31-oct-04 | 0.78 | 0.03 |
| 31-janv-05 | 0.77 | -0.01 |
| 30-avr-05 | 0.72 | -0.05 |
| 31-juil-05 | 0.45 | -0.27 |
| 31-oct-05 | 0.63 | 0.18 |
| 31-janv-06 | 2.45 | 1.82 |

## *ANNEXE A2*

### Programme Visual Basic de la simulation Monte Carlo du rendement de l'actif et la VAN classique

```
Sub rend()
T = durée du projet
N = nombre de pas
dt = T / N
nbiter = nombre d'iteration
sig = sigma
mu = taux de rendement moyen
thêta = vitesse de retour vers le moyen
Inv = 0.0055 * A * 10 ^ 9 coût d'investissement
A = valeur de projet

For j = 1 To nbiter
rt = 0
For i = 1 To N
eps = Application.WorksheetFunction.NormSInv(Rnd)

rt = rt + theta * (mu - rt) * dt + (sigma * eps * Sqr(dt))
V = V + theta * (mu - rt) * V * dt + (sigma * eps * Sqr(dt) * V)

Next i
V = rt * A * 10 ^ 9
Range("rt2").Offset(j, 0) = rt
Range("deltaV1").Offset(j, 0) = V * Exp(-0.11)
Range("deltav2").Offset(j, 0) = V * Exp(-0.11) - inv

Next j
End Sub
```

## *ANNEXE A3*

**Programme Visuel Basic de l'arbre binomial de l'option de croissance**

```
Function optcroissance(ratioex, cex, T, S, Rf, N, sigma, Inv)

' ratioex est le ratio d'expansion du projet, 1,3 dans notre exemple, et cex sont les coûts encourus lors de cette opération, 3300000 $ dans notre exemple.

'Déclaration des variables et des vecteurs

Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim Smat() As Variant
ReDim Smat(N)
Dim Cash() As Variant
ReDim Cash(N)


'Calcul du pas, des probabilités et du taux d'actualisation

dt = T / N
u = Exp(sigma * Sqr(dt))
d = Exp(-sigma * Sqr(dt))
p = (Exp(Rf * dt) - d) / (u - d)
disc = Exp(-Rf * dt)

'Calcul des flux monétaires de V  à la fin de l'arbre

Smat(0) = S * (d ^ N)

For j = 1 To N
```

```
Smat(j) = Smat(j - 1) * (u / d)
Next j


'Calcul des flux monétaires de V  augmentée à la fin de l'arbre

For j = 0 To N
Cash(j) = Application.Max(ratioex * Smat(j) - cex, Smat(j))
Next j

Actualisation des flux de V augmentée
For i = N - 1 To 0 Step -1
For j = 0 To i
Cash(j) = disc * (p * Cash(j + 1) + (1 - p) * Cash(j))

On applique la règle d'exercice de l'option de croissance
Smat(j) = Smat(j) / d
Cash(j) = Application.Max(Cash(j), ratioex * Smat(j) - cex)

Next j
Next i
Valeur de la VAN augmentée avec option de croissance
optcroissance = Cash(0) - Inv
End Function
```

## *ANNEXE A4*

### Programme Visuel Basic de l'arbre binomial de l'option de contraction

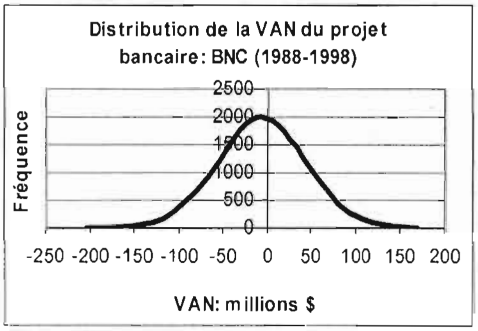
```
Function optcontract(ratioc, econ, T, S, Rf, N, sigma, Inv)

' ratioc est le ratio de contraction, 0,7 dans notre exemple et econ sont les
économies réalisées
en raison de la contraction, 15000000$ dans notre exemple.

'Déclaration des variables et des vecteurs

Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim Smat() As Variant
ReDim Smat(N)
Dim Cash() As Variant
ReDim Cash(N)

'Calcul du pas, des probabilités et du taux d'actualisation

dt = T / N
u = Exp(sigma * Sqr(dt))
d = Exp(-sigma * Sqr(dt))
p = (Exp(Rf * dt) - d) / (u - d)
disc = Exp(-Rf * dt)

'Calcul des flux monétaires de V  à la fin de l'arbre


Smat(0) = S * (d ^ N)

For j = 1 To N
Smat(j) = Smat(j - 1) * (u / d)
Next j

'Calcul des flux monétaires de la V  augmentée à la fin de l'arbre


For j = 0 To N
Cash(j) = Application.Max(ratioc * Smat(j) + econ, Smat(j))
Next j

Actualisation des flux de V augmentée
```

