

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES, COMMERCIALES ET DES  
SCIENCES DE GESTION  
DEPARTEMENT DES SCIENCES ECONOMIQUES



# Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme  
de Magister en Sciences Economiques  
Option : Management des Entreprises

*Thème :*

**Les options réelles, une alternative aux  
défaillances des méthodes classiques  
d'évaluation des investissements  
Cas de la Sonatrach**

*Présenté par : M<sup>lle</sup> BILEK Lila*

*Dirigé par : Mme AISSAT née LEGHIMA Amina*

**Devant le jury composé de :**

**Président :** Mr OUKACI Kamel, *Maître de conférences classe A, Université de Bejaia*

**Rapporteur :** Mme AISSAT née LEGHIMA Amina, *Maître de conférences classe A, UMMTO.*

**Examineurs :** Mme DJEMAA Hassiba, *Maître de conférences classe A, HEC ALGER*

**Mr ABIDI Mohamed, Maître de conférences classe B, UMMTO**

**Date de soutenance : ...../...../.....**

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES, COMMERCIALES ET DES  
SCIENCES DE GESTION  
DEPARTEMENT DES SCIENCES ECONOMIQUES



# Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme  
de Magister en Sciences Economiques  
Option : Management des Entreprises

*Thème :*

**Les options réelles, une alternative aux  
défaillances des méthodes classiques  
d'évaluation des investissements  
Cas de la Sonatrach**

*Présenté par :* M<sup>lle</sup> BILEK Lila

*Dirigé par :* Mme AISSAT née LEGHIMA Amina

Devant le jury composé de :

**Président :** Mr OUKACI Kamel, *Maître de conférences classe A, Université de Bejaia*

**Rapporteur :** Mme AISSAT née LEGHIMA Amina, *Maître de conférences classe A, UMMTO.*

**Examineurs :** Mme DJEMAA Hassiba, *Maître de conférences classe A, HEC ALGER*

**Mr ABIDI Mohamed,** *Maître de conférences classe B, UMMTO*

Date de soutenance : ...../...../.....

# Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma gratitude envers ma promotrice M<sup>me</sup> AISSAT Amina pour le soutien, l'aide et les conseils qu'elle m'a dispensé pour l'élaboration du présent mémoire de Magister.

Je remercie le président et les membres du jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.

Je remercie respectueusement les cadres Sonatrach notamment Docteur BADSI directeur Data Management, Monsieur KHOURI chef département planification & études économiques ainsi que Monsieur AMROUN chef de département contrôle de gestion pour les connaissances scientifiques et pour les nombreux conseils qu'ils m'ont prodigué et qui m'ont éclairé dans ma démarche.

Je voudrais aussi remercier le professeur Boukendour enseignant à l'université du Québec et l'ensemble des enseignants de la faculté de sciences économiques commerciales et de gestions pour avoir veillé à notre formation.

Un grand merci tout spécial à ma famille, à mes parents qui m'ont permis de poursuivre mes études et à tous mes amis (es) qui n'ont cessé de me soutenir et de m'encourager tout au long de mes années d'études.



# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- ∅ Mes très chers parents.
- ∅ Mes très chers frères et sœurs.
- ∅ Toute ma famille.
- ∅ Tous mes amis.



## Liste des figures

<b>Figure I.01:</b> Les différents types d'investissement.....	11
<b>Figure I.02:</b> La période d'exploitation / durée d'utilité.....	13
<b>Figure I.03:</b> Représentation graphique du taux de rendement interne et sa relation avec la VAN.....	21
<b>Figure I.04 :</b> Représentation d'un contrat d'option.....	31
<b>Figure I.05:</b> La logique optionnelle.....	33
<b>Figure I.06:</b> Payoff diagram for calls .....	34
<b>Figure I.07:</b> Payoff diagram for puts.....	35
<b>Figure I.08 :</b> Les typologies d'option.....	36
<b>Figure I.09:</b> Typologie d'option selon le droit d'exercice.....	37
<b>Figure I.10:</b> Schema du pay-off (long call).....	41
<b>Figure I.11</b> Schema du pay-off (long put).....	42
<b>Figure I.12:</b> Schema du pay-off (short call) .....	43
<b>Figure I.13:</b> Schema du pay-off (short put) .....	43
<b>Figure I.14:</b> Valeur intrinsèque et valeur temps d'une option d'achat.....	46
<b>Figure I.15:</b> Valeur intrinsèque et valeur temps d'une option de vente.....	47
<b>Figure I.16:</b> Impact du temps sur la valeur d'une option.....	48
<b>Figure II.01 :</b> Image de la logique optionnelle.....	56
<b>FigureII.02:</b> Comparaison de la vision de l'incertitude dans l'approche traditionnelle et l'approche en termes d'options réelles.....	59
<b>Figure II.03 :</b> Schéma retraçant la valorisation de la flexibilité managériale.....	61
<b>Figure II.04 :</b> Les options réelles fondamentales.....	63
<b>Figure II.05 :</b> Le comportement d'une option de croissance.....	65
<b>Figure II.06 :</b> Schéma retraçant le comportement d'une option de contraction.....	67
<b>Figure II.07 :</b> Schéma retraçant L'option d'abandon d'un projet.....	70
<b>Figure II.08 :</b> Evolution de la valeur du projet tant que l'incertitude est résolue.....	75

<b>Figure II.09</b> : Les frontières d'application des options réelles par rapport à la VAN en fonction des caractéristiques du projet.....	76
<b>Figure II.10</b> : Les frontières d'utilisation des options réelles et des opportunités de dépendance de sentier.....	77
<b>Figure II.11</b> : Panorama des modèles de valorisation d'option.....	84
<b>Figure II.12</b> : Modèle binomial à une période.....	95
<b>Figure II.13</b> : Le modèle binomial à n périodes.....	96
<b>Figure II.14</b> : Représentation schématique de la méthode de valorisation d'une option réelle européenne par les simulations de Monte Carlo.....	100
<b>Figure II.15</b> : Représentation schématique de la simulation.....	101
<b>Figure III.01</b> : L'organigramme de la compagnie d'hydrocarbure algérienne .....	115
<b>Figure III.02</b> : Relation coût d'exploitation et niveau de certitude (ressources et réserves).....	130
<b>Figure III.03</b> : Evolution des réserves en fonction des probabilités d'existence .....	133
<b>Figure III.04</b> : Cycle de vie des champs pétrolier .....	135
<b>Figure III.05</b> : Processus de prise de décision d'implantation d'un prospect d'exploration	138
<b>Figure III.06</b> : l'image générale d'analyse de la décision de forage des prospects.....	141
<b>Figure III.07</b> : Diagramme d'influence .....	143
<b>Figure III.08</b> : L'arbre de décision du prospecteur.....	144
<b>Figure III.09</b> : Les résultats économiques .....	145
<b>Figure III.10</b> : Les cash- flows cumules .....	146
<b>Figure III.11</b> : Les résultats économiques (VAN).....	146
<b>Figure III.12</b> : Les résultats économiques (TRI SONATRACH).....	147
<b>Figure III.13</b> : Valeur monétaire espérée " Sonatrach".....	148
<b>Figure III.14</b> : Resultats économiques (EMV Expected monetary value).....	148
<b>Figure III.15</b> : Les modèles d'évaluation de la rentabilité des projets.....	150
<b>Figure III.16</b> : le cours du pétrole en \$.....	154

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.01:</b> les critères d'évaluation d'investissement et leurs caractéristiques.....	15
<b>Tableau I.02:</b> Disadvantages of DCF assumptions versus Realities.....	29
<b>Tableau I.03:</b> L'impact des facteurs déterminants de la prime d'une option.....	51
<b>Tableau II.01:</b> Correspondance entre les paramètres de l'option réelle et de l'option financière.....	79
<b>Tableau II .02 :</b> Comparaison des déterminants d'une option d'achat financière à ceux d'une option de croissance réelle.....	81
<b>Tableau II. 03 :</b> Les caractéristiques d'application des modèles d'évaluation des options.....	97

# Sommaire

<b>Introduction générale</b> .....	01
<b>Chapitre I : La transition des méthodes classiques vers une nouvelle approche financière</b> ..	07
<b>Section 01 : Les méthodes classiques d'évaluation d'investissement</b> .....	09
<b>Section 02 : Les options financières</b> .....	30
<b>Chapitre II : L'approche des options réelles</b> .....	52
<b>Section 01 : L'émergence des options réelles</b> .....	54
<b>Section 02 : Les fondements de l'approche des options réelles</b> .....	72
<b>Section 03 : L'évaluation des options réelles</b> .....	83
<b>Chapitre III : L'applicabilité de l'évaluation par les options réelles cas Sonatrach</b> .....	104
<b>Section 01 : Présentation de l'organisme d'accueil</b> .....	106
<b>Section 02 : Le secteur des hydrocarbures : entre réalités et défis</b> .....	124
<b>Section 03 : La prise de décision de forage : état des lieux et perspectives</b> .....	134
<b>Conclusion générale</b> .....	164

**Introduction**

**générale**

En 1958, la finance corporative a vu le jour, grâce aux différents travaux réalisés par f. Modigliani et M. Miller<sup>1</sup>. Leurs travaux s'inscrivent dans le cadre conceptuel de « la théorie financière moderne ». Les critères qui en découlent possèdent le double avantage de robustesse et de cohérence interne, tout en étant simpliste.

La théorie financière moderne a le mérite d'apporter une nouvelle vision et de contribuer au consensus de l'évolution du raisonnement financier. Concernant le choix d'investissements, la théorie insiste sur les trois points suivants :

- Les décisions d'investissement sont séparées des décisions de financement. la recherche d'un financement optimal est indépendant du choix d'investissement ;
- La structure optimale du passif correspond à la combinaison entre l'endettement et les fonds propres qui minimise le coût global des ressources à long terme (non indépendante de la sélection des investissements) ;
- Les critères du choix d'investissement visent à maximiser la valeur de l'entreprise, dont les méthodes utilisées sont en cohérence avec les deux volets précédents de la théorie.

La décision d'investir est un acte ancestral. Traditionnellement, celle-ci relève du seul domaine de la théorie financière (Grundy & Johnson, 1993)<sup>2</sup>. Cet acte d'investir, qui engage l'entreprise dans le long et moyen terme a de lourdes de conséquences et doit découler des grandes options stratégiques de l'entreprise (croissance, rationalisation, modernisation, reconversion réorientation, retrait et abandon), elle doit aussi être contrôlée et planifiée.

Au fil du temps, les modèles et les méthodes d'évaluation des projets d'investissements ont beaucoup évolué simultanément avec l'évolution des marchés financiers, qui sont devenus de plus en plus complexes et de plus en plus risqués.

Henry Ford disait que les gratte-ciel de New York<sup>3</sup> n'auraient sans doute jamais existé en l'absence d'assureurs pour couvrir le risque. Notre société est une société de partage de risques. Ce partage unit ses membres par la solidarité et le contrat, renforçant ainsi le tissu social. En s'inspirant de cette vision, la transposition du MEDAF, modèle initialement uni-

---

<sup>1</sup> El ayadi ME ; « Application d'un modèle de simulation et d'analyse de sensibilité à l'évaluation d'un projet de numérisation des dossiers patients » mémoire de Maitrise, université du Québec, 2008.

<sup>2</sup> Magdy GA, « *Review of management accounting research* », édition Palgrave Macmillan, 2011. P366.

<sup>3</sup> Gollier C, « Risque et incertitude »,

périodique, à un cadre multi périodique (Merton, 1973)<sup>1</sup>, indispensable pour le rendre opérationnel, soulève de nombreuses difficultés.

Partout dans le monde, les gestionnaires financiers tentent d'évaluer les projets en choix d'investissement. L'évaluation de la valeur d'un projet permet ensuite de décider si celui-ci sera réalisé ou tout simplement abandonné selon certains critères. Actuellement, la méthode la plus utilisée est sans aucun doute la technique d'actualisation des flux monétaires. Cette méthode consiste à évaluer les coûts ainsi que les bénéfices du projet pour ensuite actualiser ces sommes pour finalement les additionner. Cette valeur est appelée la valeur présente nette d'un projet (VPN) ou encore la valeur actualisée nette du projet (VAN). Un projet qui a une VAN positive est un projet qui devrait être réalisé. Cependant, malgré la popularité de cette méthode, elle comporte certaines lacunes. En effet, il est très difficile de prévoir avec exactitude le montant des coûts et des bénéfices. C'est dans cette perspective que de nouvelles approches ont vu le jour.

La théorie des options réelles, en s'inspirant de la théorie des options financière, espérait être la panacée des insuffisances des modèles traditionnels. En effet, les artisans de l'approche considèrent que les options réelles fournissent un cadre " révolutionnaire " <sup>2</sup> en mesure de surmonter les échecs de l'analyse traditionnelle en répondant à la double problématique de l'incertitude et de la flexibilité associées aux investissements.

Une option financière est un contrat entre deux parties par lequel l'une accorde à l'autre le droit, mais non l'obligation, de lui acheter dans le cas d'une option d'achat ou de lui vendre dans le cas d'une option de vente un actif financier. Par analogie avec l'option financière, on parle d'option réelle pour caractériser la position d'un gestionnaire qui bénéficie d'une certaine flexibilité dans la gestion d'un projet d'investissement. Il est, en effet, possible de réagir à la suite de l'évolution des perspectives de rentabilité.

L'apport de l'approche des options réelles réside dans le fait qu'elle reconnaît d'emblée la possibilité d'ajuster sa stratégie d'investissement, offrant ainsi une flexibilité plus grande et plus représentative du contexte réel. de cette dernière, découle une valeur qu'on appelle valeur de l'option réelle.

---

<sup>1</sup> Charreaux G, « Théorie financière et gestion financière », revue française de gestion, numéro160. 2006

<sup>2</sup> Dubocage.E, « Les options réelles : Un outil théorique adapté à l'évaluation des start-up financées par le capital-risque ? », université- paris 13, 2003.

Actuellement la théorie des options réelles fait objet de plusieurs travaux de recherche, de nombreux chercheurs découvrent l'idée de l'approche attrayante<sup>1</sup>. Le concept rime avec l'industrie pétrolière. En effet, la flexibilité qu'offre la méthode peut constituer un moyen de gestion des risques, en particulier dans le domaine pétrolier où des décisions d'investissement de forte intensité capitalistique se prennent sous une grande incertitude. La recherche d'informations permettant de réduire les sources de risques constitue une autre dimension d'une saine gestion de ces derniers.

