

Valorisation des projets par les options réelles : évidences empiriques

Pr Mondher Cherif
Université de Reims. LAME¹
ISIAG Université Paris 12
Cherifmondher@yahoo.fr
Selima Atallah
Doctorante Université de Reims. LAME

Résumé

Cet article s'inscrit dans le cadre de la valorisation des projets d'investissement par les options réelles. En particulier, nous évaluons un projet de développement pharmaceutique par l'approche traditionnelle et par l'approche des options. Notre analyse porte d'une part sur le modèle de l'arbre de décision en ignorant l'option de croissance implicite dans le projet, et d'autre part sur un modèle binomial qui tient compte de l'option de croissance (projet d'extension).

Abstract

This paper contributes to the new approach of real option applications to value investment projects. In particular, we value a pharmaceutical development project by a traditional approach and by the option approach. This analysis is based on a decision tree model ignoring the growth option embedded in the project from one hand and on a binomial model which takes into account the growth option (extension project) from the other hand.

¹ cherifmondher@yahoo.fr

Mots clés: DCF, Flexibilité managériale, Incertitude, Options réelles, Valorisation.

INTRODUCTION

Les décisions d'investissement sont à la base de la réussite et de la croissance des entreprises. Précisément, les projets d'investissement, notamment les projets pharmaceutiques, sont caractérisés par des coûts d'investissements excessivement lourds, l'incertitude et un horizon d'investissement long. Ils doivent ainsi être évalués efficacement puisqu'ils affectent la valeur de l'entreprise. L'environnement compétitif et incertain nécessite une grande capacité d'adaptation aux changements et aux paramètres d'incertitude.

Dans cet article, on se propose de valoriser un projet de développement d'un médicament d'une entreprise pharmaceutique. On utilisera les techniques développées par David Kellogg et John M. Charnes dans leur article « Real Option Valuation for a Biotechnology Company, 2000 » pour évaluer un projet d'investissement d'une entreprise Tunisienne de l'industrie pharmaceutique. On se propose de valoriser un projet dont la phase de recherche est pratiquement absente, en d'autres termes, un projet caractérisé par un faible niveau d'incertitude.

Traditionnellement, la technique d'actualisation des cash-flows (notée DCF: Discounted Cash Flows) est la plus utilisée en matière de choix de projets d'investissement. Cette technique consiste à déterminer la Valeur Actuelle Nette (VAN) en actualisant les cash-flows futurs espérés au coût moyen pondéré du capital de l'entreprise. Cependant, le critère de la VAN dans le choix d'investissement est devenu critiquable. En effet, cette technique ne tient pas compte de la flexibilité du moment d'investissement ainsi que de la possibilité de réviser et d'adapter les décisions futures aux développements imprévisibles des marchés. La méthode d'actualisation des cash-flows a été donc étendue pour prendre en considération la flexibilité et le caractère dynamique de la décision d'investissement. Il conviendra à cette fin d'étudier les besoins des dirigeants des entreprises pour leur permettre d'adopter de nouveaux critères dans leurs décisions de choix d'investissement. Ainsi, une nouvelle approche d'évaluation des projets d'investissement a été développée. Cette approche tient compte de la flexibilité, de l'irréversibilité, de l'incertitude et du choix de la période d'investissement. C'est l'évaluation des projets d'investissements par les options réelles.

Dans la pratique, les managers ont trouvé plusieurs difficultés pour évaluer les opportunités d'investissements en R&D. Ces investissements sont difficiles à valoriser à cause de leur caractère incertain. En effet, d'une part, des actions correctives continues basées sur les nouvelles informations et qui sont au centre du succès de projets R&D doivent être établies quotidiennement; d'autre part, les estimations économiques quantitatives font l'objet d'une incertitude significative. Un projet de la sorte peut donc être divisé en des décisions séquentielles et étapes, avec la R&D comme première étape et une commercialisation future comme étape subséquente pour tenir compte des informations scientifiques nouvelles qui émergent au fur et à mesure que l'incertitude est résolue (Morris (1991)).

La théorie des options réelles tient compte du fait que la réalisation des cash-flows espérés peut différer de ce que les dirigeants prévoient dans leur analyse initiale de la VAN. La théorie des options réelles est bien adaptée dans des situations où l'incertitude concernant la rentabilité future d'un projet est élevée, tel est le cas des projets R&D. En effet, ces projets partagent souvent différentes sources d'incertitude : le temps d'achèvement du projet est incertain, les coûts futurs sont incertains et les revenus futurs sont aussi incertains.

Après un rappel de l'apport de la théorie des options réelles, nous présentons une brève description de l'analogie entre les options financières et les options réelles. Nous allons suivre le modèle d'options réelles de Kellogg et Charnes (2000) pour valoriser un projet d'investissement par étapes d'une société tunisienne de l'industrie pharmaceutique. Ce projet est caractérisé par l'absence de la phase de recherche². La littérature montre que les méthodes traditionnelles sont toujours valables pour valoriser les projets d'investissements caractérisés par l'absence d'incertitude. Cependant, Nous démontrons qu'il est toujours possible d'évaluer ce type de projets par la théorie des options réelles.

Le présent article est organisé comme suit : dans une seconde section, nous allons présenter brièvement les apports de la théorie des options réelles. Dans une troisième section, nous présentons les caractéristiques de l'entreprise pharmaceutique en question. Dans la quatrième section, la technique de l'arbre de décision et le modèle binomial qui fait appel à la présence d'une option de croissance seront présentés puis appliqués pour la valorisation de la dite société. Dans la cinquième section, nous fournissons les résultats et les conclusions de la valorisation.