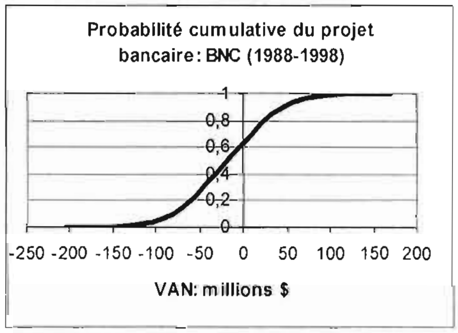
```
For i = N - 1 To 0 Step -1

For j = 0 To i
Cash(j) = disc * (p * Cash(j + 1) + (1 - p) * Cash(j))

On applique la règle d'exercice de l'option de contraction

Smat(j) = Smat(j) / d
Cash(j) = Application.Max(Cash(j), ratioc * Smat(j) + econ)

Next j

Next i

Valeur de la VAN augmentée avec option de contraction
optcontract = Cash(0) - Inv

End Function
```

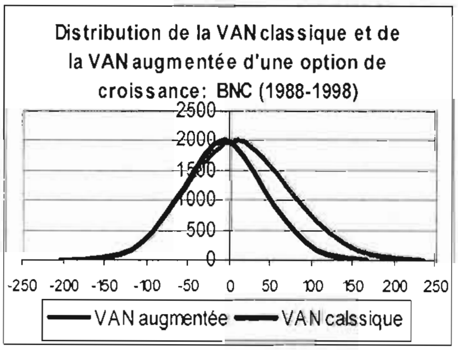
## *Annexe A5 :*

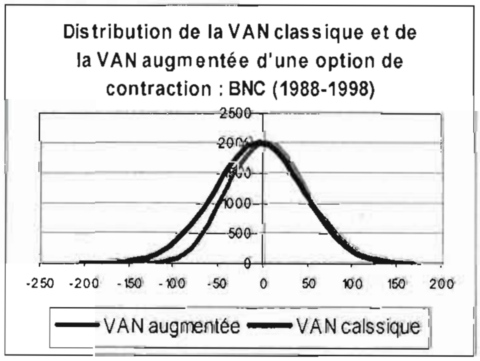
**A5/1 : Les résultats de la simulation pour la banque Nationale :**