### La problématique de recherche

La prise de décision en matière d'investissement a toujours suscité un intérêt croissant de la part des théoriciens et praticiens de la finance. La structuration de la pensée financière à travers le temps a connu des évolutions importantes et une trajectoire mouvementée sensible à la conjoncture.

L'approche des options réelles est un corpus théorique solvable, mais non accompagné d'intérêts empiriques.

La modélisation des options réelles trouve son origine dans les travaux de plusieurs chercheurs, Myers(1984), Kester(1984). Le premier a remis en cause la fiabilité des outils traditionnels en situation d'incertitude et le deuxième défend l'idée stipulant que la prise de décision d'investissement est semblable à une option d'achat.

Dans cette optique notre intérêt porte sur la question de l'applicabilité de l'évaluation d'un projet de forage par les options réelles : *l'approche des options réelles, comme outil d'évaluation et de choix d'investissement, est elle applicable dans la compagnie des hydrocarbures pour l'évaluation d'un projet de forage ? Et quelles sont ses modalités d'application ?*

### Les hypothèses de la recherche

Pour mieux cerner notre problématique de recherche, nous avons supposé les hypothèses suivantes :

---

<sup>1</sup> Scott T et al, « Using system dynamics to extend real options use: insights from the oil & gas industry », Texas A&M University.2005.

**Hypothèse 1 :** partant du fait que l'approche des options réelles est destinée à l'évaluation des projets dans le contexte d'incertitude, et fut utilisée par les compagnies pétrolières pour longtemps, son applicabilité pour l'évaluation d'un projet de forage au sein de Sonatrach sera sans faute, le marché des hydrocarbures étant international et les risques du secteur étant pour la majorité globale à l'exception du risque pays .

**Hypothèse 2 :** l'état d'esprit, la polyvalence, la flexibilité et fongibilité et tant d'autres de caractéristiques permettront l'acceptabilité et l'adoption de l'approche des options réelles par l'entreprise.

**Hypothèse 3 :** la complexité des techniques et des méthodes l'évaluation fait de l'approche des options réelles une approche éloignée par la Sonatrach.

### **Le choix du thème**

Notre thématique de recherche dans le cadre de réalisation d'un mémoire de Magister n'était pas le fruit du hasard.

La complexité de l'environnement et l'accroissement des notions de risques et d'incertitude sont contraignantes pour nos entreprises. L'avènement de la notion de sélection naturelle, concept d'origine Darwinienne portant sur les caractères affectant la survie et le succès reproductif sous les principes de variation, d'adaptation et d'hérédité. L'idée centrale de la théorie de selection naturelle est la lute pour l'existence.

Le développement d'une approche plus immatérielle et le dépassement de la vision de rentabilité financière. En effet, la richesse de l'entreprise dépasse largement la somme des actifs comptable. Pour les dirigeants, ce concept né en Suède offre un nouveau tableau de bord stratégique. Les entreprises s'inscrivent dans une logique de création de valeur et non plus de flux de Trésorerie.

L'abondante littérature traitant la notion des options réelles, ainsi que leurs capacités à pallier (tisser) des liens entre deux fonctions stratégiques de l'entreprise à savoir la stratégie et la finance.

Les points énoncés précédemment, nous ont entraînés à la prise de l'initiative d'opérationnalisation de cet outil sophistiqué de prise de décision ou du moins une tentative de vérification de son applicabilité sur le terrain, cas d'une entreprise Algérienne.

## **L'intérêt du sujet**

L'intérêt de notre recherche est double :

D'une part, il permet d'écartier l'ambiguïté du thème et d'offrir une tentative d'illustration d'un outil dont l'importance est stratégique dans la prise de décision. L'approche est une innovation à laquelle il faut prêter une attention particulière.

D'autre part, l'étude empirique orientée dans une démarche à la fois exploratoire et prescriptive vise à mettre l'accent sur les opportunités qui peuvent découler de la mise en place d'un tel dispositif et nous permet de bénéficier des avantages qu'offre une telle avancée.

Ainsi, Ce travail nous permet :

- ▶ Faire une analyse des pratiques utilisées ;
- ▶ Renseigner sur l'importance qu'accorde l'entreprise nationale au processus de prise de décision ;
- ▶ Mettre en lumière les différentes caractéristiques dont est régi l'entreprise et leurs éventuelles adaptations à un nouvel outil plus sophistiqué.

## **Méthodologie de recherche**

Pour mieux cerner notre sujet de recherche et pour une meilleure maîtrise de la thématique, nous avons opté pour une double approche du point de vue méthodologique : une approche analytique et une approche empirique.

⊙ Approche analytique ; il s'agit d'une recherche documentaire dans le but de mieux asseoir la vision conceptuelle et le corpus théorique du sujet. Nous avons consulté pas mal d'articles et d'ouvrage traitant la thématique.

⊙ Approche empirique au sein de l'entreprise nationale des hydrocarbures sonatrach. L'accès à l'entreprise n'était pas facile, cela revient :

- ▶ D'une part, au mode de fonctionnement et à la rigidité de ces entreprises, notamment les entreprises étatiques. ce qui entrave ces dernières années la trajectoire de nos travaux de recherche.
- ▶ De plus, notre sujet, étant beaucoup plus d'envergure académique, méconnu chez les praticiens de la théorie de la décision et les dirigeants des entreprises, a accentué notre difficulté d'accéder à un terrain dans lequel nous pourrions vérifier nos hypothèses de recherche.

Nous avons pu enfin mener notre recherche au sein du département stratégie, planification & économie de la compagnie algérienne des hydrocarbures, où nous nous sommes rendus à plusieurs reprises pour des entrevues avec les différents chefs de service du département. Ce qui nous a permis de recueillir des informations, d'avoir des données et d'être renseigné sur les pratiques et le processus de prise de décision de forage.

### **La structure du mémoire**

Notre travail de recherche est structuré en trois chapitres comme suit :

Le premier chapitre traite la notion de prise de décision d'investissement sous les templates des méthodes classiques d'évaluation, tout en insistant sur les insuffisances d'une telle approche (section1). Ensuite on passe vers une approche plus moderne, nous essayerons de mettre en lumière le corpus de l'approche (section2).

Le deuxième chapitre est consacré aux travaux de prolongement de la théorie optionnelle sur la sphère réelle. Nous commencerons par une approche conceptuelle de la notion d'option réelle (section1), puis nous nous pencherons sur l'apport, les spécificités, conditions et mode de fonctionnement de l'approche (section2), enfin nous nous intéresserons à la question d'évaluation des options réelles, les différents modèles d'évaluation et leur principe de fonctionnement (section3).

Le troisième chapitre porte sur la vérification empirique de l'approche au sein d'une entreprise nationale. Nous commencerons par une présentation de cet organisme faisant l'objet de notre terrain de recherche, ainsi que les principales caractéristiques de ce secteur stratégique (section 1). Un état des lieux du secteur des hydrocarbures et ses caractéristiques (section2) et enfin une section sera consacré à l'état des lieux des pratiques de Sonatrach et à l'opération de vérification de l'applicabilité d'évaluation d'un projet de forage par la méthode des options réelles.

# **CHAPITRE I**

**La transition des  
méthodes classiques vers  
une nouvelle approche  
financière**

## **Introduction**

L'investissement fait partie des décisions qui méritent d'être " révélées " par des recherches nouvelles, empruntant des voies originales (Mintzberg et al, 1995)<sup>1</sup>. La décision d'investissement, phénomène éminemment transversal, mobilise de nombreuses énergies en termes de temps, de compétences et de ressources humaines et financières<sup>2</sup>. Elle est une composante cruciale de la gestion d'entreprise dans la mesure où elle détermine son futur. La décision d'investissement est la résultante d'un processus plus au moins long. Elle doit répondre à trois questions primordiales relatives à la validité technique, à la validité stratégique et à la validité financière du projet d'investissement<sup>3</sup>.

Les économies sortent d'une période de fortes inflations qui a rendu obsolète tout critère d'évaluation non actualisé ne tenant pas compte de l'érosion monétaire dans le temps. Les financiers n'avaient donc qu'à intégrer l'actualisation dans leurs calculs de rentabilité, surtout que les entreprises planifient des investissements lourds à moyen et à long terme. Par la suite, l'accroissement de la volatilité enclenche un mouvement d'innovation financière.

Dans la démarche progressive dans laquelle s'inscrit ce chapitre, nous commencerons par relater les principales méthodes d'évaluation des projets d'investissement, notamment les critères qui découlent de "la théorie financière moderne". S'inscrivant dans une logique simpliste et agissant sous l'hypothèse d'un avenir certain, cette théorie dite moderne étant relative, elle montre ses limites après l'introduction des notions de risque et d'incertitude et que nous essayerons de dévoiler dans le troisième point. La deuxième section sera consacrée à l'approche optionnelle dans laquelle nous tentons d'éclaircir le concept d'option, les composantes et principaux déterminants de sa valeur.

---

<sup>1</sup> Pezet A, « Le management stratégique de l'investissement : contenu, paradigme et instrumentalisation de la stratégie une perspective historique », Conférence, 1999.

<sup>2</sup> Mandou C, « Procédures de choix d'investissement », édition de Boeck, Bruxelles, 2009.P05.

<sup>3</sup> Ibid., P05.

## **Section I : les méthodes classiques d'évaluation des investissements**

L'évaluation d'un projet d'investissement s'intègre dans un vaste ensemble de travaux pouvant se situer tant au niveau de la préparation et de la conception qu'à d'autres niveaux du cycle de vie du projet.

Dans un premier temps, nous allons recenser les différentes méthodes dites classiques de choix d'investissement en faisant référence à l'appui de chaque méthode sur la prise de décision. Chacune de ces méthodes se penche sur un paramètre spécifique dans l'évaluation bien qu'elles ont toutes le même principe de fonctionnement. En deuxième lieu, nous montrons les insuffisances des méthodes grâce aux défis des entreprises activant sous l'égide d'une économie de marché.

### **1.1. La décision d'investir**

La décision d'investir peut s'analyser comme le choix de l'affectation de ressources à un projet industriel, commercial ou financier en vue d'en retirer un supplément de profit<sup>1</sup>. C'est un pari sur l'avenir, traduisant à la fois un risque mais aussi une certaine confiance qui entraîne des dépenses actuelles certaines et des gains futurs incertains ou aléatoires.

#### **1.1.1. Définition de l'investissement**

Selon le dictionnaire Le Robert, le mot investissement désigne à la fois " l'action d'investir " et les "biens d'investissement". En d'autres termes, le mot investissement s'applique aussi bien à l'acte d'investir qu'au résultat de cet acte.

L'investissement est un engagement de fond dont l'entreprise attend une rentabilité à terme et pendant une certaine période mais avec un certain risque.

On entend par :

- **Rentabilité** : La rentabilité représente le rapport entre les revenus d'une société et les sommes qu'elle a mobilisées pour les obtenir. En effet, elle naît de la comparaison entre d'une part, les capitaux immobilisés et d'autre part, les revenus résiduels qui en découlent<sup>2</sup>. Elle constitue un élément privilégié pour évaluer la performance des

---

<sup>1</sup>Antraigue D, « Gestion des investissements – rentabilité économique » IUT GEA

<sup>2</sup> Parienté S, « Analyse financière et évaluation d'entreprise », 2eme édition, 2009, P148.

entreprises, la rentabilité, économique et financière, est l'aptitude des capitaux qu'on engage à produire un résultat<sup>1</sup>.

- **Risque** : Le risque est partout, multiforme, créant une angoisse permanente selon le domaine d'application auquel il fait référence (technologie, économie ....), la notion de risque admet plusieurs définitions. Culp (2001) le définit comme étant « tous les facteurs aléatoires qui pourraient avoir un impact défavorable sur une personne ou sur une corporation ». Pour sa part, Vaughan (1997) définit le risque financier comme étant la relation entre un individu(ou une organisation) et un actif (ou un objectif de revenu) qui peut être perdue ou endommagée. Pour qu'un risque soit qualifié de financier, il doit comporter trois éléments<sup>2</sup>, à savoir :
  - ▶ Un individu ou une organisation exposé(e) à une perte ;
  - ▶ Un actif dont la destruction ou la perte causeront une perte financière ;
  - ▶ Un danger qui peut causer la perte.

### 1.1.2. Les raisons d'investissement

Cette dépense immédiate peut être engagée par l'entreprise pour différentes raisons, à savoir : lancer de nouveaux produits, augmenter la capacité de production, améliorer la qualité des produits et services, réduire les coûts de production...

Quel qu'en soit l'objectif, les projets d'investissements ont une importance capitale dans le développement de l'entreprise. Ils conditionnent nécessairement sa compétitivité, sa rentabilité et sa solvabilité future<sup>3</sup>, c'est-à-dire en définitive, sa valeur. Ainsi, l'évaluation d'un projet d'investissement consiste en fait à évaluer son impact sur la valeur de marché de l'entreprise.