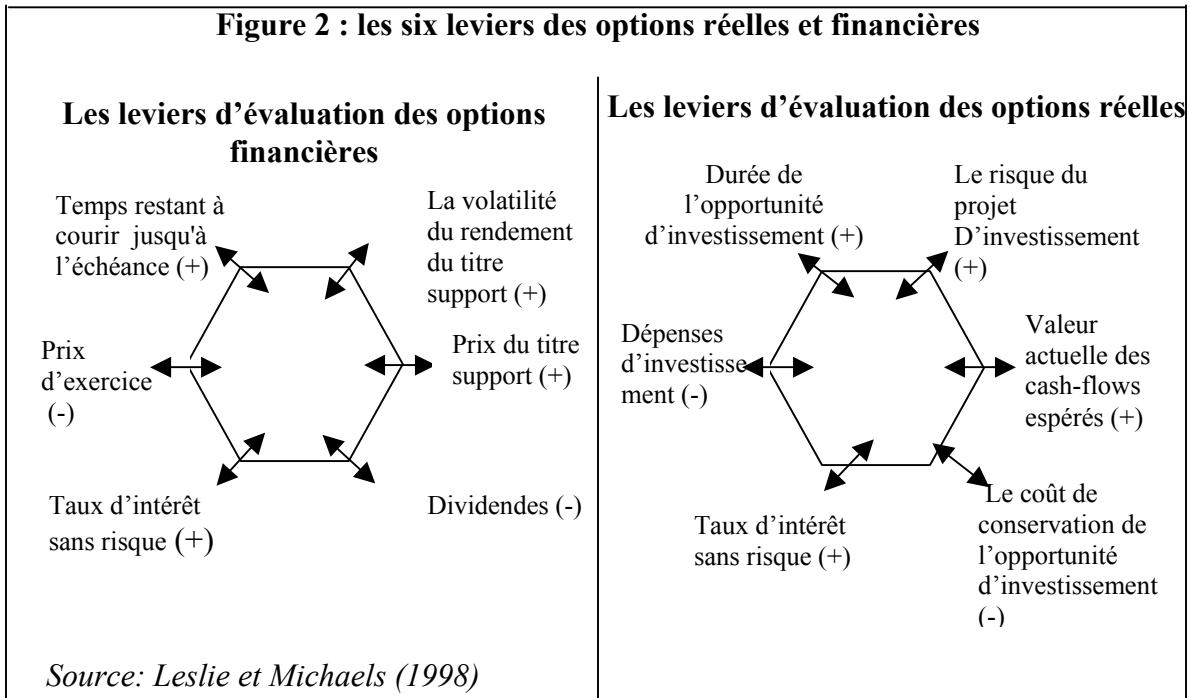
SECTION 2 : LA THEORIE DES OPTIONS REELLES

La méthode des options réelles s'est développée face aux insuffisances de la méthode de la valeur actuelle nette pour prendre en compte la dynamique des décisions d'investissement et plus particulièrement l'irréversibilité et la possibilité de différer un projet d'investissement (Dixit et Pindyck (1994), Trigeorgis (1996)). Ainsi, pour Dixit et Pindyck (1994), les méthodes d'évaluation traditionnelles des projets d'investissements sont inadéquates car elles supposent implicitement qu'il n'y a pas d'irréversibilité et que la décision d'investir doit se faire au moment où le projet se présente. La littérature sur les options réelles s'est alors développée pour intégrer la flexibilité et le caractère dynamique des projets d'investissement : incertitude sur les cash-flows, possibilité d'abandon, de report et d'échelonnement dans le temps de la décision d'investissement, irréversibilité de la dépense d'investissement.

Les recherches récentes insistent sur le fait que les entreprises possèdent des opportunités d'investir et doivent décider comment les exploiter d'une façon plus effective. Elles sont basées sur une analogie conceptuelle par référence à la théorie des options financières (Kester (1984)).

² Dans le cadre de l'industrie pharmaceutique, une phase de recherche est caractérisée par une forte incertitude. Sur des milliers de molécules faisant l'objet de recherches, uniquement une ou deux arrive à faire l'objet d'un médicament futur.

Figure 2 : les six leviers des options réelles et financières



Une entreprise avec une opportunité d'investir possède des similitudes avec une option d'achat financière (figure 2): elle a le droit et non l'obligation d'acheter un actif (principalement le droit des profits générés par le projet) à une date future. Lorsqu'une entreprise effectue une dépense d'investissement irréversible, elle exerce en effet son option d'achat. Donc, le problème d'exploitation de l'opportunité d'investissement repose sur la question suivante : comment l'entreprise exerce son option d'une façon optimale ?

Une option réelle d'achat donne à son détenteur le droit et non l'obligation d'entreprendre une action (différer, étendre, contracter, abandonner un projet), à un coût fixé à l'avance (le prix d'exercice), a ou avant une date déterminée (l'échéance ou la durée de l'option), (tableau 1).

Par exemple, posséder un gisement non exploité peut être assimiler à la détention d'une option réelle d'achat. L'actif réel est donc le gisement. Le droit associé à l'option est celui d'exploiter ce gisement. C'est une option d'achat car l'exploitation permet de s'approprier des revenus de l'actif réel. Son prix d'exercice est le coût à consentir pour initier la production. Le détenteur de l'option peut enfin décider la mise en exploitation à tout moment.

Tableau 1. Variables d'évaluation des options : Analogie entre une option d'achat sur actions et celle portant sur une décision d'investissement (option réelle)

Opportunité d'investissement	Variable	Option d'achat financière
Valeur actuelle des cash-flows espérés de l'opportunité d'investissement	S	Prix du titre support
Dépenses d'investissement exigées	X	Prix d'exercice
Durée de l'opportunité d'investissement	t	Temps restant à courir jusqu'à l'échéance
Le taux d'intérêt	r	Le taux d'intérêt sans risque
Le risque du projet d'investissement	σ	La volatilité du rendement du titre support
Le coût de conservation de l'opportunité d'investissement	δ	Les dividendes des actions

Source : Luerhman (1998)

Le rôle de l'analyse par les options réelles est de déterminer la valeur actuelle des opportunités futures. Elle commence par reconnaître que la plupart des opportunités des projets sont composées de séries d'options managériales: les décisions d'investir peuvent être différées, les activités peuvent être arrêtées temporairement ou définitivement et les entrées peuvent être transférées, etc. Ensuite, en utilisant les modèles d'évaluation des options, il est possible de quantifier ces opportunités et de déterminer la date à laquelle ces options doivent être exercées d'une façon optimale.

SECTION 3 : LES DONNEES DE L'ETUDE EMPIRIQUE

Notre étude empirique portera sur une entreprise de l'industrie pharmaceutique qui fabrique et vend des produits sous licence et des produits génériques³ sous forme sèche et sous forme liquide. La part de marché de cette entreprise dans ce secteur est de l'ordre de 5%. Cette part de marché est relativement sensible aux risques d'entrée de nouveaux fabricants locaux et affectent en conséquence le chiffre d'affaires de l'entreprise. L'entreprise vend sur le marché une gamme de produits diversifiés qui sera enrichie par la suite à travers la concrétisation de l'introduction de nouveaux produits. Prochainement, parmi plusieurs autres projets, elle compte élargir sa gamme de produits sous forme sèche pour introduire un nouveau produit sous la même forme qui constituera donc son opportunité de croissance future. Ce produit sera un concurrent d'un autre produit déjà vendu sur le marché.

Cette entreprise a été constituée en 1992. Le démarrage de la production a commencé en 1996. Le projet d'investissement en question est divisé entre deux activités : une activité

³ Un médicament générique est un médicament dont la formule est tombée dans le domaine public et qui est vendu sous sa dénomination commune à un prix inférieur à celui de la spécialité correspondante.

principale de produits sous forme liquide et une activité (opportunité de croissance future) de produits sous forme sèche. Chaque activité peut être divisée en deux principales phases, une phase de développement qui dure sept années et une phase de commercialisation qui dure treize années. Le projet principal a débuté en 2002 et se poursuivra jusqu'à 2021. Le projet d'extension démarrera en 2005 et se terminera en 2024. La durée du projet est donc de 23 ans.