**Période1 banque nationale**

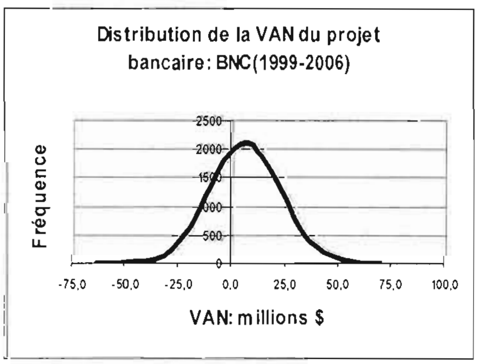


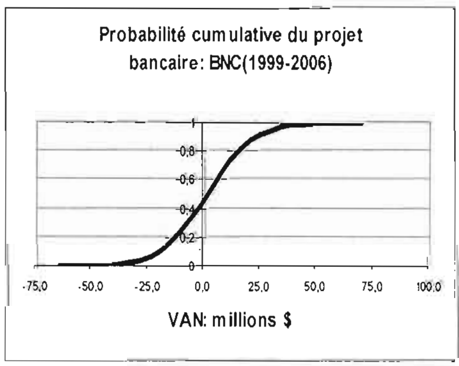



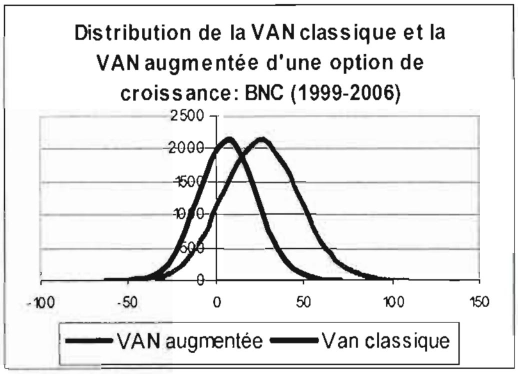



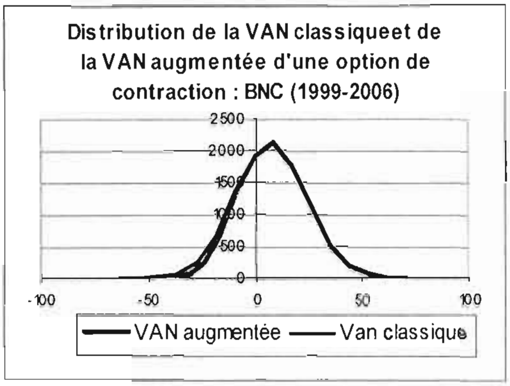




***Période2 banque nationale***



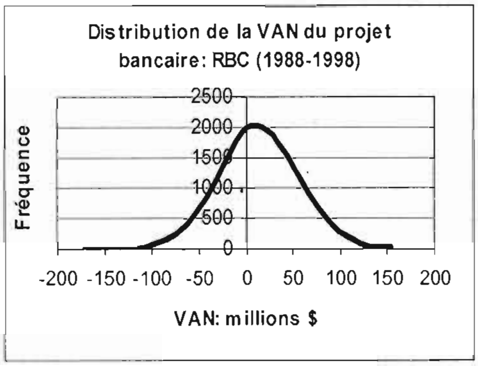



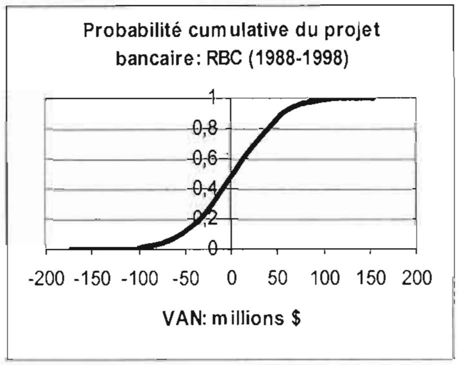

Distribution de la VAN classique et la VAN augmentée d'une option de croissance: BNC (1999-2006)
2500
2000
1500
1000
500
0
-100
-50
0
50
100
150
VAN augmentée
Van classique

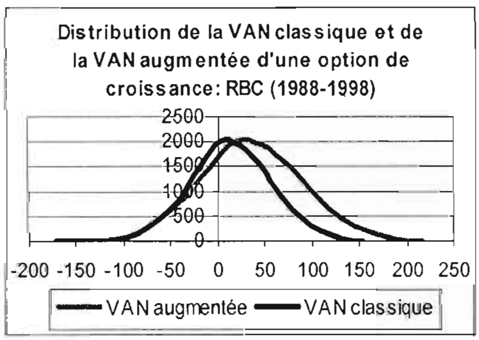

Distribution de la VAN classiqueet de la VAN augmentée d'une option de contraction : BNC (1999-2006)
2500
2000
1500
1000
500
0
-100
-50
0
50
100
VAN augmentée
Van classique

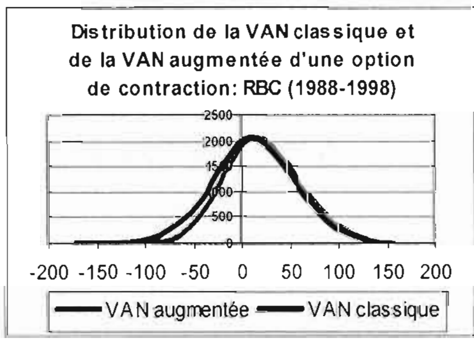
## A5/2 : Les résultats de la simulation pour la banque RBC :