### 1.1.3. Les types d'investissement

Selon leur nature spécifique, les investissements peuvent être :

- **Immatériels** : cette catégorie regroupe :
  - ▶ Les recherches et développement qui visent à améliorer les techniques de production, l'innovation et la création de nouveaux produits ;

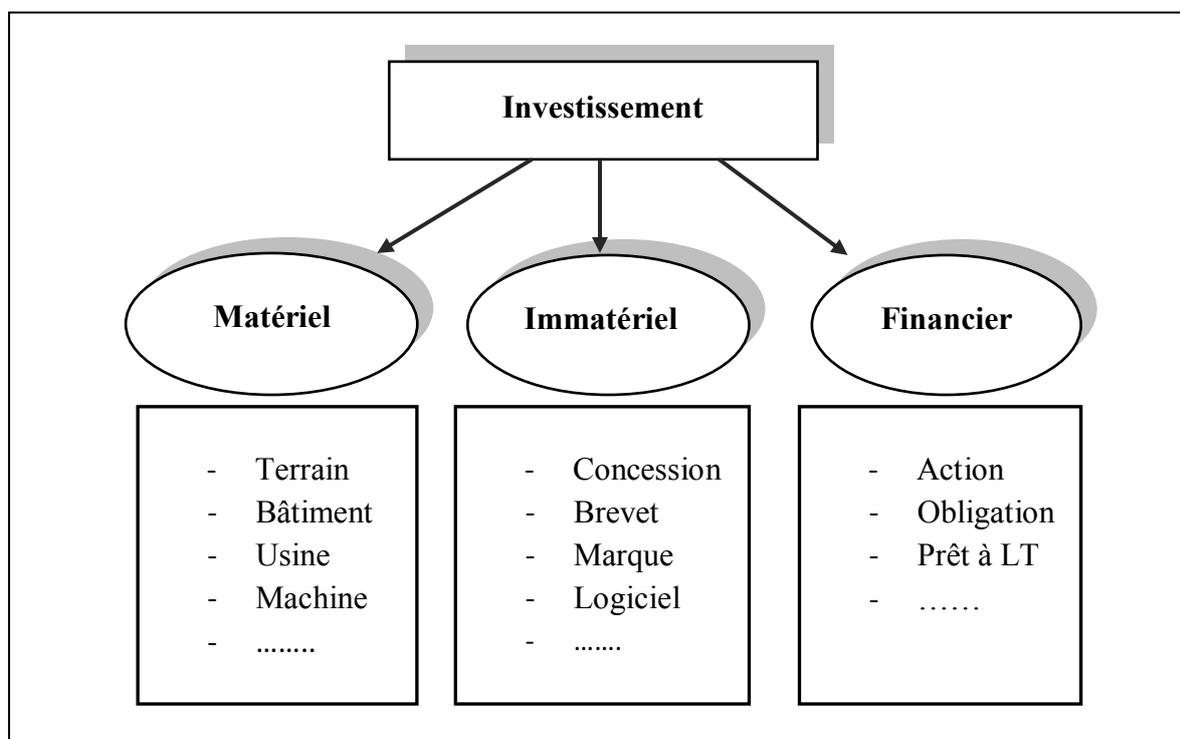
<sup>1</sup> <http://cgo-moliere2010.e-monsite.com>, consulté Mars 2015-06-15.

<sup>2</sup> Aubert B A, Bernard J-G, « Mesure intégrée du risque dans l'organisation », Presse de l'université de Montréal, 2004, P.16.

<sup>3</sup> Chrissos J, Gillet R, « Décision d'investissement », édition Pearson, Paris, 2012.P110

- ▶ Le marketing qui consiste à mener des études de marché et des campagnes publicitaires ;
- ▶ La formation dont l'objectif à terme étant l'amélioration de la productivité.
- **Matériels** : ils sont relatifs à tous les biens ou les équipements que l'on ajoute au patrimoine de l'entreprise<sup>1</sup> tels que les terrains, les bâtiments, les machines et autres matériels et outillages ;
- **Financiers** : ils recouvrent les différentes prises de participation, qu'elles soient faites pour intervenir dans la gestion ou bien pour la réception des dividendes ou des intérêts à plus ou moins long terme.

Figure n° I.01 : Les différents types d'investissement



Source : Taverdet-Popiolek N (2006) P04.

#### 1.1.4. Les conséquences de l'exploitation d'un investissement

L'espérance de rentabilité et de création de valeur sont la force motrice de toute action d'investissement, mais l'exploitation d'un investissement peut induire :

<sup>1</sup>Taverdet-Popiolek N, « Guide du choix d'investissement », édition d'Organisation, Paris, 2006. P04.

- Des flux positifs, l'investissement génère des entrées d'argent permettant de couvrir les dépenses engagées le plus vite possible et de générer un surplus. les flux d'argent peuvent être sous forme de :
  - ▶ Recettes supplémentaires ;
  - ▶ Prix de l'équipement en cas d'une éventuelle cession.
- Des flux négatifs, soit :
  - ▶ Des charges nouvelles ;
  - ▶ Des décaissements sous forme de frais d'entretiens, de maintenance et les dépenses nouvelles en charges du personnel.

## **1.2. La démarche du processus de choix d'investissement**

La décision d'investissement est essentielle à la pérennité et à la croissance d'une entreprise, elle est sans doute l'une des décisions les plus délicates auxquelles se confrontent nos entreprises.

Plusieurs solutions sont alors envisageables. En apportant des bases de choix et de sélection entre les différents projets, celles-ci tentent de rendre cette tâche moins pénible.

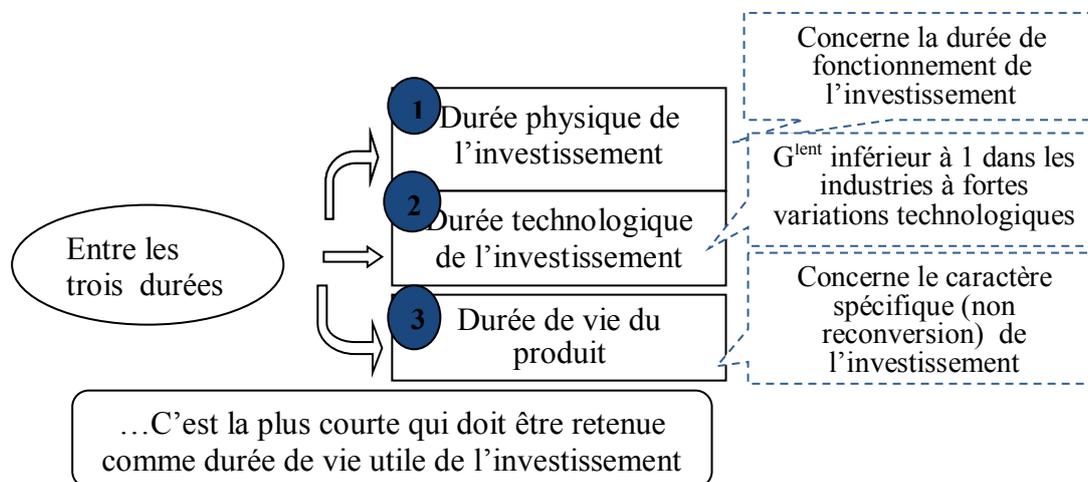
### **1.2.1. Le choix de l'investissement**

Avant d'aborder la question de choix d'investissement, nous allons d'abord se pencher sur les notions qui caractérisent un investissement, à savoir :

- La notion de durée : la durée d'un investissement regroupe trois périodes :
  - ▶ La période de préparation à l'investissement : cette période correspond à la période de réflexion sur l'opportunité d'investissement, son coût n'est généralement pas pris en considération lors de l'estimation des coûts d'investissement.
  - ▶ La période d'investissement : c'est la période de réalisation de l'investissement, elle correspond à l'étape de mise de fonds (investissement initial).
  - ▶ Période d'exploitation ou durée de vie économique : c'est la dernière période de la durée de vie d'un investissement, elle correspond à l'étape de réalisation des résultats de la mise de fonds où de l'investissement initial. A son tour cette

période est fondée sur trois notions distinctes telles montrées par le graphe ci-après.

Figure n° I.02: La période d'exploitation ou durée d'utilité



Source : conçu par nos soins à partir J. Margerin et G. Ausset (1987).

- La notion de rendement et d'efficacité : le rendement d'un investissement n'est autre que la compensation entre les sorties de fonds (investissement initial) et les flux financiers positifs espérés. On parle de rentabilité économique prévisible (accroissement de la production, nouvelles activités, résultats supplémentaires...). Une unité monétaire disponible tout de suite et une unité monétaire disponible dans quelques années constituent deux biens économiques différents<sup>1</sup>. Dans cette situation, l'actualisation permet d'établir des équivalences entre des sommes d'argent disponibles à des époques différentes (Dor 81). le taux d'actualisation fait figure de lien entre le présent et l'avenir. Il joue donc un rôle fondamental pour le calcul de rentabilité d'un investissement.
- La notion de risque : l'investissement implique un arbitrage entre présent et futur. Il y a une sortie de fonds dans le présent qui comporte toujours une part de risque lié à l'avenir incertain. En effet, les résultats attendus sont des variables aléatoires qui dépendent de variables internes et externes au projet (l'environnement du projet). Edmond Malinvaud (1987)<sup>2</sup> a, quant à lui, insisté sur les notions d'incertitude, et

<sup>1</sup> Fumey M, « Méthode d'Evaluation des Risques Agrégés : application au choix des investissements de renouvellement d'installations », thèse de doctorat : systèmes industriels, l'institut national polytechnique de Toulouse, 2001.

<sup>2</sup> Malinvaud E, « Capital productif, incertitude et profitabilité » annales d'économie et de statistique, n°5, 1987, P 1-36.

d'irréversibilité des investissements, pour mettre en relief l'importance des calculs de rentabilité dans les décisions d'investissement.

Chaque projet d'investissement va être analysé en détail selon 5 points :

- ▶ Etude marketing et commerciale – étude sur terrain (ex. capacité de générer un chiffre d'affaire);
- ▶ Faisabilité technique capacité de fabriquer le produit définit ;
- ▶ Etude d'impact du projet – il faut voir tout au long de son exploitation, ses conséquences sur les variables de l'entreprise ;
- ▶ Etude financière du projet – on compare le coût de l'investissement avec ce qu'il doit rapporter dans le futur ;
- ▶ Etude de risque inhérent du projet – question de fiabilité des prévisions.

### **1.2.2. les méthodes traditionnelles d'évaluation de projet**

Pour ce qui est de notre travail, nous nous intéressons à l'évaluation et au choix d'investissement sous l'angle de l'étude financière du projet en se penchant sur la mesure de la rentabilité économique.

Un des aspects essentiel de la politique d'investissement consiste à s'assurer que les projets envisagés sont rentables. Dans tous les cas la rentabilité (financière) d'une entreprise est sa capacité à générer plus de richesse qu'elle en consomme. Les critères de choix d'investissement visent à maximiser la valeur de la firme.

Un panel de méthodes d'évaluation d'investissement s'offre aux entreprises. Chacune de ces méthodes présente des spécificités et caractéristiques propres. Le choix de critère d'évaluation s'opère selon l'objectif poursuivi par l'entreprise ainsi que le projet d'investissement.

Tableau I.01: les critères d'évaluation d'investissement et leurs caractéristiques

Critères	Caractéristiques
VAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure l'avantage absolu d'un projet</li> <li>• Ne permet pas de comparer des projets avec des capitaux investis différents.</li> </ul>
IP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure l'avantage relatif d'un projet</li> <li>• Convient aux projets avec des capitaux investis différents</li> </ul>
TRI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesure la rentabilité globale d'un projet</li> </ul>
DR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permet de considérer le risque d'un projet</li> <li>• Favorise le risque au détriment de la rentabilité</li> </ul>

*Source* : cours de Nathalie Gardes " finance d'entreprise " Maitre de conférences en gestion

### 1.2.2.1. La valeur actuelle nette (VAN)

En premier lieu nous avançons une technique de choix des investissements en gestion financière fondée sur l'analyse économique néoclassique<sup>1</sup>, qui est le calcul de la valeur actuelle nette de l'investissement.

#### 1.2.2.1.1. Définition de la VAN

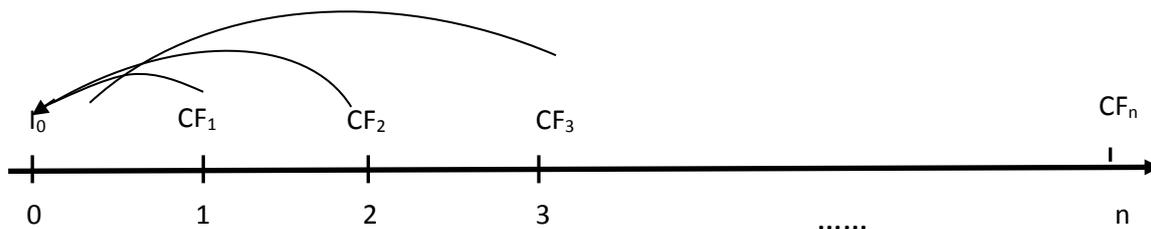
Cette technique qui s'applique tant à l'investissement physique qu'aux placements financiers n'est autres qu'un indicateur qui permet de prendre la décision quant à la rentabilité ou pas d'un projet d'investissement. Le fonctionnement de la valeur actuelle nette consiste à comparer le gain d'un projet à son investissement initial.

L'équation fondamentale de la valeur actuelle nette s'écrit comme suit :

$$VAN = - I_0 - \frac{CF_1}{(1+r)} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \frac{CF_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n}$$

$$\text{d'où: } VAN = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

<sup>1</sup> Pierrat C, « La gestion financière de l'entreprise », édition la découverte, Paris, 2006, P.94.



$CF_i$  = Flux monétaire

$r$  : le cout du capital, qui incorpore la prime de risque du projet ;

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

### 1.2.2.1.2. Critères de sélection des projets

Tel le souligne Harberger (1976), toutes les formes d'investissement devront être choisies selon le critère de la VAN pour pouvoir déterminer leur faisabilité. Pour qu'un projet d'investissement soit acceptable, sa VAN doit être strictement positive. Dans le cas d'VAN du projet est négative, c'est-à-dire que la valeur actualisée des bénéfices est inférieure à la valeur actualisée des coûts, le projet doit être rejeté. Ce projet est d'autant plus intéressant lorsque sa VAN est élevée. Entre plusieurs projets, on choisit celui qui possède la plus forte valeur actuelle nette. Ainsi, les investissements à VAN positive permettent de :

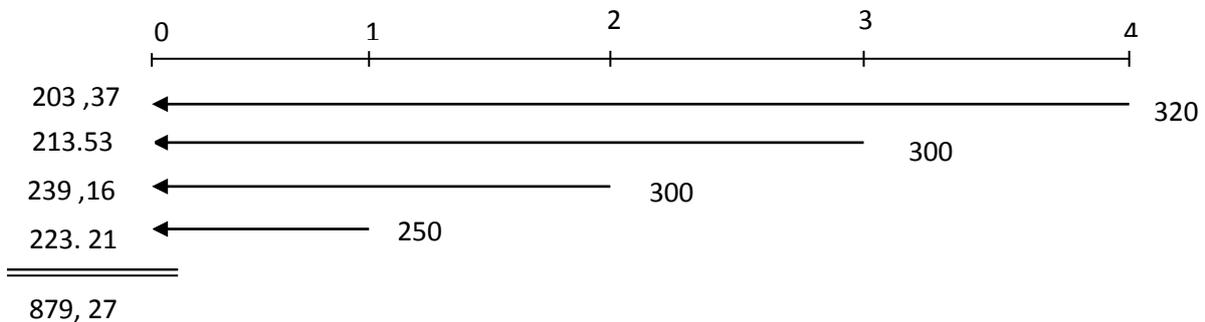
- Rembourser le capital initialement investi ( $I_0$ )
- Rémunérer les capitaux aux taux d'actualisation retenu ( $r$ )
- Dégager un surplus (égal à la VAN), contribuant à l'accroissement de la richesse des actionnaires.