Le développement d'un nouveau médicament est un investissement risqué. Les entreprises de l'industrie pharmaceutique doivent choisir attentivement les composants nécessaires entraînant des coûts de développements lourds pour fabriquer et lancer un produit nouveau sur le marché. Le processus de développement est composé de plusieurs étapes à travers lesquelles l'entreprise est appelée à convaincre les autorités gouvernementales de sa capacité de fabriquer une forme efficace et sécurisante du produit. A la fin de chaque étape, la firme utilise les informations disponibles sur le marché pour décider de continuer ou abandonner le projet.

En Tunisie, le produit qui atteint le marché passe à travers deux phases : une phase de développement et une phase de commercialisation. Puisque les entreprises tunisiennes fabriquent uniquement des produits génériques et sous licence, la phase de recherche est pratiquement inexistante. La phase de développement est composée des étapes suivantes :

Phase 1. Pré formulation. Les biologistes étudient les composants chimiques, la stabilité, la sensibilité à la température et les aspects physiques du nouveau produit.

Phase 2. Formulation. Ils analysent ensuite les composants qui entrent dans la composition du produit.

Phase 3. Essais cliniques. Les chimistes et les biologistes étudient les composants chimiques de l'ingrédient actif, sa stabilité, sa sensibilité à la température et ses aspects physiques. Ensuite, ils analysent les différents types de matières premières qui entrent dans la composition du médicament. Ils vérifient l'existence des matières nécessaires pour la fabrication. Ils étudient ensuite la nécessité d'un besoin d'investissement supplémentaire.

Phase 4. Validation. Elle consiste à valider après plusieurs essais le choix de la méthode du dosage suivi dans les étapes précédentes.

Phase 5. Stabilité. Le test de la stabilité du médicament aux agressions climatiques permet la détermination de la date d'expiration du médicament.

Phase 6. Approbation. Une fois que les étapes précédentes sont accomplies, les résultats seront envoyés au ministère de la santé publique pour approbation. Ce dernier contrôle la qualité chimique et physique du médicament, les effets thérapeutiques et la sécurité générale du produit. En même temps, l'entreprise envoie la documentation nécessaire au ministère de l'industrie pour la fixation du prix du médicament nouveau. Si les autorités donnent leur approbation, le produit pourra donc être manufacturé et lancé sur le marché.

Phase 7. Post approbation. Les recherches complémentaires telles que les modifications du dosage pour une certaine catégorie d'âges tels que les enfants sont conduites durant le stade de post approbation.

SECTION 4 : METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Dans notre étude, nous allons appliquer le modèle de Kellogg & Charnes pour la valorisation d'un projet d'investissement pharmaceutique. Cette analyse porte d'une part sur le modèle de l'arbre de décision en ignorant l'option de croissance implicite dans le projet, et d'autre part sur un modèle binomial qui tient compte de l'option de croissance (projet d'extension).

Kellogg et Charnes ont évalué une entreprise biotechnologique « Agouron » à travers deux méthodes d'évaluation, une méthode basée sur l'arbre de décision et une autre basée sur les options réelles (modèle binomial). Ils commencent par présenter un aperçu sur le processus de développement d'un médicament. Ce processus consiste à ce que les médicaments passent à travers plusieurs étapes de développement avant d'être commercialisés sur le marché, à savoir : l'étape de découverte, l'étape pré clinique, les essais cliniques I, II et III et l'étape d'approbation. Le passage d'une étape à une autre est basé sur la probabilité de succès de chaque étape.

A la fin du processus de développement, si le produit est lancé sur le marché, il appartiendra à l'une des cinq catégories de qualité suivantes :

1. Médiocre, 10%
2. En dessous de la moyenne, 10%
3. Moyenne, 60%
4. Au dessus de la moyenne, 10%
5. Supérieure, 10%

En suivant les travaux de Myers et Howe (1997), les auteurs font des hypothèses sur les coûts de développements, les probabilités de succès et la rentabilité du nouveau médicament. Ils ont attribué une probabilité de 60% pour un produit de qualité moyenne et une probabilité de 10% pour les quatre autres catégories de qualité. Les probabilités associées sont importantes parce que la qualité a une influence capitale sur les revenus espérés.

Les auteurs assument que le cycle de vie du produit s'éteint juste avant l'expiration de la patente. En effet, les revenus ne sont plus pertinents au delà de cette date car les versions génériques du produit sur le marché entraînera une baisse des revenus.

I. Modèle de l'arbre de décision

Le processus de développement d'un produit pharmaceutique est composé de plusieurs étapes. A la fin de chaque étape, une décision doit être prise : passer à l'étape suivante, ou abandonner le projet. Ce processus peut être formulé par un arbre de décision qui rassemble toutes les décisions prises. Un arbre de décision représente explicitement une séquence de décisions (caractérisées par des nœuds de décisions) et des événements de probabilités incontrôlables qui représentent les probabilités de succès et d'échec de passage à l'étape suivante (Shapira (1995)).

L'arbre de décision illustré dans la figure 3 présente le processus de développement d'un médicament. Sur ce schéma, les nœuds représentent les choix, et les séquences entre les nœuds, les délais. L'arbre montre qu'il s'agit d'un processus de décision à plusieurs étapes, celles-ci allant de la phase de pré formulation jusqu'au lancement. La première décision à prendre est de poursuivre ou non le projet après la synthèse des ingrédients. En cas de réussite, la société doit encore décider si elle continue avec la deuxième étape, et ainsi de suite. Les formules sur les feuilles de l'arbre représentent la valeur actualisée nette probable des revenus d'exploitation, associée à chaque possibilité.

La conception du projet va donc être représentée par un arbre de décision et le critère de choix devient donc la maximisation de la Valeur Actuelle Nette Espérée (ENPV) à travers l'arbre. Cette valeur est déterminée par une procédure récursive qui consiste à commencer la résolution de l'arbre à partir des nœuds terminaux et en parcourant l'arbre jusqu'à l'instant initial.

Ce modèle détermine la ENPV du produit pharmaceutique sans tenir compte des options de croissance.