### *Période1 La banque RBC*

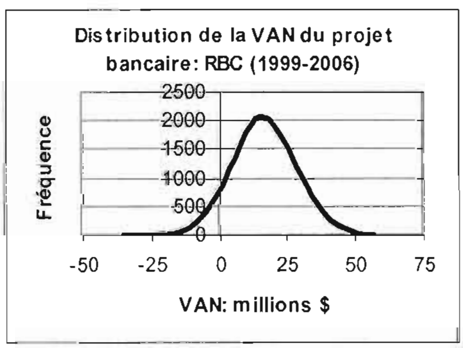


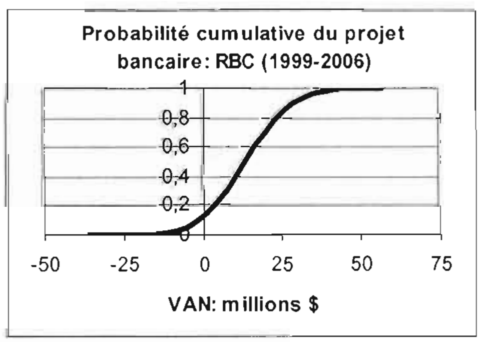



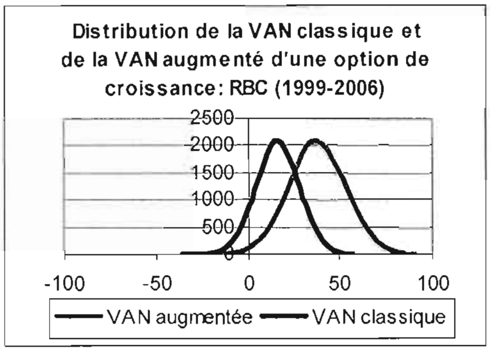



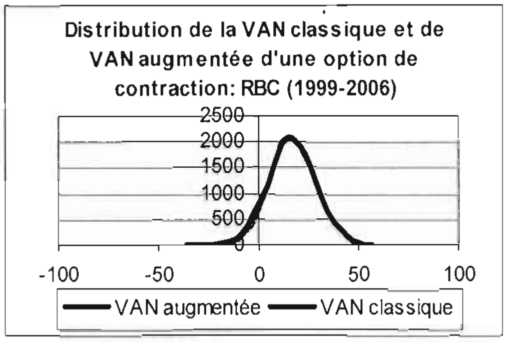




### *Période2 La banque RBC*



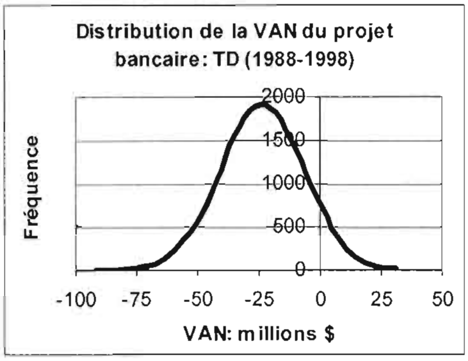



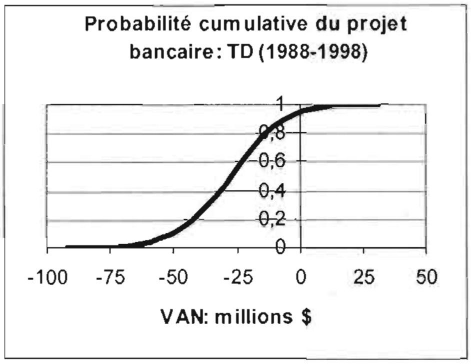

Distribution de la VAN classique et de la VAN augmenté d'une option de croissance: RBC (1999-2006)
2500
2000
1500
1000
500
0
-100
-50
0
50
100
VAN augmentée
VAN classique

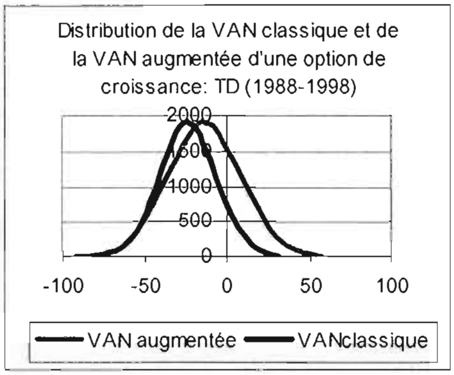

Distribution de la VAN classique et de VAN augmentée d'une option de contraction: RBC (1999-2006)
2500
2000
1500
1000
500
0
-100
-50
0
50
100
VAN augmentée
VAN classique

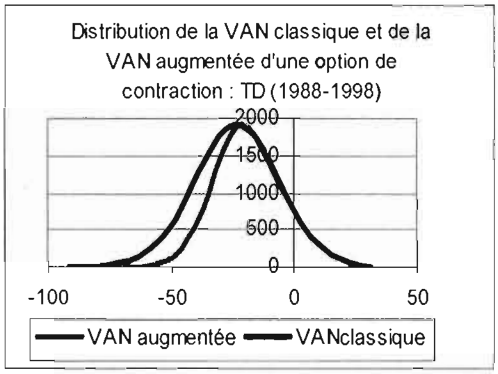
## A5/3 : Les résultats de la simulation pour la banque TD :