#### Illustration de la démarche :

Soit un projet d'investissement dont les flux de trésorerie sont résumés dans le tableau ci-dessous. Le taux d'actualisation est de 12%.

Année	0	1	2	3	4
	- 600	250	300	300	320

Le principe de la VAN consiste à ramener à la date 0 l'ensemble des flux, en les actualisant<sup>1</sup>.



La valeur actualisée nette est :

$$VAN = - 600 + \frac{250}{(1,12)^1} + \frac{300}{(1,12)^2} + \frac{300}{(1,12)^3} + \frac{320}{(1,12)^4} = - 600 + 879,27 = 279,28$$

La VAN du projet étant positive, le projet est donc rentable et peut être réalisé. Cela signifie que le projet a permis de rembourser les fonds investis, en tenant compte d'un taux de rémunération de 12% et qu'il a généré un surplus. Ce surplus représente la valeur créée par le projet.

Néanmoins, selon les travaux de Lyn et Al (1975), qui montrent qu'en pratique les projets dont la valeur actuelle nette est positive ou nulle ne sont pas nécessairement acceptable et ce pour deux raisons principales :

- La première, est que les prix de référence de certains intrants ne peuvent pratiquement pas être appréciés indépendamment du processus d'évaluation du projet. De ce, découle le risque d'une sous-estimation des coûts d'opportunité de ces intrants puisque l'on peut ne pas pouvoir identifier les meilleures autres facultés qui s'offrent à leur emploi. Dans la pratique, l'étude approfondie couvrant toutes les possibilités concevables n'est faite que d'une façon très restreinte, il faut rappeler néanmoins qu'un projet peut avoir une VAN élevée parce que l'on n'a pas poussé suffisamment loin la recherche de variantes susceptibles de la remplacer ;
- La deuxième, tout comme le mentionne d'ailleurs Ray (1984) et Bergeron(2005) aussi, beaucoup de projet s'excluent mutuellement de par leur nature de sorte que si l'on choisit l'un, on ne peut entreprendre l'autre. Dans ce cas, il ne suffit pas de

<sup>1</sup> Www .numilog.com, consulté en Mars 2015

sélectionner le projet qui a une VAN positive, mais plutôt celui qui a la VAN la plus élevée.

Le calcul de la valeur actuelle nette d'un projet consiste à déterminer :

- ▶ Le montant à investir nécessaire à la réalisation du projet ;
- ▶ Le moment où ces dépenses d'investissement devront être consenties ;
- ▶ Le montant des cash-flows (tant positifs que négatif) que va générer le projet ;
- ▶ Le moment où les cash-flows du projet seront générés ;
- ▶ Le risque sous au projet. A ce risque correspond un certain niveau de rendement exigé par l'intervenant qui investit dans le projet. Ce niveau de rendement est le taux d'actualisation utilisé pour estimer la valeur actuelle du projet.

### 1.2.2.2. L'indice de profitabilité (IP)

La valeur actuelle nette fournit une valeur absolue, elle mesure l'avantage absolu susceptible d'être retiré d'un projet d'investissement. L'indice de profitabilité quant à lui, mesure l'avantage relatif, c'est-à-dire pour une unité monétaire de capital investi.

#### 1.2.2.2.1. Définition de l'IP

L'indice de profitabilité ou de rentabilité mesure le nombre de fois que l'on récupère en recette le montant de l'investissement effectué. Il mesure donc l'efficacité du capital investi et permet de comparer des investissements de montant différents. L'indice de rentabilité est le rapport entre le cumul actualisé des flux de trésorerie et le capital investi.

La formule de l'indice de profitabilité est donc la suivante :

$$IP = \frac{\sum_{i=1}^n CF_i(1+t)^{-i}}{I}$$

Avec:

I: le montant de l'investissement

CF<sub>i</sub>: le montant des flux de trésorerie

r : le taux d'actualisation

Plus le nombre des cash-flows positifs futurs est important, plus l'indice de profitabilité de l'investissement sera élevé.

**1.2.2.2. le critère de sélection**

Selon ce critère, La règle de rentabilité et d'acceptabilité des projets d'investissement est comme suit :

L'orque il est supérieur à 1, l'indice de profitabilité indique un investissement rentable financièrement, créateur de valeur.

Inversement, un indice de profitabilité inférieur à 1 indique un investissement financièrement non rentable, destructeur de valeur.

Dans le cas d'une multitude de projets, l'indice de profitabilité sert à établir une comparaison entre les différents projets d'investissement et à sélectionner celui qui maximise la création de valeur par unité monétaire investie. C'est-à-dire celui dont l'indice de profitabilité est le plus élevé.

**Illustration :**

Prenons l'exemple d'un investissement coutant 100 à mettre en place, et dont les flux de trésorerie futurs espérés seraient les suivants :

<b>Année</b>	1	2	3	4
<b>Flux de trésorerie</b>	55	45	40	25

Le taux d'actualisation retenu pour ce projet est de 12%. La valeur présente des flux de trésorerie est donc égal à :

$$\sum_{i=1}^N \frac{Flux_i}{(1+r)^i} = \frac{55}{(1,12)^1} + \frac{45}{(1,12)^2} + \frac{40}{(1,12)^3} + \frac{25}{(1,12)^4} = 129,34€$$

Par conséquent, l'indice de profitabilité est égal à :

$$\text{Indice de profitabilité} = \frac{129,34}{100} = 1,2934$$

La valeur actuelle nette de cet investissement est positive et vaut 129,34 – 100 = 29,34€. Il s'agit donc, dans tous les cas, d'un investissement attractif.

Un indice de profitabilité de 1,29 signifie que, pour chaque unité monétaire investie, la valeur actuelle nette dégagée est de 0,29. L'indice de profitabilité est donc une mesure immédiate de la création de valeur actuelle nette.

### 1.2.2.3. Le taux de rentabilité interne (TRI)

Le taux de rendement interne (TRI) est un autre critère couramment utilisé, il est un indicateur important qui permet de mesurer la pertinence d'un projet. Il consiste à déterminer le rendement fourni par l'investissement initial en considérant les flux monétaires que le projet génère.

Comme le mentionne Ross et Al (1999), dans la pratique traditionnelle de l'analyse coûts-bénéfices, on calcule le taux de rentabilité économique, c'est-à-dire le taux d'actualisation pour lequel la valeur actuelle nette du projet est égale à zéro.

#### 1.2.2.3.1. Définition du TRI

Le taux de rentabilité interne est le taux  $t$  pour lequel il ya équivalence entre le capital investi et les cash-flows générés par ce projet. Dans sa formulation mathématique, il ressemble à la VAN car le TRI est le taux d'actualisation qui annule la VAN car le TRI est le taux d'actualisation qui rend la VAN égal à zéro, comme le montre la formulation mathématique suivante :

$$-I + \sum_{n=1}^N \frac{CF_t}{(1+r)^t} = 0$$

Avec :

$I_0$  : investissement initial

$CF_t$  : flux monétaire de la période  $i$

TRI : taux de rendement

#### 1.2.2.3.2. critères de sélection

Tout projet dont le taux de rendement interne est inférieur au taux de rentabilité minimum exigé par l'entreprise sera rejeté. Ce taux est appelé "taux de rejet". Entre plusieurs projets acceptables, le projet possédant le taux de rendement interne le plus élevé sera retenu.

Autrement dit, le taux de rendement interne correspond au taux d'intérêt maximum que peut supporter le projet. Si les taux d'intérêt en vigueur dans la société sont supérieurs à ce TRI, le projet sera considéré comme non rentable, car avec un tel taux d'intérêt le bénéfice actualisé du projet est négatif. Il est alors plus rémunérateur de placer ses capitaux sur le marché financier que d'entreprendre le projet en question. A l'inverse, le projet sera

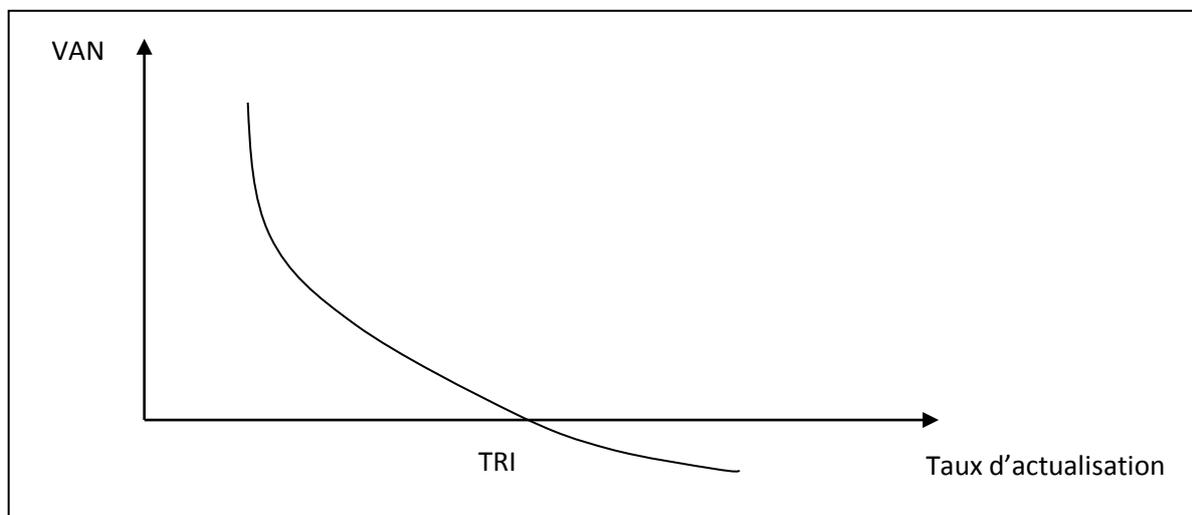
considéré rentable si le taux de rendement interne est supérieur au taux d'intérêt qui prévalent dans la société, il est alors en effet plus rentable de réaliser le projet.

Néanmoins, les projets dont le taux de rendement interne est le plus élevé ne sont pas nécessairement ceux qui procurent les plus grands bénéfices actualisés. En effet, un TRI très élevé peut éventuellement signifier que sa rentabilité est insensible aux variations des taux d'intérêt avec parfois un bénéfice actualisé peu élevé.

### ♣ Représentation graphique

Le taux de rentabilité interne est clairement identifié sur le graphique qui suit. C'est le point où la courbe coupe l'axe des abscisses, la courbe montre une mesure de la sensibilité de la valeur actuelle nette selon les variations de la valeur du taux d'actualisation. La pente de la VAN est une mesure de la sensibilité du taux d'actualisation au projet. Tout comme la méthode de valeur actuelle nette, le TRI tient compte de la valeur temps et du timing des cash-flows.

**Figure n° I.03: Représentation graphique du taux de rendement interne et sa relation avec la valeur actuelle nette**



*Source* : Dossogne S, « Valorisation et cession d'entreprise », édition des CCI, (2003), p69

L'avantage du taux de rentabilité interne est qu'il peut être utilisé même quand le taux d'actualisation est inconnu, mais cette possibilité sera exclue une fois arrivé au stade de la prise décision. Le taux de rentabilité interne doit être comparé aux taux d'actualisation.

Néanmoins, le plus gros problème de la mesure du TRI est qu'il ya des catégories d'investissements pour lesquelles le TRI ne peut pas servir de base d'évaluation, notamment :

- Certains investissements peuvent avoir plus d'un TRI, l'utilisation du critère TRI comme règle de décision n'est pas satisfaisant ;
- Les projets d'investissements dont les coûts ne sont pas clairement identifiés ou bien étalés dans le temps avec des cash-flows positifs à la fin de chaque période, leur évaluation par le critère de TRI n'est pas raisonnable.

Pour Squire (1975), le TRI est un instrument défectueux pour mesurer les bénéfices respectifs des projets s'excluant mutuellement, comme le confirme aussi Ray (1984) quelques années plus tard, le critère de TRI doit être évité lorsqu'on compare des projets mutuellement exclusifs. Un projet avec un TRI plus élevé n'est pas nécessairement celui qui a la VAN la plus élevée et n'est pas nécessairement le meilleur projet.

#### 1.2.2.4. Le délai de récupération

Cette méthode dans l'esprit est proche de la méthode du seuil de rentabilité utilisé en comptabilité analytique. Le délai de récupération correspond au nombre de périodes nécessaires pour récupérer la mise initiale.

##### 1.2.2.4.1. Définition du DR

Le délai de récupération est couramment appelé Play back, c'est le temps au bout duquel le montant cumulé des cash-flows actualisés est égal au montant du capital investi. Autrement dit, le délai de récupération est le nombre d'année nécessaires pour que l'investissement soit rentable.

Mathématiquement, le délai de récupération est obtenu en appliquant la formule :

$$DR = \sum_{t=1}^t \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0$$

Avec:

$I_0$  : l'investissement initial

CF: cash flows

$i$  : taux d'actualisation

**1.2.2.4.2. critères de sélections des projets**

Plus le délai de récupération est court, plus le projet est supposé être intéressant, en raison :

- Du risque couru par l'entreprise (plus l'horizon est éloigné, moins les prévisions sont stables et plus l'environnement est incertain) ;
- De la rentabilité (en général, plus le délai de récupération est court plus le projet est rentable).

L'intérêt de cette méthode permet à l'entreprise de se fixer arbitrairement un délai limite et éliminer par conséquent tout projet pour lequel le délai de récupération est supérieur à cette date.

Bien que cette méthode tienne compte du temps et qu'elle utilise des cash-flows prévisionnels, elle souffre de plusieurs lacunes rendant ce critère moins intéressant à savoir :

- Ce critère n'accorde aucune importance aux cash-flows dégagés après le délai de récupération, ainsi plusieurs projets rentables à long terme ne seront pas considérés par l'entreprise ce qui biaise l'opération de sélection des projets. Il ne peut donc être utilisé pour mesurer la rentabilité ;
- L'établissement de la période limite après laquelle les investissements ne sont plus acceptés. C'est une période fixée arbitrairement par les gestionnaires ne laissant ainsi pas de place à l'objectivité.

Ce critère de sélection présente donc plusieurs déficiences et peut donc procurer des décisions sous optimales pour l'environnement.

Notons cependant, que si ce critère est critiqué par les théoriciens. Il est largement employé en pratique comme complément aux autres critères plus élaborés, car elle donne aux dirigeants une vision limitée du risque et de la liquidité du projet.