La ENPV est calculée comme suit :

$$ENPV = \sum_{i=1}^7 \rho_i \sum_{t=1}^T \frac{DCF_{it}}{(1+r_d)^t} + \rho_7 \sum_{j=1}^5 q_j \sum_{t=1}^T \frac{CCF_{jt}}{(1+r_c)^t} \quad (1)$$

Avec :

i : un indice qui représente les différentes étapes de développement du produit depuis la pré formulation jusqu'à l'étape de post approbation;

ρ_i : est la probabilité que l'étape i est la dernière étape du produit en d'autres termes c'est la probabilité d'échec de l'étape i sachant que toutes les étapes précédentes étaient réussies ;

T : est le moment qui indique l'instant où tous les cash-flows futurs deviennent nuls;

DCF_{it} : est le cash-flow espéré de l'étape de développement à l'instant t sachant que l'étape i correspond à la fin de l'étape;

r_d : est le taux d'actualisation des cash-flows pour l'étape de développement;

j : est un indice de qualité du produit pharmaceutique allant de 1 à 5;

q_j : est la probabilité que le produit est de qualité j ;

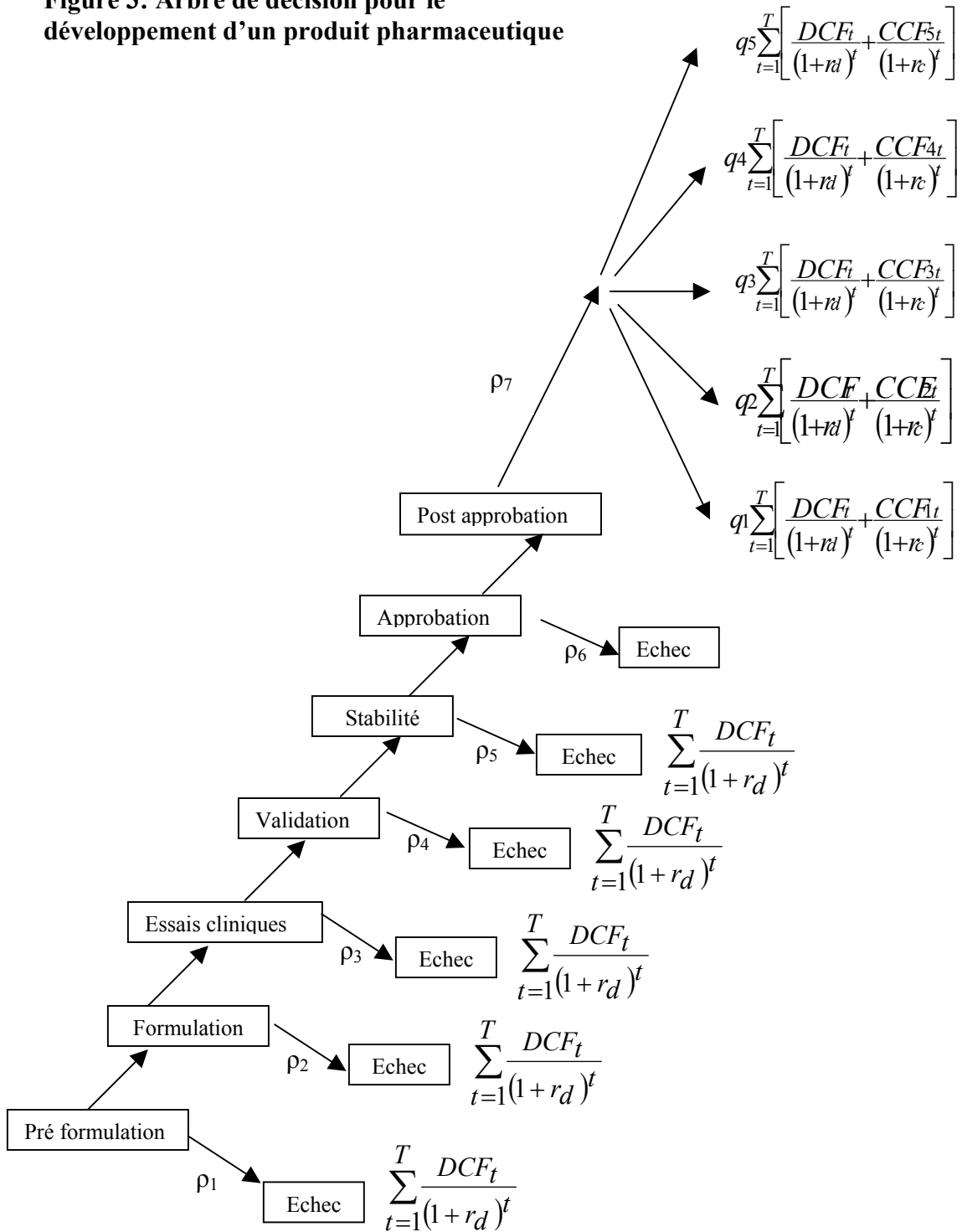
r_c : est le taux d'actualisation des cash-flows correspondant à l'étape de commercialisation;

CCF_{jt} : est le cash-flow espéré de l'étape de commercialisation à l'instant t pour un produit de qualité j .

Cette méthode d'évaluation possède plusieurs avantages. En effet, elle est facile à construire puisqu'à partir d'un produit, il ne pourrait exister que 11 points potentiels de résultats. De plus, elle inclut la notion d'abandon puisque le projet de développement d'un produit pharmaceutique peut être abandonné à n'importe quel instant. Elle offre aussi le potentiel de cinq scénarios de résultats positifs.

Cependant, la méthode de l'arbre de décision est limitée par le fait que les options de croissance sont ignorées.

Figure 3: Arbre de décision pour le développement d'un produit pharmaceutique



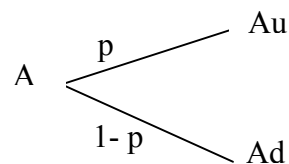
II. Modèle binomial

Etant donné que la méthode de l'arbre de décision ignore la flexibilité managériale liée au projet pharmaceutique, nous allons donc essayer de le considérer comme étant une option réelle de croissance pour tenir compte de cette flexibilité. L'entreprise pourrait étendre son activité pour produire et vendre un autre produit sous une autre forme. Cette nouvelle opportunité d'investissement prend la forme d'une option de croissance qui pourrait être évaluée par la méthode binomiale de valorisation des options financières de Cox, Ross et Rubinstein (1979). L'option de croissance est représentée par un second arbre binomial pour la phase d'extension et dont la valeur au moment du lancement du produit principal est ajoutée à la dernière branche du projet principal de l'arbre binomial. Cette approche tient compte de certains éléments d'évaluations de décisions périodiques par la méthode binomiale décrite par Amram & Kulatilaka (1998) et celles de Kellogg & Charnes (2000). Le point central de ce modèle est la formation d'un portefeuille sans risque dans le but de simplifier les calculs et éviter la détermination d'une prime de risque liée au taux d'actualisation.