*<u>Période1 La banque TD</u>*

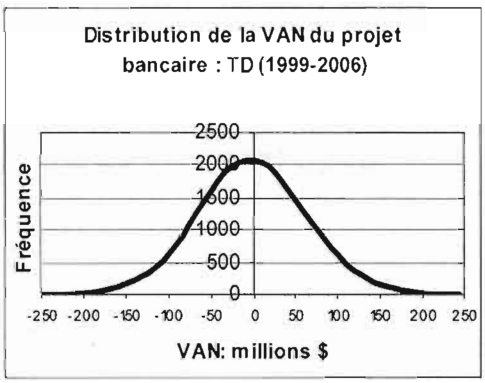


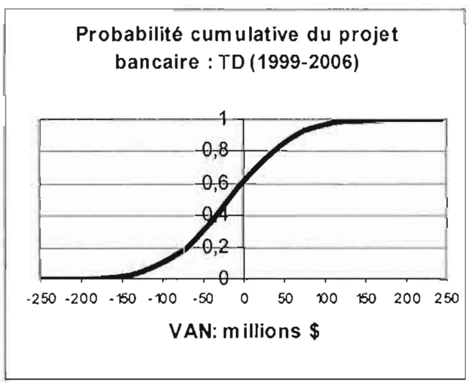



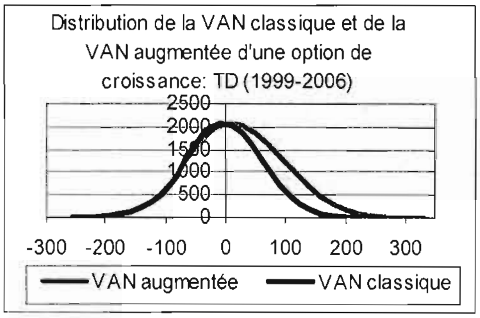



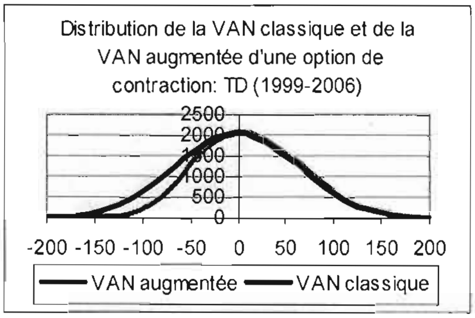




*<u>Période2 La banque TD</u>*




Distribution de la VAN classique et de la VAN augmentée d'une option de croissance: TD (1999-2006)
2500
2000
1500
1000
500
0
-300 -200 -100 0 100 200 300
VAN augmentée
VAN classique


Distribution de la VAN classique et de la VAN augmentée d'une option de contraction: TD (1999-2006)
2500
2000
1500
1000
500
0
-200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200
VAN augmentée
VAN classique

# BIBLIOGRAPHIE


Bellalah, M. (2000). '' Le choix des investissements et les options réelles : Une revue de la littérature, document de travail '' : Cahiers de Recherche en gestion, Université de Dauphine.

Boyole, P. P. (1977). '' Options : A Monte Carlo approach '' : Journal of Financial Economics, vol.4, pp. 323-338.

Black, F. (1976). '' The Pricing of commodity contracts '' : Journal of Financial Economics, March 3, pp. 167- 179.

Black, F. & M. Scholes (1973). ''The pricing of options and corporate liabilities'' : Journal of Political Economy, n° 81, May /Juin, 1973, pp. 637- 659.

Braouezec, Y. (2003). '' Les options réelles : investissement, structure du capital et risque de crédit'' : Paris, Economica.

Coën, A., G. Mercier et R. Théoret. (2004). '' Traité de finance corporative : Avec applications financière excel (visual basic) '' : Sainte foy : Presse de l'Université du Québec.

Coën A., R. Théoret. (2004). ''Vers une vision probabiliste du choix d'investissement : une application à la performance du secteur bancaire'' : Banque et marché, vol. 72, pp.32- 44.

Cox J.C. et S. Ross. ''The valuation of options for alternative stochastic processes'' : Journal of Financial Economics, vol. 3, 1976, pp. 145-166.

Cox J.C., Ross S. et M. Rubinstein (1979), '' Option pricing : A simplified approach '' : Journal of Financial Economics, vol 7, pp. 229-263.