**1.3. Les insuffisances des modèles classiques**

Les méthodes traditionnelles de sélection d'investissement, reposent pour la plupart sur une approche similaire, à savoir :

- L'évaluation des flux de trésorerie (positifs ou négatifs) générés par l'investissement ;

- L'actualisation de ces flux pour une prise en compte de l'échéancier des encaissements et décaissements ;
- Comparaison de ces flux actualisés avec la mise de fond initial.

Celle-ci, sous ses différentes méthodes, permettent de sélectionner les projets qui vont utiliser de manière efficace les capitaux existants. En revanche, leur utilisation induit de nombreuses hypothèses implicites. La mise en œuvre de ces techniques se heurte généralement aux difficultés suivantes :

### **1.3.1. Détermination exhaustive du coût du projet**

En pratique, un projet d'investissement se limite rarement à l'achat d'une seule immobilisation, les dépenses d'investissement sont de nature variable sur lesquelles il faut se pencher et recenser de plus près. Ces dépenses se manifestent sous les formes suivantes :

- Les coûts accessoires d'achat ;
- Les coûts de formations ;
- Les BFR additionnels en cas d'investissement de capacité ou de lancement d'un produit nouveau.

Toutefois, d'autres difficultés implicites surgissent, c'est le cas où le nouvel investissement entraîne l'arrêt ou le ralentissement des activités existantes, et où cet investissement implique des réorganisations (indemnités de départ, par exemple) occasionnant ainsi une charge pour l'entreprise. Ces éléments devront également être chiffrés pour les inclure dans la détermination du coût complet du projet.

Prenant l'exemple d'identification exhaustive des coûts d'un projet informatique, celle-ci est également difficile ; c'est le cas, en particulier, lorsqu'il s'agit de chiffrer l'impact de la perte de productivité (ou de chiffre d'affaires) due à l'implantation du nouveau système.

### **1.3.2. Savoir évaluer les bénéfices futurs**

#### **1.3.2.1. L'incertitude liée aux prévisions**

Partant de la théorie financière qui stipule que l'évaluation d'un investissement est au regard de son risque, l'enjeu de cette évaluation consiste alors à quantifier ce risque du point de vue monétaire.

En effet, la démarche de calcul de rentabilité d'un investissement se base sur un raisonnement en termes de flux de trésorerie et non en termes de résultats comptables.

L'évaluation des flux futurs comporte l'incertitude habituelle liée à toute prévision. Cette difficulté est d'autant plus forte qu'il s'agit d'un produit ou d'un processus nouveau pour lequel l'entreprise n'a pas, par définition, d'expérience.

Dans cette perspective, évaluer un projet d'investissement par la VAN revient, notamment, à actualiser une séquence d'espérances de flux de trésorerie risqués sur un horizon de temps donné, avec un taux d'actualisation pertinent au regard du risque du projet. Dans la pratique, l'utilisation de cette formule est réalisée en actualisant au coût du capital une séquence de flux de trésorerie futurs, calculés sur la base d'une activité moyenne. Or, cette manière de faire peut poser des problèmes importants en engendrant des phénomènes de sur ou de sous-évaluation induits par des hypothèses implicites liées à la dynamique du taux d'actualisation ou à la forme de la distribution des flux de trésorerie futurs. Ceci peut geler les possibilités de développement parallèles.

Dans cette logique, l'application de la VAN à *Apple computer* 1995-1996 aurait amené l'entreprise à abandonner les investissements productifs liés aux ordinateurs personnels. L'analyse en termes d'option réelles l'aurait quant à elle, conduit à poursuivre l'activité dans la mesure où elle considère cette période de perte comme "le prix à payer pour maintenir en activité une entreprise susceptible de faire d'important profit dans le futur".

S'agissant des projets informatiques, mesurer économiquement la rentabilité d'un tel investissement est particulièrement délicat et ce, pour plusieurs raisons :

- les bénéfices attendus sont difficiles à quantifier (il s'agit généralement de réduire les coûts, améliorer la qualité, fiabiliser ou rationaliser certains process tels que les tâches administratives...);
- Le chiffrage de ces actions est d'autant plus délicat que les projets informatiques ont souvent une incidence sur le fonctionnement et la rentabilité d'ensemble de l'entreprise et sont rarement circonscrits à un domaine applicatif ciblé ;

Par ailleurs, il convient de faire intervenir dans le raisonnement les conséquences du non-investissement en particulier en termes de perte de compétitivité de l'entreprise par rapport aux concurrents.

Toutes ces raisons expliquent la difficulté de mesurer selon les critères économiques traditionnels la rentabilité de ce type de projet. Cet effort de chiffrage doit néanmoins être

entrepris car il permet, outre l'aspect économique, de se poser les questions de fond essentielles à cette décision d'investissement.

### **1.3.2.2. L'incertitude liée à l'horizon**

Déterminer le nombre d'année de flux à prendre en compte peut également être source de difficultés.

Plus la période retenue sera longue, plus la probabilité d'établir la rentabilité du projet sera élevée. Le profil des flux sur la période de calcul a également son importance : ainsi, un scénario faisant apparaître des flux faibles (ou même négatifs) en début de période et des flux importants en fin de période devra faire l'objet d'une analyse approfondie, car le mécanisme de l'actualisation a pour conséquence de pondérer davantage les flux proches dans le temps, alors que les flux éloignés pèseront moins dans le résultat final.

Généralement, s'agissant d'un investissement matériel simple, l'horizon couvrira la durée de vie physique de l'immobilisation acquise. Dans des cas plus complexes, il conviendra de prévoir le renouvellement de certains matériels (ou parties de matériels).

### **1.3.2.3. L'incertitude liée au choix du taux d'actualisation**

L'estimation du taux d'actualisation est un point clé des méthodes d'évaluation par la valeur actuelle nette ou ses dérivés.

Partant du principe que les flux futurs interviennent à des périodes différentes, il est nécessaire, préalablement à leur agrégation, de les actualiser. Les flux seront donc pondérés par le facteur temps. Plusieurs méthodes permettent de calculer le coût des capitaux propres ; citons l'approche par les dividendes (Méthode de Gordon Shapiro) ainsi que la méthode MEDAF (Modèle d'équilibre des actifs financiers) développé par Sharpe (1964) et Lintner (1965).

Plusieurs limites peuvent être associées à cette manière de procéder. La première consiste à prendre le coût du capital de l'entreprise et non du projet. Cette approche n'est pas cohérente avec les principes de la théorie financière puisque cela revient à réaliser les évaluations en faisant l'hypothèse que tous les projets d'une même entreprise ont le même risque<sup>1</sup>. Il est très difficile voire impossible de trouver un taux d'actualisation approprié pour

---

<sup>1</sup> Schier G, « Apports et limites des options réelles à l'évaluation des projets d'investissement », revue Vie & science de l'entreprise, Numéro 168-169, 2005.

chaque profil de projet permettant d'appliquer de manière cohérente la méthode usuelle de la VAN<sup>1</sup> Or, les différentes étapes de la durée de vie du projet peuvent être reliées à différents profils de risque. C'est par exemple le cas quand le risque du projet est très différent du risque normal de l'entreprise, quand les flux de trésorerie du projet sont très volatils, quand le financement du projet vient modifier significativement la structure capitale du risque.

La seconde limite porte sur l'utilisation du MEDAF, modèle mono périodique par construction, pour évaluer un projet d'investissement sur plusieurs périodes. Il consiste à définir un taux d'actualisation ajusté au risque qui n'est autre que la somme du taux d'intérêt sans risque et d'une prime de risque. De nombreux auteurs ont reconnu les risques d'erreurs liés à cette pratique, selon eux le modèle pose des hypothèses trop simple ne sont pas vérifiées dans la réalité. Le choix du taux d'actualisation, évident au regard de la théorie micro économique, reste problématique en pratique (Colasse, 1972)<sup>2</sup>.

### **1.3.3. la distribution statistique des flux de trésorerie**

Il faut noter que la formule de la VAN implique d'actualiser non pas une séquence de flux, mais une séquence d'espérance de flux (auquel faut spécifier la distribution de probabilité de ces flux dont les caractéristiques définissent le profil de risque du projet).

Dans la pratique, il est souvent considéré un flux moyen du cash-flow futur, sans expliciter les différents scénarios d'évolution possible et les problèmes associés et considérer le scénario moyen comme le plus probable. Palm, Pearson et Read (1986) ont ainsi montré que l'utilisation de ce cash-flow moyen conduit à une VAN erronée, elle peut aboutir à formuler de manière implicite des hypothèses irrationnelle sur le plan économique.

### **1.3.4. Non valorisation des actions stratégiques des dirigeants**

Enfin, la quatrième critique majeure de la valeur actuelle nette concerne la non prise en compte de la flexibilité des projets. Autrement dit son caractère statique. La VAN présuppose en effet que les caractéristiques du projet que l'on évalue sont fixées une fois pour toute, et que, quelle que soit l'évolution de la conjoncture, les dirigeants n'interviendront plus sur l'investissement réalisé. En d'autres termes, on fait l'hypothèse qu'en cas de perte, les dirigeants laisseront s'accumuler les déficits sans intervenir, ou qu'à l'inverse, en cas de

---

<sup>1</sup> Boyer M, Gravel E, « Evaluation des projets : valeur actuelle nette optimisée (VAN –O) », revue assurance et gestion des risques, numéro 74 volume 2,2006.

<sup>2</sup> Pezet A, (1999), op.cit.

réussite exceptionnelle, ils n'essayeront pas de maximiser la valeur du projet en faisant réaliser des extensions de capacité.

Brennan et Schwartz (1985) et Dos Santos (1991) <sup>1</sup>mettent en exergue que La VAN ne permet pas d'intégrer les logiques managériales dans l'évaluation pour des questions techniques spécifiques au mode de calcul de la VAN qui impose une forme de linéarité dans les projections financières. Utiliser la VAN pour évaluer un projet d'investissement à long terme revient à faire un pari sur plusieurs années stipulant que l'environnement ne bougera pas, que le projet sera toujours adapté et que dans tous les cas le management n'interviendra pas.

Ce dernier point constitue la critique la plus virulente à l'égard de ces méthodes d'évaluation, qui se révèlent être un outil statique, incapable de prendre en compte la gestion dynamique du projet. En d'autres termes les méthodes d'évaluation classiques ne permettent pas de valoriser les actions stratégiques des dirigeants, qui, de fait, agissent tout au long de la durée de vie du projet en adaptant en permanence ses caractéristiques aux exigences de l'environnement. Or, ces actions ont une implication profonde au niveau du couple rentabilité/risque du projet. La non prise en compte de la flexibilité par la VAN peut amener à des écarts importants de valorisation de plusieurs dizaines de pour cent. Dans certains cas, la sous-évaluation est telle que des projets créateurs de valeur sont rejetés.

Le tableau ci-après résume les points précédemment énumérés concernant les failles des modèles classiques d'évaluation. Le recours aux méthodes d'actualisation se confronte à des réalités différentes ou contraignantes des hypothèses du modèle. La prise en considération de la flexibilité managériale et des opportunités du changement ou d'ajustement des décisions prises en fonction des évolutions au fil du temps remet en cause le caractère statique du modèle<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Boyer M, Gravel E, (2006), op.cit.

<sup>2</sup> Mun J, « *Real option analysis versus traditional DCF valuation in layman's terms* », 2006. Document de travail.

Tableau I.02: *Disadvantages of DCF assumptions versus Realities*

<i>DCF Assumptions</i>	<i>Realities</i>
<i>Decisions are made now, and cash flow streams are fixed for the future.</i>	<i>Uncertainty and variability in future outcomes. Not all decisions are made today as some may be deferred to the future, when uncertainty becomes resolved.</i>
<i>Projects are "mini firms", and they are interchangeable with whole firms.</i>	<i>With the inclusion of network effects, diversification, interdependencies, and synergy, firms are portfolios of projects and their resulting cash flows. Sometimes projects cannot be evaluated as stand-alone cash flows.</i>
<i>Once launched, all projects are passively managed.</i>	<i>Projects are usually actively managed through project lifecycle, including checkpoints, decision options, budget constraints, etc.</i>
<i>Future free cash flow streams are all highly predictable and deterministic.</i>	<i>It may be difficult to estimate future cash flows as they are usually stochastic and risky in nature.</i>
<i>Project discount rate used in the opportunity cost of capital, which is proportional to non-diversifiable risk.</i>	<i>There are multiple sources of business risks with different characteristics, and some are diversifiable across projects or time.</i>
<i>All risks are completely accounted for by the discount rate.</i>	<i>Firm and project risk can change during the course of a project.</i>
<i>All factors that could affect the outcome of the project and value to the investors are reflected in the DCF model through the NPV or IRR.</i>	<i>Because of project complexity and so-called externalities, it may be difficult or impossible to quantify all factors in terms of incremental cash flows. Distributed, unplanned outcomes (e.g., strategic vision and entrepreneurial activity) can be significant and strategically important.</i>
<i>Unknown, intangible, or immeasurable factors are valued at zero.</i>	<i>Many of important benefits are intangible assets or qualitative strategic positions.</i>

**Source:** Mun J, « *Real option analysis versus traditional DCF valuation in layman's terms* », 2006 .

Document de travail.

Les limites des méthodes traditionnelles de valorisation fondées sur le principe d'actualisation ignorant un certain nombre de caractéristiques fondamentales, qui sont pourtant à prendre en compte au moment d'une décision d'investissement productif (Kester, 1984 ;Avinash, Pindyck,1995,Chesney, Quittart-pinon,1999 ;Bellalah,2000), poussent les décideurs à adopter une nouvelle approche capable de surmonter les insuffisances de l'analyse traditionnelle dans la prise en compte de l'incertitude et de la flexibilité associées

aux investissements. Les défenseurs de cette approche, dite l'approche des options réelles, mettent l'accent sur le fait qu'une réelle compréhension de ces limites et des implications de l'approche classique constitue une condition importante pour réussir l'introduction des options réelles au sein de l'entreprise.

## **Section 2 : les options financières**

La croissance de l'activité des marchés des capitaux, l'avènement ou l'émergence de la notion de risque et tant d'autres de faits ont forgé la création et le développement de formules de transactions de plus en plus sophistiqués.

Le passage des opérations au comptant vers un autre mode de fonctionnement, notamment avec le développement des opérations à termes fermes puis celles à terme conditionnelles : le marché d'option, constitue actuellement l'appendice des marchés financiers.