La valeur actuelle de l'actif sous jacent est déterminée par référence à la valeur actualisée des cash-flows espérés de commercialisation, soit :

Valeur actuelle de l'actif :
$$A = \sum_{j=1}^5 q_j \sum_{t=1}^T \frac{CCF_{jt}}{(1+r_c)^t} \quad (2)$$

Le modèle binomial suppose que le prix de l'actif sous jacent peut être approché par un processus binomial selon lequel, à chaque intervalle de temps, le prix de l'actif peut prendre uniquement deux valeurs : soit une évolution à la hausse notée par u (*up movement*) pour prendre la valeur A_u , soit une évolution à la baisse notée par d (*down movement*) pour prendre la valeur A_d et éventuellement avec une certaine probabilité. L'évolution binomiale du prix de l'actif support A pour une période s'écrit donc de la manière suivante :



p : représente la probabilité associée à la hausse du prix du support;
 $(1-p)$: représente la probabilité associée à la baisse du prix du support.

Il est possible de construire un arbre binomial à n périodes pour décrire l'évolution des prix de l'actif A. A la fin de la seconde période, il existe trois résultats possibles : A_{uu} , A_{ud} et A_{dd} . Le processus de considération de toutes les combinaisons possibles de mouvements à la hausse et à la baisse de l'actif pour chaque période est poursuivi jusqu'à la $n^{\text{ième}}$ période.

La valeur de l'option suit aussi un processus binomial. Elle est définie par la formule suivante : $C = \text{Max}(S-E, 0)$; où S (Au ou Ad) est le prix de l'actif à l'échéance et E est le prix d'exercice de l'option. La valeur de l'option à l'instant 0 dans le cadre du modèle binomial à une seule période est donnée par la formule suivante :

$$C = [pC_u + (1-p)C_d] / (1+r) \quad (3) \quad \text{Dans le cadre d'un modèle discret;}$$

$$C = [pC_u + (1-p)C_d] / e^r \quad (4) \quad \text{Dans le cadre d'un modèle en temps continu.}$$

p : est la probabilité risque neutre associée à une hausse du prix de l'actif.

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$$

Cette égalité est relative à un modèle binomial multi périodique où chaque intervalle de temps est égal à Δt .

r : est le taux d'intérêt sans risque;

C_u et C_d représentent respectivement les valeurs de l'option à la hausse et à la baisse

avec : $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$ et $d = 1/u$.

La détermination de la valeur de l'option de croissance exige donc l'élaboration de deux arbres binomiaux associés respectivement à l'actif sous jacent et à l'option de croissance. Les principales considérations de ce modèle d'option de croissance sont donc: la valeur actuelle de l'actif support (donnée par l'équation (2)), l'écart type de l'actif σ , le taux d'intérêt sans risque r, le prix d'exercice E, le temps T (T désigne l'échéance de l'option que l'on divise en n intervalles de longueur Δt), et la probabilité de passer à la phase suivante de développement.

La deuxième étape consiste à déterminer la valeur de l'option de croissance. L'idée de base est que la dépense engagée dans la phase de développement constitue l'équivalent de l'acquisition d'une option d'achat sur le produit pharmaceutique dans les étapes ultérieures. L'opportunité d'investissement dans le développement du produit est similaire à une option d'achat qui donne le droit et non l'obligation à l'investisseur d'exercer l'option ou encore entreprendre le développement du produit. Il existe donc deux options : celle relative à l'investissement initial et celle relative à l'extension du projet : Option initiale et Option de croissance. Les hypothèses de l'option de croissance sont identiques à l'option initiale. La valeur de cette option de croissance au moment du lancement du produit va être ajoutée à chacun des valeurs possibles de A ou encore E_k au niveau des différents nœuds de l'arbre.

Lorsque l'arbre binomial est déterminé, il est possible de calculer les différentes valeurs possibles de l'option et de procéder d'une façon récursive à partir de l'échéance et jusqu'à l'instant initial. Les différentes valeurs sont calculées comme suit :

$$P_k = \text{Max}[E_k(\theta_t) - DCF_t, 0] \quad (5)$$

Avec :

θ_t : la probabilité de continuer jusqu'à l'année suivante;

DCF_t : l'investissement de l'année t en phase de développement.

Les valeurs P_k sont alors calculées par la procédure récursive en multipliant les valeurs adjacentes telles que P_1 et P_2 (notée $V_{t+1,k}$ et $V_{t+1,k+1}$) par les probabilités neutre au risque respectives p et $1-p$, la probabilité de continuer jusqu'à l'année prochaine et le facteur d'actualisation pour obtenir $V_{t,k}$.

Lorsque la procédure récursive est appliquée, les prix des options sont ajustés pour prendre en compte la probabilité de réussite de cette étape et le coût de développement de l'année en question. Les prix des options sont calculés par la formule suivante :

$$V_{t,k} = \text{Max} \left[\left(pV_{t+1,k} + (1-p)V_{t+1,k+1} \right) \theta_t e^{-r\sqrt{\Delta t}} - DCF_t \right] \quad (6)$$

Ce processus est donc poursuivi jusqu'à la valeur $V_{1,1}$ qui représente la valeur de l'option.

III. Hypothèses du modèle

Kellogg et Charnes ont développé un modèle qui offre la possibilité de valoriser d'autres entreprises biotechnologiques similaires. Cependant, pour notre part, nous allons valoriser une entreprise pharmaceutique caractérisée par l'absence de la phase de recherche. Cette principale différence entre la société « Agouron » et la société tunisienne pharmaceutique exige des ajustements au niveau des hypothèses de valorisation. En effet, les coûts de développement de chaque étape, les probabilités de succès de chaque étape et les revenus générés de la commercialisation du produit seront affectés. Les données fournies par Myers et Howe (1997) qui étaient utilisées pour la valorisation de « Agouron » sont aussi consultées dans le présent travail. Les rapports d'analyse fournis par l'entreprise tunisienne sont aussi utilisés pour pouvoir obtenir une évaluation rigoureuse de la dite société.

Nous supposons qu'il existe une probabilité associée à la qualité du produit pharmaceutique lancé sur le marché. En d'autres termes, le médicament a 60% de chance d'être d'une qualité moyenne et 10% de chance d'être dans les quatre autres catégories de qualité au dessus et en dessous de la moyenne. Eventuellement le revenu de produit sera affecté par cette probabilité comme l'indique le tableau 2:

Tableau 2 : Probabilités associées à la qualité du produit

Qualité	Probabilité associée⁴	Revenues⁵ (en M DT)
Médiocre	10%	848,800
En dessous de la moyenne	10%	1 697,600
Moyenne	60%	2 122
Au dessus de la moyenne	10%	2 970,800
Supérieure	10%	4 244

Le choix des différents états de la nature est justifié par la forte fluctuation des prix des médicaments et par l'incertitude associée à la demande du produit.