Damodaran, A. (2000). ''Corporate finance: Theory and practice - 2nd édition '' Chapter 27: Real options in corporate finance, pp. 27-1; 27-96. http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/

Dixit, A. K. et R. S Pindyck (1994). '' Ivestment under uncertainty. Princeton : Princeton University Press''.

Dixit, A. K. et R. S Pindyck (1995). '' The options approach to capital investment '' : Harvard Business Review, May-June 1995, pp.105-115.

Goffin, R. '' Principes de finance moderne '' : Economica (1999).

Goffin R. (1994). ''L'application de la théorie des options au choix des investissements des entreprises '' : Banques et marchés, n°14, Juillet/Août 1994.

Kemna, A. (1993). '' Case Studies on Real Options '' Financial management, vol.22 n° 3, pp259-270.

Kester, W. C. (1984). '' To day's options for tomorrow's '' : Harvard Business Review, vol. 62, n°2, pp. 153 – 160.march/april

Khoury, N. et P. Larouche (1996). '' Options et contrats à terme '' : Québec: Presse de l'Université Laval.

Kulatilaka, N. (1988). '' Valuing the flexibility of flexible manufacturing systems'' : IEEE transactions in engineering management, vol 35, n°4, pp 250-257.

Kulatilaka, N. et S. Gary Marks. (1988). '' The straregie value of flexibility : reducing the ability to comptomise'' : American Economic Review, vol. 78, n°3, pp. 574 – 581.

Kulatilaka, N. (1995). " Operating flexibilities in capital budgeting : substituability and complementarity in real options " : In L. Trigeorgis (éd.), Real options in capital investment, praeger,chapitre 7.

Kulatilaka, N. & Lenos Trigeorgis, (1996). " The general flexibility to switch : real options revisited " : International Journal of Finance, vol. 2, pp 778-798.

Lautier (2001). " Les options réelles : Une idée séduisante – un concept utile et multiforme – un instrument facile à créer mais difficile à valoriser " : WP cereg, université Paris IX, mars

Majd S. & Pindyck R. (1987), " Time to build, option value, and investment decisions " : Journal of Financial Economics, pp 7-27.

Margrabe, W. (1978). " The value of an option to exchange one asset for another " : Journal of Finance, 1978

Mason S. et Merton R.C. (1985), "The role of contingent claims analysis in corporate finance " : In recent advances in corporate finance E.I. altman and M.G. Subrahmanyam (eds.), homewood, IL : Irwin, pp. 9-54

McDonald, R. et D. Siegel. (1985). " Investment and the valuation of firms when there is an option to shut down" : International Economic Review, vol.26, n°2, pp 331 – 349.

McDonald, R. et D. Siegel. (1986). " The value of waiting to invest " : Quarterly Journal of Economics, vol.101, n°4, pp. 707 – 728.

Merton, R. C. (1973). "Theory of rational option pricing" : Bell Journal of Economics and Management Science, vol. 4, n° 1, pp.141- 183.

Myers, R. C. (1976). " Option pricing when underlying stock returns are discontinuous" : Journal of Financial Economics, vol.3, pp. 125 – 144.

Paddock J., Siegel D. et Smith. (1988), " Option valuation of claims on physical assets : The case of offshore petroleum leases " : Quaterly Journal of Economics, pp 479-508.

Racicot, F. et R. Théoret (2000). "Traité de gestion de portefeuille" : Presses de l'Université du Québec, $3^{ième}$ édition.

Racicot, F.-É., R. Théoret. (2001). " Traité d'économétrie financière : Modélisation financière". Sainte Foy : Presse de l'Université du Québec.

Racicot, F.-É., R. Théoret. (2002). "Le calcul numérique en finance empirique et quantitative : Ingénierie financière et Excel (Visual Basic). Sainte Foy : Presse de l'Université du Québec".

Sharpe, William F.,(1964). " Capital asset prices : A theory of the market equilibrium under conditions of risk " : Journal of Finance, septembre, pp.425-442.

Théoret, R. (1999). " Traité de gestion bancaire " : Sainte foy : Presse de l'Université du Québec.

Théoret, R. (2005). : " Les options perpétuelles " : Université du Québec à Montréal. MIEO.

Triantis A.& Hodder J. " Valuing flexibility as a complex option " : Journal of Finance, n ° 2, juin 1990.

Trigeorgis, L. (1988). " A conceptual options framework for capital budgeting " : Advances in futures and options research, 3.

Trigeorgis, L. (1996) : " Real options : Managerial flexibility and strategy in ressource allocation" : Cambridge : The MIT Press.