Un nouveau domaine voit le jour, le domaine des mathématiques financières. L'apport majeur est la compréhension et la quantification des phénomènes régissant les marchés financiers. Les mathématiques financières voient le jour grâce aux travaux de Bachelier 1900, considéré comme étant l'initiateur de cette discipline. Elle prend une autre dimension vers les années soixante-dix, notamment après le fameux article de Black, Scholes et Merton. Depuis les options ont foisonné le marché.

Les options sont des actifs financiers conditionnels dont l'intérêt réside dans la flexibilité ou encore la réversibilité offertes à l'acheteur d'un tel produit. Elles permettent mieux que tout autre instrument financier de modifier l'exposition aux risques dans une économie mondialisée aussi innovante que volatile.

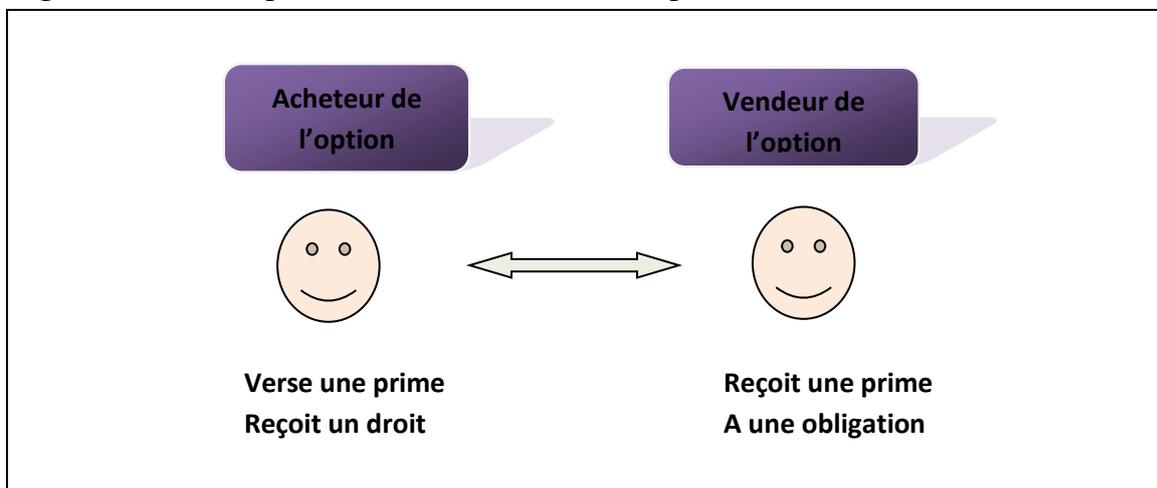
Contrairement au contrat à terme, l'apport des options est dans la protection qu'elles offrent à l'investisseur qui est libre de décider de ne pas effectuer la dite transaction.

### **2.1. Définition et caractéristiques d'une option**

Une option est un instrument financier qui fait partie des produits dérivés, dont la détention en échange du paiement d'une prime procure le droit et non l'obligation, d'acheter

ou de vendre un actif support (le sous-jacent) à une date précise ou pendant une période donnée et pour un prix donné, déterminé à l'avance, appelé prix d'exercice<sup>1</sup>.

**Figure n° I.04 : Représentation d'un contrat d'option**



*Source* : conçu par nos soins

Un produit est dit produit dérivé lorsque sa valeur dépend fortement d'un actif support. Les actifs en question, appelés actifs sous-jacents, peuvent être des valeurs mobilières (action, obligation...), des contrats futures, des indices boursiers, de l'or, et bien sûr des devises. Dans ce dernier cas, on les appelle options de change.

Lors de l'acquisition d'une option, l'acheteur (le détenteur) paie une prime au vendeur. Le détenteur obtient aussi le droit de décider de la suite des événements. Quant au vendeur (le signataire), il doit se soumettre à la décision du détenteur. Il importe de comprendre qu'un contrat d'option représente un droit de la part de l'acheteur et une obligation de la part du vendeur d'effectuer une transaction à une date future.

La définition de l'option révèle un caractère central de l'approche. Il s'agit de l'asymétrie. Cette dernière reflète le fait que le détenteur de l'option bénéficie des évolutions favorables sans avoir à supporter les situations défavorable, ce qui met le vendeur dans une situation d'obligation (contrat de subordination).

Dans le jargon financier/boursier, la distinction concernant le prix d'exercice des options revient souvent. De cette distinction découle les notions suivantes : à la monnaie,

<sup>1</sup>El Karoui N, « Couverture des risques dans les marchés financiers », Ecole Polytechnique, 2004.

dans la monnaie, en dehors de la monnaie. Ces termes désignent l'écart qui peut exister entre le cours du sous-jacent et le prix d'exercice<sup>1</sup>.

- **Option dans la monnaie :** une option est dite dans la monnaie renvoie au degré de différence entre le prix de l'actif sous-jacent et le prix d'exercice. Pour l'option d'achat, lorsque le prix d'exercice de l'option est inférieure au prix de l'actif sous-jacent. alors que une option de vente est dans la monnaie lorsque le prix d'exercice de l'option est supérieur au prix du sous-jacent.
- **Option hors de la monnaie :** une option d'achat est en dehors de la monnaie lorsque le prix d'exercice est supérieur au cours du sous-jacent. Tans dis qu'une option de vente est dite en dehors de la monnaie lorsque le prix d'exercice est inférieur au cours du sous-jacent. Ce qui signifie que le prix d'exercice ne joue pas en faveur de l'investisseur.
- **Option à la monnaie :** il s'agit du schéma le plus classique, une option est à la monnaie quant son prix d'exercice avoisine son cours du sous-jacent. Dans ce cas de figure la valeur intrinsèque de l'option est nulle.

---

<sup>1</sup> <http://labourseauquotidien.fr/>

Figure n° I.05: la logique optionnelle



Source : <http://fr.meteofinanza.com/derivati-finanziari/>

## 2.2. Les types d'options

Selon le critère de différenciation retenu, on peut admettre différentes typologies d'options.

### 2.2.1. Selon le droit d'achat ou de vente

Selon le droit d'achat ou de vente, nous pouvons distinguer deux catégories d'option : des options d'achat et des options de vente.

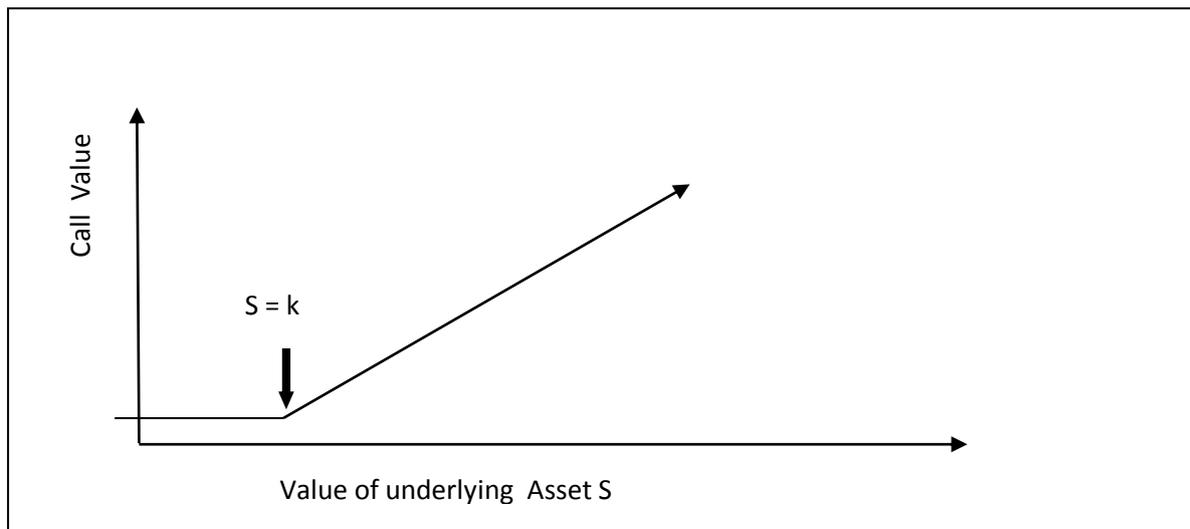
#### 2.2.1.1. L'option d'achat

Une option d'achat appelée aussi call est un contrat entre deux parties d'une durée précise donnant à son détenteur le droit et non l'obligation d'acheter l'actif sous-jacent à un prix prédéterminé.

L'acheteur de l'option n'exercera son droit que si le cours du sous-jacent est supérieur au point mort (point auquel il n'y a ni perte ni profit)<sup>1</sup>. L'acheteur d'un call ne le fait donc que s'il anticipe une hausse du cours du sous-jacent.

<sup>1</sup>Marion A, Brach, «*Real option in practice*», édition Wiley, Canada, 2002.

Figure n° I.06: Payoff diagram for calls



Source: Marion A, Brach, (2002), p16

A l'échéance, deux possibilités s'offrent alors à l'acheteur de l'option, à savoir :

- Exercer l'option, le cours du sous-jacent affiché par le marché étant supérieur à son prix d'exercice, l'option est dite dans la monnaie, l'acheteur peut exercer l'option et acheter le sous-jacent à un prix moins cher que le prix du marché ;
- Annuler l'option, le cours du sous-jacent étant inférieur au prix du marché, l'acheteur n'aura aucun intérêt à exercer l'option, l'option est dite en dehors de la monnaie.

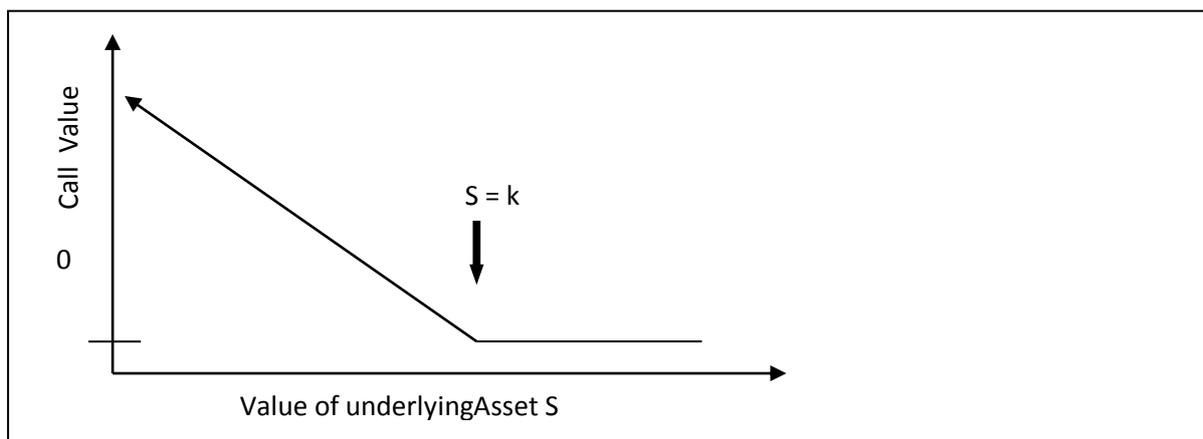
### 2.2.1.2. L'option de vente

une option de vente appelée put est une entente entre deux parties donnant à son détenteur le droit et non l'obligation de vendre un actif sous-jacent à un prix stipulé à l'avance durant une durée période donnée.

Il exercera son option de vente si le cours du sous-jacent évolue dans un sens favorable à ses anticipations et qu'il se trouve en-dessous du prix d'exercice<sup>1</sup>. L'acheteur de l'option de vente (PUT) ne le fait donc s'il anticipe une baisse du cours du sous-jacent.

<sup>1</sup> [www.boursedeparis.fr](http://www.boursedeparis.fr) consulté avril 2015

Figure n°I.07: Payoff diagram for puts



Source: Marion A, Brach, (2002), p16

A l'échéance, si le cours du sous-jacent affiché par le marché est inférieur au prix d'exercice fixé, l'option est dite dans la monnaie et peut être exercé. Dans le cas où le cours du sous-jacent est supérieur au prix fixé, l'option est dite en dehors de la monnaie et l'acheteur n'a aucun intérêt à l'exercer.

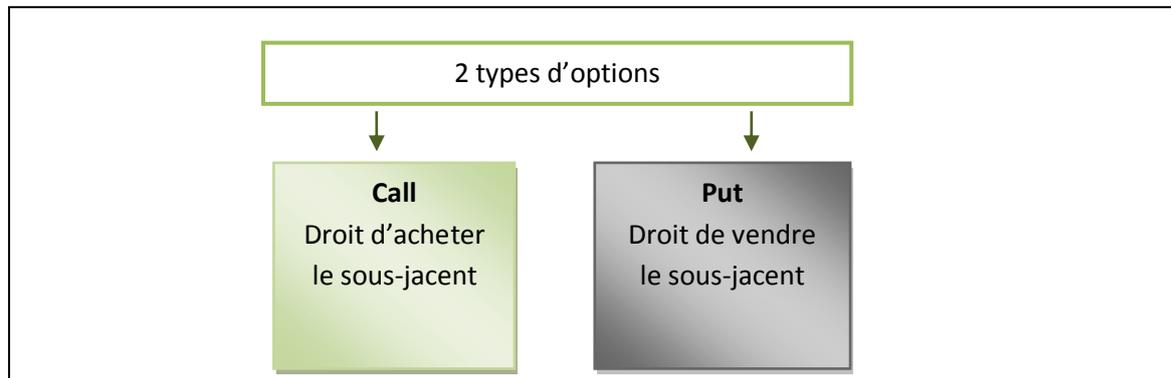
♣ *Les raisons des opérations d'achat ou de vente d'une opération d'achat et de vente*<sup>1</sup>

Pour ce qui est des options d'achat, celles-ci offrent un effet de levier et entraînent un risque limité pour le détenteur. Leur effet de levier est puissant du fait que l'investisseur a la possibilité de profiter d'une hausse de la valeur des actions sous-jacentes, il y a un risque limité du fait que la perte ne dépasse jamais la prime payée. Il importe de garder à l'esprit que l'achat d'options permet d'agir sur des prévisions haussières.

Les options de ventes quant à elles confèrent le droit de vendre la valeur sous-jacente aux prix de levée de l'option. Cette vente peut se produire à tout moment jusqu'à la date d'expiration du contrat. Un investisseur achète des options de vente dans le but de profiter ou de protéger son portefeuille de chutes éventuelles du cours des actions sous-jacentes. Avant d'arrêter son choix, l'investisseur doit prendre en considération, comme lors de l'achat d'option d'achat d'ailleurs l'ampleur et le moment appréhendé ou prévue de la baisse.