En tenant compte du fait que l'entreprise commercialise des produits sous licence et générique⁶, la probabilité d'échec des différentes étapes de développement est relativement faible. Nous supposons donc que la probabilité de succès de l'étape de pré formulation et de formulation est de l'ordre de 95%. Le risque d'erreur du choix de la formule et l'incompatibilité des ingrédients sont supposés égal à 5%. La probabilité de succès des étapes de contrôle, de validation et de stabilité est considérée être de l'ordre de 85%. Celle de l'étape d'approbation est de 90%.

Les coûts de développement, la durée et les probabilités conditionnelles de succès des différentes étapes sont représentés dans le tableau suivant :

⁴ Source : le modèle de Kellogg et Charnes (2000)

⁵ Données fournies par la société pharmaceutique Tunisienne

⁶ Un médicament générique est un médicament dont la formule est tombée dans le domaine public et qui est vendu sous sa dénomination commune à un prix inférieur à celui de la spécialité correspondante.

Tableau 3 : Coûts de développement, durée et probabilités conditionnelles de succès des différentes étapes de développement du produit

Etapes	Coût total annuel (en MDT) ⁷		Durée (Nombre d'années)	Probabilité conditionnelle de succès
	Projet principal	Projet d'extension		
Pré formulation	474 274	70 932	1	95%
Formulation	503 669	92 228	1	95%
Essais cliniques	517 111	107 155	1	85%
Validation	416 378	115 190	1	85%
Stabilité	588 464	124 650	1	85%
Approbation	890 836	133 570	2	90%
Post approbation	109 268	6 275	5	100%

SECTION 5 : RESULTATS ET CONCLUSION

Dans cette section, nous présentons, dans une première partie, la valeur du projet par le modèle de l'arbre de décision sans tenir compte de l'opportunité de croissance future. Dans une seconde partie, nous présentons la valeur du projet basée sur l'approche des options réelles en tenant compte de l'opportunité de croissance future.

I. Résultats

Modèle de l'arbre de décision

Nous avons estimé la valeur du projet principal en adoptant l'approche suivie par Kellogg et Charnes. Cette méthode d'évaluation ne tient pas compte de l'option de croissance qui pourrait être réalisée. Le tableau présenté ci dessous présente la ENPV calculée sans tenir compte de la flexibilité managériale. Cette valeur est égale à 898,344 MDT.

⁷ Le coût annuel des différentes étapes de développement du produit a été fourni par l'entreprise en question.

Tableau 4 : Résultats du modèle de l'arbre de décision

Etapes	i	j	(1)	(2)	(3)	(4)	((4)-(3))
			ρ_i	q_i	$\sum_{t=1}^T \frac{DCF_t}{(1+r)^t}$	$\sum_{t=1}^T \frac{CCF_{jt}}{(1+r)^t}$	x (1) x (2)
Pré formulation	1		5,0%		434,819		-21,741
Formulation	2		4,8%		858,172		-41,192
Essais cliniques	3		13,5%		1256,664		-169,650
Validation	4		11,5%		1550,837		-178,346
Stabilité	5		9,8%		1932,003		-189,336
Approbation	6		5,5%		2461,021		-135,356
Post approbation	7		49,9%				
Médiocre		1		10%	2461,021	2 174	-14,322
En dessous de la moyenne		2		10%	2461,021	4 348	94,160
Moyenne		3		60%	2461,021	5 403	880,829
Au dessus de la moyenne		4		10%	2461,021	7 577	255,287
Supérieure		5		10%	2461,021	10 838	418,011
ENPV =							898,344

Modèle binomial

Nous allons présenter dans ce qui suit la valeur du projet principal et celle du projet d'extension en suivant les travaux de Kellogg et Charnes pour leurs utilisations du modèle binomial tout en tenant compte de l'option de croissance.

Les données nécessaires pour l'application de cette méthode sont les suivantes :

- La valeur actuelle de l'actif A. Cette valeur est déterminée par l'actualisation de la valeur des cash-flows espérés de la commercialisation. Elle est égale à 5 736 MDT.
- L'écart type de la valeur de l'actif, $\sigma = (1/\ell) \ln(h/A)$, où ℓ est le nombre de périodes de l'arbre binomial et h est la valeur actuelle d'un médicament de qualité supérieure au moment du lancement.
- Le taux d'intérêt sans risque r.
- Le montant et le moment des prix d'exercice ou encore le coût d'entrée au stade suivant de développement.
- Les probabilités de passage à l'étape suivante.

Tableau 5 : Données nécessaires pour la détermination de la valeur de l'option

Valeur actuelle de l'actif sous jacent A	5 736 M DT
Ecart type de la valeur de l'actif	22 %
Taux d'intérêt sans risque	7.18 %
Mouvement à la hausse	1.30
Mouvement à la baisse	0.77
Probabilité neutre au risque associée au mouvement à la hausse	0.58
Probabilité neutre au risque associée au mouvement à la baisse	0.42

Ce modèle tient compte clairement du fait que l'entreprise peut abandonner le projet à n'importe quel moment si la valeur de l'option est inférieure au coût de passage à l'étape suivante. Cependant, Kellogg et Charnes affirment que la valeur de lancement du médicament même s'il est de qualité médiocre est grande relativement au prix de poursuite de développement.

La valeur du projet, de l'option initiale et celle de l'option de croissance sont présentées dans ce qui suit⁸ :

Tableau 6 : Valeur de l'option de croissance

Valeur de l'option de croissance	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	611	657	707	761	818	881	947	1 019	1 388	1 605	1 859
		522	562	604	650	700	753	811	1 124	1 320	1 553
			436	469	505	544	585	630	895	1 075	1 289
				353	380	409	440	474	698	862	1 060
					271	292	315	339	527	678	863
						191	206	222	379	519	692
							112	121	252	382	544
								34	141	263	417
									46	161	306
										72	211
											128

⁸ La projection des revenus futurs et les dépenses de développement sont présentées en annexes.

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2 385	2 729	3 025	3 346	3 601	3 875	4 169	4 487	4 828	5 192
2 020	2 336	2 603	2 892	3 112	3 349	3 604	3 879	4 174	4 489
1 704	1 996	2 237	2 499	2 689	2 895	3 116	3 353	3 609	3 881
1 431	1 703	1 922	2 159	2 324	2 502	2 693	2 899	3 120	3 356
1 195	1 449	1 648	1 866	2 008	2 162	2 328	2 506	2 698	2 901
991	1 229	1 412	1 612	1 735	1 869	2 012	2 166	2 333	2 509
814	1 039	1 208	1 392	1 499	1 615	1 739	1 873	2 017	2 169
662	875	1 032	1 203	1 295	1 395	1 503	1 619	1 744	1 875
530	734	879	1 038	1 119	1 205	1 299	1 399	1 508	1 621
416	611	747	897	966	1 041	1 122	1 210	1 303	1 402
317	505	633	774	834	899	970	1 045	1 127	1 212
232	413	535	668	720	777	838	904	974	1 048
	334	449	576	621	671	724	781	842	906
		376	497	536	579	625	675	728	783
			428	462	500	540	583	630	677
				399	431	466	504	544	586
					372	402	435	471	506
						347	376	407	438
							325	352	378
								304	327
									283