<sup>1</sup>Manuel de référence "options sur actions" TMX bourse de Montréal

Figure n° I.08 : les typologies d'option



Source : NYSE EURONEXT, les options : mode d'emploi

## 2.2.2. Selon les styles d'exercice

### 2.2.2.1. Une option européenne

Une option européenne est une option d'achat ou de vente, elle a la particularité d'avoir une date d'exercice fixée à l'avance ; la date d'échéance<sup>1</sup>.

La valeur d'une option européenne, étant donné qu'elle donne moins de possibilités d'exercice relativement aux autres types d'option est moins onéreuse.

### 2.2.2.2. Une option américaine

Une option américaine peut être exercée à tout moment entre l'instant initial et la date finale fixée.

En effet, l'acheteur d'une option américaine bénéficie de plus de droit que l'acheteur d'une option européenne, puisqu'il peut exercer à tout moment son droit, alors que le second doit attendre l'échéance pour décider et qui permet donc aux investisseurs d'avoir une plus grande flexibilité. De ce fait la grande majorité des options sont des options américaines. Cependant ce privilège additionnel a un prix. Il est intégré à la prime de l'option ; c'est pourquoi la valeur de la prime américaine est généralement supérieure à celle des options européennes.

### 2.2.2.3. Une option Bermudeenne

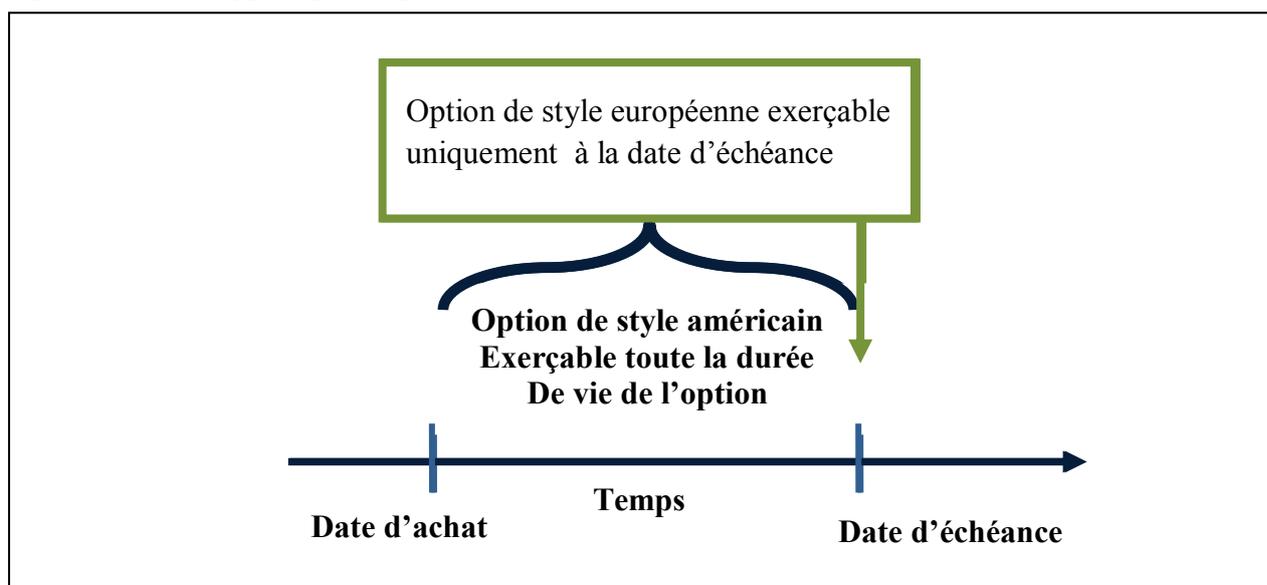
C'est une option intermédiaire entre les options américaines et européennes, elle peut être exercée à plusieurs dates entre son émission et son échéance.

<sup>1</sup>Amelon TL, Cardebat.JM, « Les nouveaux défis de l'internationalisation », édition De Boeck, Bruxelles, 2010, P300.

### 2.2.3. Selon l'actif sur lequel elle porte

Les options se distinguent, également, par l'actif sur lequel elles portent, autrement dit l'actif sous-jacent. Celui-ci peut être une action, une obligation, un tracker, un indice, un titre de créance négociable, une devise, de l'or ou encore un contrat à terme.

Figure n° I.09: Typologie d'option selon le droit d'exercice



Source : NYSE EURONEXT, « les options : mode d'emploi »

## 2.3. Historique des options

L'histoire des options se confond presque avec l'histoire de l'humanité. Depuis la nuit des temps s'échangent des contrats permettant à leurs acquéreurs d'acheter ou de vendre un actif déterminé malgré que leur utilisation varie à travers le temps.

Selon les exemples historiques, trois périodes distinctes peuvent être envisagées :

- 1) Nous avons d'abord décidé de revenir sur le cas de la Mésopotamie où, dès le deuxième millénaire avant Jésus-Christ, des règles et des pratiques financières d'un degré de sophistication technique et juridique déjà remarquables ont pu être relevées. Des études ont pu montrer que l'économie mésopotamienne était financièrement dérivable. En effet, les circonstances sociales et techniques de cette économie, notamment le développement de l'activité productive ; l'existence d'une activité commerciale assez développée ; en plus du fait que cette économie était déjà soumise à des événements non désirés déstabilisant la valeur de certains biens, ont concouru à

faire une place à des arrangements financiers de type conditionnels : quelques paragraphes de l'incontournable code de lois du roi de Babylone, Hammourabi (1792-1750 av. J.-C.)<sup>1</sup>, ont ainsi été revisités par les chercheurs.

- 2) Ensuite, un témoignage d'Aristote extrait du Politique, rapportant une opération a priori plus ponctuelle et anecdotique et dont Thalès était l'auteur. oui, les options remontent à la Grèce Antique, plus spécialement au mathématicien et philosophe grec Thalès de Milet.

Etant un pauvre philosophe, il n'avait pas beaucoup de ressources financières sous la main, il décida de confondre ses détracteurs qui lui reprochaient de passer trop de temps à la philosophie et pas assez à faire l'argent. Utilisant ses observations astronomiques Thalès prévoit une surproduction d'olives l'été suivant, il réserve, en échange d'une modique somme d'argent tous les pressoirs à huile des villes de Chios et de Miletus. Vint l'époque de la récolte des olives, ainsi que l'avait prévu Thalès se révéla très abondante, les pressoirs à huile furent alors très demandés. Le philosophe en profita pour retirer un bénéfice considérable de la location des pressoirs.

- 3) Plus récemment, en 1600, les options firent leur apparition en Europe, notamment en Hollande au moment du crash des tulipes. un important marché d'options sur le négoce des bulbes des tulipes. se développe.

La notion "option" est synonyme de spéculation pour bon nombre de personnes, celles-ci ont été à l'origine conçues pour permettre la gestion des fluctuations de prix sur le marché agricole. Le premier usage documenté d'options provient des Pays-Bas et remonte à l'année 1634.

A l'origine de sa création, le marché hollandais d'options sur les bulbes des tulipes devait répondre aux préoccupations des planteurs comme à celles des négociants ou des marchands. Les tulipes étaient alors un symbole de richesse dans l'aristocratie du pays et leur vente à terme était une pratique courante. Etant donné l'incertitude de l'évolution du prix, la vente à terme représentait un risque pour les négociants. Ils ne connaissaient pas le prix auquel ils iront pouvoir s'approvisionner puisque celui-ci dépendait de la production<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Martin D, « Les options fondamentales de la finance moderne », thèse de doctorat, université Toulouse le Mirail, 2007.

<sup>2</sup>www.iotafinance.comconsulté le 19/09/14 à 18

Les négociants avaient utilisé les options call qui offraient la possibilité de s'assurer de leur approvisionnement futur à un prix raisonnable. Les planteurs de tulipes, à l'inverse, utilisaient les options put qui sont un moyen de garantir l'écoulement de leur produits et de s'assurer d'un prix de vente adéquat par rapport à la récolte.

A ce stade, les options dites de vente (puts) jouaient le rôle de primes d'assurances. En effet, les options mettaient le revenu à l'abri des fluctuations des cours.

L'insuffisance structurelle du marché ainsi que l'indiscipline de certains opérateurs ont conduit le système à la faillite. En raison de l'absence d'une autorité de tutelle permettant la garantie de l'exécution des contrats, et d'aucune couverture n'est exigée aux opérateurs. De ce fait, les spéculateurs affluaient sur le marché sans aucune limitation et la majeure partie des contrats n'ont pas été honorés et donc les conséquences pour l'économie ont été désastreuses. L'année 1636 marqua la faillite de ce marché, qui, s'il avait révélé ses faiblesses, avait toutefois apporté la preuve de son utilité.

Il a été décidé que les options devenaient illégales. Il a fallu attendre le début des années 1970 pour les voir revenir peu à peu comme outil financier.

Après la faille du système, plusieurs tentatives de développement de marchés d'options ont été enregistrées, nous citons entre autre :

Vers la fin du XVII<sup>ème</sup> siècle, les options sur valeurs mobilières firent leur apparition en Angleterre. Elles se heurtent très rapidement à l'opposition d'une bonne partie politique.

Au cours du XVIII<sup>ème</sup> siècle, les Etats-Unis connaissent l'essor de la négociation d'option sur valeurs mobilières, ce qui n'a jamais été interdite à la différence de l'Angleterre. Pourtant, les pouvoirs publics américains avaient été bien près de suivre l'exemple du gouvernement britannique après le krach de Wall Street de 1929. En effet, les pratiques abusives ont poussé le gouvernement Américain à instaurer des règles de fonctionnement des marchés d'options.

Après, ce fut le tour de plusieurs pays européens à se laisser emporter par l'aventure notamment le cas d'Allemagne, de Suisse et de France enfin où se développe en plus du marché des primes existant un marché d'options sur valeurs mobilières en 1965.

Bien que, les traces des options remontent à un passé lointain, celles-ci restèrent pendant longtemps illégales vu les caractéristiques du modèle. L'ensemble des

marchés d'options, tant européens qu'américains, consistaient principalement en des marchés primaires. Les contrats négociés n'étaient pas standardisés et les marchés non réglementés ce qui exclut toute possibilité de se défaire sur un marché secondaire. Il a fallu attendre la décennie soixante-dix pour les voir revenir peu à peu comme outil financier.

Il a été décidé que les options devenaient illégales jusqu'au cours des années soixante-dix où l'histoire connaît un autre tournant. En effet, l'accélération du processus sous l'impact du décloisonnement engendré par l'abolition des frontières, la déréglementation et la désintermédiation liée à la possibilité du contact direct entre apporteur et demandeur de capitaux ont conduit à l'essor d'instruments financiers de plus en plus sophistiqués et de marchés organisés ( *du marché du gré à gré* → *Vers marché standardisés*).

C'est dans ce contexte troublé que, le 26 avril 1973, le CBOE (Chicago Board Options Exchange), premier marché standardisé pour l'échange d'option voit le jour, où la négociabilité est sur un marché secondaire<sup>1</sup>. A l'origine, il permettait de faire le commerce d'option d'achat « call vanille ». En 1977, de nouveaux produits financiers ont fait leur apparition, nous citons entre autres les options de vente « put vanille ». Le succès de cette initiative fut couronné par une prolifération de marchés semblables sur les grandes places financières, le MATIF ou Marché À Terme International en France (d'abord nommé Marché à Terme des Instruments Financiers) puis le MONEP (Marché des Options Négociables de Paris) respectivement en 1985 et en 1987<sup>2</sup>. Une prolifération motivée par l'accroissement de la volatilité et l'incertitude de l'environnement<sup>3</sup>. Une prolifération motivée par l'accroissement de la volatilité et l'incertitude de l'environnement.

<sup>1</sup> Idabouk G, « Marché Financiers, Mouvement Brownien, Arbitrage Et Martingales : Naissance D'un Corpus De Finance Mathématique A Partir De 1973 », Université Paris 7, 2008.

<sup>2</sup> Thierry S, « Evaluation d'option "vanille" et "digitales" dans le modèle de marché à intervalles », thèse de Doctorat, université de Nice, 2010.

<sup>3</sup> Idem

## 2.4. Les stratégies d'options

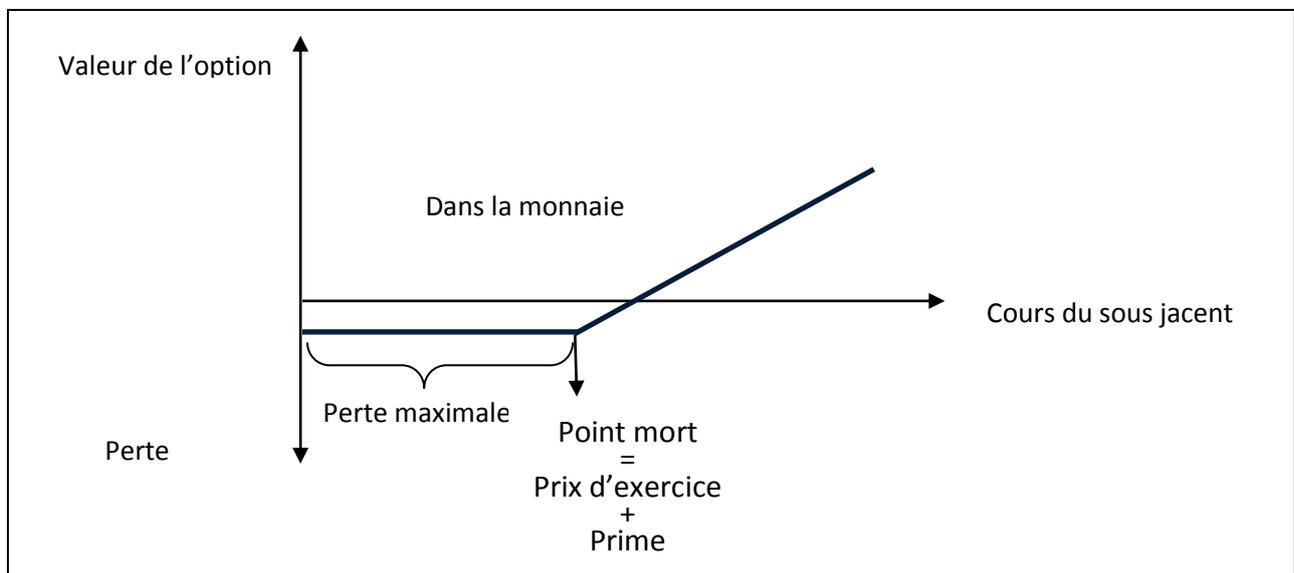
Etant nombreuses, les stratégies sur options tentent de contrôler le risque, ainsi qu'une meilleure adaptation aux différentes situations potentielles. Nous présentons dans ce qui suit les stratégies les plus courantes ou les stratégies de bases.