Tableau 7 : Valeur de l'option initiale

Valeur de l'option	0	1	2	3	4	5	6
	866	1 561	3 218	5 450	9 295	15 387	24 404
		76	1 140	2 606	4 946	8 735	14 230
			-	924	2 372	4 799	8 211
				-	849	2 470	4 649
					-	1 091	2 541
						276	1 294
							556

Tableau 8 : Valeur de l'actif sous jacent

Valeur de l'actif	0	1	2	3	4	5	6
	5 736	7 457	9 694	12 602	16 383	21 297	27 687
		4 412	5 736	7 457	9 694	12 602	16 383
			3 394	4 412	5 736	7 457	9 694
				2 611	3 394	4 412	5 736
					2 008	2 611	3 394
						1 545	2 008
							1 188

La valeur du projet suivant le modèle de l'arbre de décision est supérieure à celle trouvée suivant le modèle binomial. La valeur du projet sans la considération de l'opportunité de croissance est égale à 898,344 MDT. La valeur du projet initial en suivant la deuxième méthode est égale à 866 MDT. Par ailleurs, la valeur de l'option de croissance associée à l'activité principale de l'entreprise est relativement faible. Elle est égale à 611 MDT.

II. Conclusion

Le modèle binomial d'évaluation de l'option de croissance a conduit à l'obtention de résultats inférieurs pour la valeur du projet en question relativement au modèle traditionnel de l'arbre de décision. Ceci peut être expliqué par le fait que l'opportunité d'élargir l'activité principale de l'entreprise par l'introduction de nouveaux produits sous forme sèche ne fournit pas de valeur additionnelle importante. Cela peut être dû à un faible degré d'incertitude. En effet, les probabilités de succès des étapes de développement varient entre 85 et 95%. Ceci veut dire que les probabilités d'échec de toutes les étapes du projet sont excessivement faibles. Par conséquent, le faible niveau d'incertitude relative à toutes les étapes du projet ne peut que sous évaluer l'option de croissance. Ce résultat confirme les résultats dérivés dans la littérature des options réelles selon lesquels si le futur est facile à prédire, toutes les options deviennent inutiles et donc les méthodes traditionnelles de valorisation tel que la technique de l'arbre de décision restent toujours valable. Par conséquent, l'évaluation par la théorie des options réelles n'est ainsi utile que lorsque le futur est imprévisible.

CONCLUSION

Nous avons utilisé la technique de l'arbre de décision et le modèle binomial de valorisation d'options pour valoriser un projet de développement pharmaceutique. Nous avons démontré que la valeur du projet dérivée de la technique des options est inférieure à celle dérivée de la technique traditionnelle (arbre de décision). Nous avons conclu que ceci pourrait être dû au faible niveau d'incertitude qui caractérise le projet en question. Ce résultat corrobore donc le résultat dérivé par la littérature des options réelles dans la mesure où l'approche des options réelles n'est valable que dans un environnement incertain.

Cette nouvelle théorie est donc plus appropriée pour être utilisée dans des projets où la recherche est bien avancée⁹, en d'autres termes dans des projets caractérisés par une forte incertitude et des dépenses d'investissements lourds. L'évaluation de ce type de projets par une méthode traditionnelle telle que la technique de l'arbre de décision ne permet pas de capturer la valeur stratégique du projet. Par contre, la technique des options réelles offre une flexibilité managériale qui peut être valorisée et crée des opportunités de croissance future ignorées par les méthodes traditionnelles.

Par conséquent, l'utilisation de la théorie des options réelles dans un environnement où l'incertitude est pratiquement absente n'est pas significative. Il est donc préférable d'utiliser les techniques traditionnelles dans ce type de situation et de considérer la nouvelle théorie dans des situations plus complexes. Nous pouvons donc affirmer que la théorie des options réelles doit être considérée comme un complément aux méthodes traditionnelles et non pas comme substitut.

⁹ Cas de l'exemple illustré par Kellogg et Charnes (2000).

REFERENCES

- Amram, M. et Kulatilaka, N., *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*, *Harvard Business School Press*, 1998.
- Copeland, Thomas E., Koller Tim et Murrin, Jack (2000) "Valuation", 3rd edition, New York: John Wiley & Sons.
- Copeland, T et V. Antikarov (2001) "Real Options: A Practitioner's Guide", New York: Texere.
- Cox J.C., Ross S. et Rubinstein M., "Option Pricing: A Simplified Approach", *Journal of Financial Economics*, 7, 1979, pp. 229-263.
- Dixit, A. et Pindyck, R.S., *Investment under uncertainty*, 1994, *Princeton University Press*.
- Dixit, A.K. et Pindyck, R.S., "The option approach to capital investment", *Harvard Business Review*, May-June 1995, pp 105-115.
- Faulkner, T.W., "Applying Option Thinking to R&D Valuation", *Research Technology Management*, May-June 1996, pp 50-56.
- Kellogg, D. et Charnes, J.M., "Using real options valuation methods for a biotechnology firm", *Financial Analyst Journal*, May-June 2000, pp 76-84
- Kester, W.C., "Today's options for tomorrow's growth", *Harvard Business Review*, March-April 1984, pp 153-160.
- Leslie, K. et Michaels, M., "The Real Power of Real Options", *Corporate Finance*, January 1998, pp 13-20.
- Loch, CH. et Bode-Greuel, K., "Evaluating growth options as sources of value for pharmaceutical research projects", *R&D Management*, 31, 2, 2001, pp 231-248.
- Luehrman, T.A., "Strategy as a Portfolio of Real Options", *Harvard Business Review*, September-October 1998, pp 89-99.
- Merton, R.C., "A Simple Model of Capital Market Equilibrium with Incomplete Information", *Journal of Finance*, 1987, 42, 483-510.
- Morris, P.A., E., Olsberg, T. et Kolbe L.A., "When choosing R&D projects, go with the long shots", *Research and Technology Management*, Jan-Feb 1991, pp 35-40.
- Myers, S.C., et Howe, C.D., "A Life-Cycle Financial of Pharmaceutical R&D", *Program on The Pharmaceutical Industry*, Massachusetts Institute of Technology, 1997.
- Pennings, E. et Lint, O., "The option value of advanced R&D", *European Journal of Operational Research*, 103, 1997, pp 83-94.
- Trigeorgis, L., *Real Options, Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, *the MIT Press*, Cambridge, Massachusetts, 1997.
- U'Prichard et Pullan, "The future of drug industry resource and the Zeneca response", *Research Technology Management*, Nov-Dec 1997, pp 35-39.

Annexe 1: Coûts de Développement

Année	2002 <u>1</u>	2003 <u>2</u>	2004 <u>3</u>	2005 <u>4</u>	2006 <u>5</u>	2007 <u>6</u>	2008 <u>7</u>	2009 <u>8</u>	2010 <u>9</u>	2011 <u>10</u>	2012 <u>11</u>	2013 <u>12</u>
Coût total de développement (première année est celle de la pré formulation)	474,274	503,669	517,111	416,378	588,464	445,418	445,418	-	-	-	-	-
Coût total de Commercialisation (première année est celle de la pré formulation)	-	-	-	-	-	-	-	21,854	21,854	21,854	21,854	21,854
L'année courante moins l'année de pré formulation	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Coût total de développement (en commençant par l'année courante)	503,669	517,111	416,378	588,464	445,418	445,418	-	-	-	-	-	-
Coût total de commercialisation (en commençant par l'année courante)	-	-	-	-	-	-	21,854	21,854	21,854	21,854	21,854	-

En (000) Dinars

Développement	Coût total	Durée de l'étape	p. succès	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pré formulation	474,274	1	95%	474,274	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formulation	503,669	1	95%	474,274	503,669	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contrôle	517,111	1	85%	474,274	503,669	517,111	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Validation	416,378	1	85%	474,274	503,669	517,111	416,378	0	0	0	0	0	0	0	0
Stabilité	588,464	1	85%	474,274	503,669	517,111	416,378	588,464	0	0	0	0	0	0	0
Approbation	890,836	2	90%	474,274	503,669	517,111	416,378	588,464	445,418	445,418	0	0	0	0	0
Post approbation	109,268	5	100%	474,274	503,669	517,111	416,378	588,464	445,418	445,418	21,854	21,854	21,854	21,854	21,854

3500

P des derniers points de l'arbre

Etape courante

			1	2	3	4	5	6	7
Pré formulation	1	0,0%	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Formulation	2	5,0%	4,8%	5,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Contrôle	3	14,3%	13,5%	14,3%	15,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Validation	4	12,1%	11,5%	12,1%	12,8%	15,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Stabilité	5	10,3%	9,8%	10,3%	10,8%	12,8%	15,0%	0,0%	0,0%
Approbation	6	5,8%	5,5%	5,8%	6,1%	7,2%	8,5%	10,0%	0,0%
Post approbation	7	52,5%	49,9%	52,5%	55,3%	65,0%	76,5%	90,0%	100,0%

		Etapes	Démarrage
Pré formulation	2002	1	1
Formulation	2003	2	2
Contrôle	2004	3	3
Validation	2005	4	4
Stabilité	2006	5	5
Approbation	2007	6	6
Post approbation	2009	7	8

Sélection aléatoire d'une étape terminale 7

Annexe 2: Revenus

Qualité du produit	Probabilité	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	
Médiocre	1	0,1	0,4	848,8	889,6	932,4	976,8	1023,6	1072,8	1124	1178	1234,4	1294	1200	1100	1000
En dessous de la moyenne	2	0,1	0,8	1697,6	1779,2	1864,8	1953,6	2047,2	2145,6	2248	2356	2468,8	2588	2400	2200	2000
Moyenne	3	0,6	1	2122	2224	2331	2442	2559	2682	2810	2945	3086	3235	3000	2750	2500
Au dessus de la moyenne	4	0,1	1,4	2970,8	3113,6	3263,4	3418,8	3582,6	3754,8	3934	4123	4320,4	4529	4200	3850	3500
Supérieure	5	0,1	2	4244	4448	4662	4884	5118	5364	5620	5890	6172	6470	6000	5500	5000
Valeur espérée	6	0,0		2249,32	2357,44	2470,86	2588,52	2712,54	2842,92	2978,6	3121,7	3271,16	3429,1	3180	2915	2650
				4244	4448	4662	4884	5118	5364	5620	5890	6172	6470	6000	5500	5000
Revenus associés à la qualité du produit	5															
Année		<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	
Dépenses Marketing (en % du revenu)			100%	50%	25%	25%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	
Année depuis la formulation (année courante)		<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	
		4244	4448	4662	4884	5118	5364	5620	5890	6172	6470	6000	5500	5000	-	
Dépenses marketing (% du revenu) basés sur la date		100%	50%	25%	25%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	0%	

Annexe 3: Cash-flows

Années	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Revenus	-	-	-	-	-	-	5 038,110	5 433,409	5 859,968	6 317,046
Coûts de revient	-	-	-	-	-	-	1 284,718	1 385,519	1 494,292	1 610,847
Développement - Pré Commercialisation	503,669	532,107	440,878	641,159	499,378	513,860	-	-	-	-
Développement - Post Commercialisation				-	-	-	25,943	26,695	27,469	28,266
Marge opérationnelle	(503,669)	(532,107)	(440,878)	(641,159)	(499,378)	(513,860)	3 727,449	4 021,195	4 338,207	4 677,933
Taxes	-	-	-	-	-	-	1 304,607	1 407,418	1 518,373	1 637,277
Cash Flow Net	(503,669)	(532,107)	(440,878)	(641,159)	(499,378)	(513,860)	2 422,842	2 613,777	2 819,835	3 040,657
Cash Flow de développement	(503,669)	(532,107)	(440,878)	(641,159)	(499,378)	(513,860)	-	-	-	-
Cash Flow de commercialisation	-	-	-	-	-	-	2 422,842	2 613,777	2 819,835	3 040,657
VAN phase de développement										
VAN phase de commercialisation										
VAN Totale										
Dépenses marketing: % du revenu	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%
Taxes	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%

Années	<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>19</u>
Revenus	6 812	7 346	7 920	8 541	9 210	9 934	9 480	8 942	8 365
Coûts de revient	1 737	1 873	2 020	2 178	2 348	2 533	2 417	2 280	2 133
Développement - Pré Commercialisation				-	-	-	-	-	-
Développement - Post Commercialisation				29,086	-	-	-	-	-
Marge opérationnelle	5 045,614	5 472,858	5 900,341	6 363,139	6 861,158	7 401,013	7 062,420	6 661,627	6 231,650
Taxes	1 765,965	1 915,500	2 065,119	2 227,099	2 401,405	2 590,355	2 471,847	2 331,570	2 181,077
Cash Flow Net	3 279,649	3 557,358	3 835,221	4 136,041	4 459,753	4 810,659	4 590,573	4 330,058	4 050,572
Cash Flow de développement	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cash Flow de commercialisation	3 279,649	3 557,358	3 835,221	4 136,041	4 459,753	4 810,659	4 590,573	4 330,058	4 050,572
VAN phase de développement									
VAN phase de commercialisation									
VAN Totale									
Dépenses marketing: % du revenu	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%	25,5%
Taxes	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%	35,0%