### 2.4.1. Achat d'une option d'achat (call)

Cette stratégie intervient dans le cas d'une anticipation d'un marché haussier avec une volatilité forte ; il s'agit de l'anticipation d'une hausse sensible à court terme de l'actif support. Plus la hausse anticipée est grande plus le prix d'exercice du call acheté devrait être élevé.

Dans ces circonstances, l'acquisition d'une option d'achat permet à son acquéreur de profiter du mouvement de marché à la hausse avec l'assurance d'un risque connu à l'avance et dans tous les cas, la perte est limitée au montant de la prime versée, ainsi que la création d'effet de levier. Néanmoins, le risque de perdre la totalité de l'investissement est non négligeable.

Figure n° I.10: Schéma du pay-off (long call)



Source : <http://www.iotafinance.com/>

La particularité de ce type de stratégie est dans le fait que la hausse doit survenir dans une courte période, l'option cesse d'exister après sa date d'échéance. L'option cesse d'exister après sa date d'échéance.

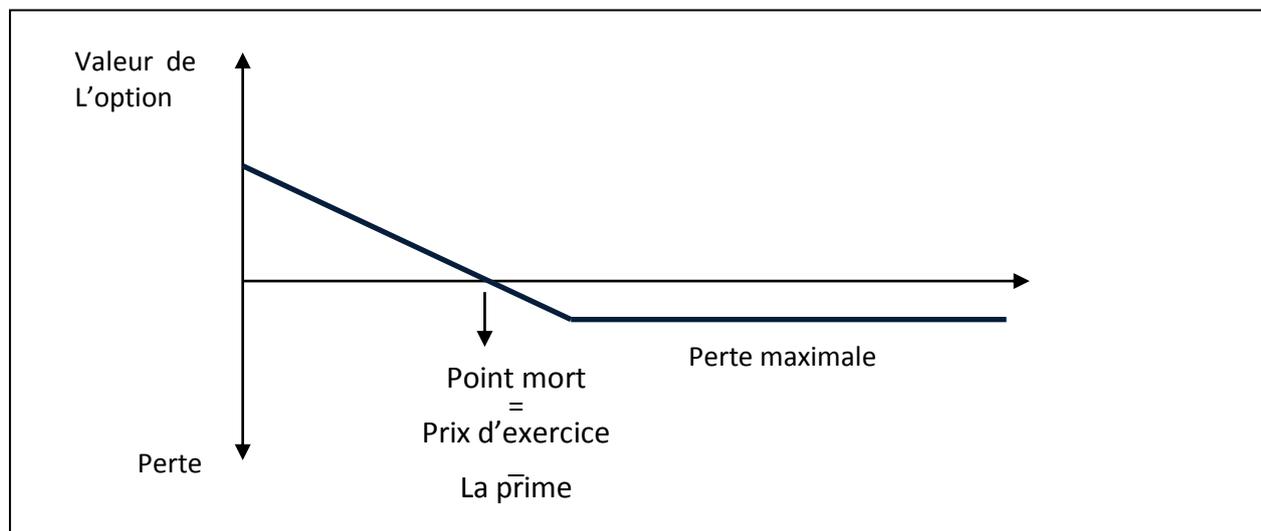
### 2.4.2. Achat d'une option de vente (Put)

L'investisseur recourt à cette stratégie dans le cas de l'anticipation d'une baisse du cours du sous-jacent avec une volatilité forte. Plus la baisse anticipée est forte plus le prix d'exercice du put acheté devrait être faible.

Il escompte une chute rapide du cours. Dès que le cours du sous-jacent est inférieur au prix d'exercice le return perçu par son détenteur sera plus important que la chute. Plus la baisse anticipée est forte plus le prix d'exercice du put acheté devrait être faible.

Cette stratégie permet de protéger les titres contre une baisse du cours et de créer un effet de levier. Ce dernier est lié à la possibilité de réaliser un rendement supérieur avec la même mise de fond. Comme pour l'achat d'un call, la perte est limitée au montant de la prime.

**Figure n°I.11: Schema du pay-off (long put)**



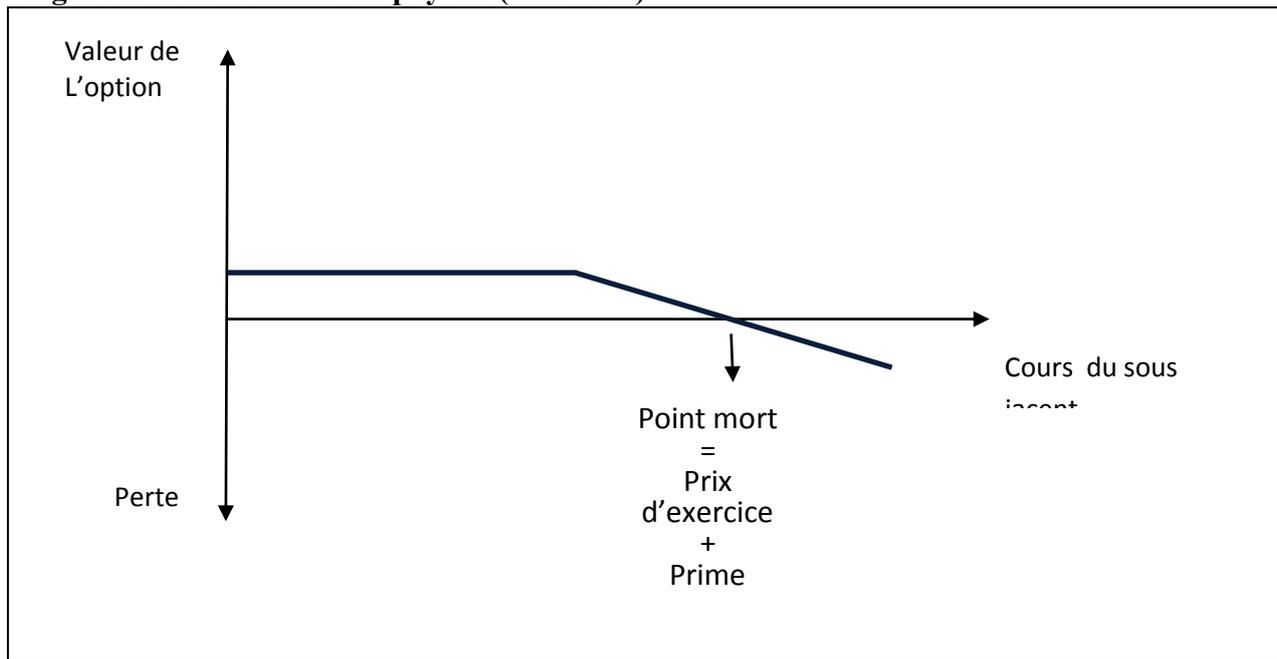
Source: <http://www.iotafinance.com/>

### 2.4.3. Vente d'une option d'achat (call)

C'est la stratégie la plus risquée et la plus spéculative au quelle recourent les investisseurs dans le cas d'anticipation d'un marché baissier avec une faible volatilité. Plus l'anticipation à la baisse est forte plus le prix d'exercice devra être dans la monnaie. Le gain reste limité quel que soit la baisse du cours par contre la perte sera importante si le cours augmente fortement.

Cette stratégie permet de se protéger et d'accroître le rendement du portefeuille de l'investisseur.

Figure n° I.12: Schema du pay-off (short call)

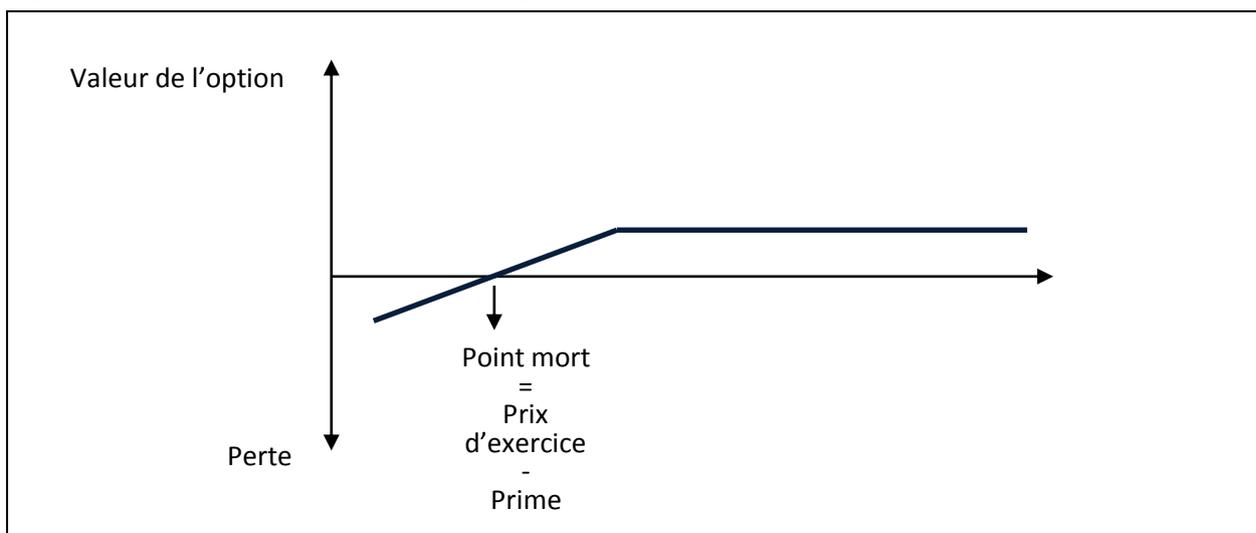


Source: <http://www.iotafinance.com/>

2.4.4. Vente d'une option de vente (put)

C'est une opération au quelle recourent les investisseurs dans le cas de l'anticipation d'un marché haussier avec une volatilité faible, autrement dit l'anticipation d'une hausse limité du cours de l'actif sous-jacent. Elle présente un risque important, le gain est limité aux prix de l'option.

Figure I.13: Schema du pay-off (shortput)



Source: <http://www.iotafinance.com/>

## 2.5. La valeur d'une option

La valeur d'une option se définit selon ce qu'elle peut rapporter à son détenteur s'il décide d'exercer immédiatement, ou encore selon ce qu'elle peut lui apporter dans le futur. Mais valoriser n'est pas chose aisée, elle varie en fonction de l'offre et de la demande sur le marché sur lequel elle est négociée.

Théoriquement, le prix d'une option se résume à l'équation qui additionne la valeur intrinsèque de la dite option avec sa valeur temps ; comme suit :

$$\text{Valeur d'une option (prime d'option)} = \text{valeur intrinsèque} + \text{valeur temps}$$

Nous allons tenter dans ce qui suit de se pencher sur les composantes de la valeur d'une option, ainsi que les paramètres qui interviennent dans sa constitution, il s'agit de relever et de montrer leurs influences sur la valeur d'une option.

### 2.5.1. Les composantes de la valeur d'une option

La valeur ou la prime d'une option peut se décomposer en deux termes :

#### 2.5.1.1. La valeur intrinsèque

La valeur intrinsèque d'une option à un instant  $t$  est simplement le gain réalisé par l'acquéreur (compte tenu de la prime) si l'option était exercée en  $t^1$ . En d'autres termes, la valeur intrinsèque représente le profit qui serait obtenu immédiatement si l'on décidait d'exercer l'option. Elle est donc positive ou nulle, selon que l'option pourrait ou non être exercée par son détenteur.

Plus précisément, la valeur intrinsèque d'une option d'achat correspond à la différence entre le cours du sous-jacent et le prix d'exercice, deux possibilités sont alors envisageables, à savoir :

- Quand le cours du sous-jacent est supérieur au prix d'exercice, la valeur intrinsèque est alors positive et l'option est en jeu ;

<sup>1</sup> Esch L, « Asset & Risk Management ; la finance orientée risques », édition De Boeck, 1ere édition, Bruxelles, 2003.P195.

- Quand le cours du sous-jacent est inférieur au prix d'exercice, la valeur intrinsèque est nulle et l'option est à parité, car par définition la valeur intrinsèque ne peut pas être négative.

Notons la valeur intrinsèque d'option d'une option d'achat  $VI^1$  :

$$VI = \text{cours du titre sous-jacent} - \text{prix d'exercice}$$

$$VI(c) = \text{MAX}(S - K, 0)$$

En ce qui concerne l'option de vente, la valeur intrinsèque correspond à la différence entre le prix d'exercice et le cours de l'actif sous-jacent. Elle n'est différente de zéro que si le cours de l'actif est inférieur au prix d'exercice. De la même façon :

- Valeur intrinsèque supérieur à zéro, l'option est dite en jeu ou dans la monnaie ;
- Valeur intrinsèque inférieure à zéro, l'option est dite hors-jeu ou en dehors de la monnaie.

Notons que la valeur intrinsèque d'une option de vente :

$$VI = \text{prix d'exercice} - \text{cours du sous-jacent}$$

$$VI(p) = \text{MAX}(K - S, 0)$$

### 2.5.1.2. La valeur temps

La valeur temps d'une option est la portion de la prime de l'option qui représente le temps qui reste à courir jusqu'à l'échéance du contrat de l'option. En d'autres termes, la valeur temps représente le surplus de la valeur par rapport à sa valeur intrinsèque.

Plus la durée de vie d'une option est longue, plus la probabilité<sup>2</sup> d'avoir une valeur intrinsèque est importante donc plus la valeur temps sera importante. En effet, la valeur temps revêt un caractère plutôt probabiliste dans la mesure où elle représente les chances de pouvoir exercer l'option à maturité, autrement dit la chance que l'option ait une valeur intrinsèque à la date d'échéance.

Cette valeur est influencée par un certain nombre de paramètres ; à savoir :

<sup>1</sup> Aboura. S, « le marché d'option », édition ECONOMICA, Paris, 2008, P56.

<sup>2</sup> [www.financedemarche.fr](http://www.financedemarche.fr), consulté Avril 2015

- Le temps restant à courir avant l'échéance, plus l'échéance sera lointaine plus le sous-jacent est susceptible à varier à la hausse comme à la baisse. La valeur temps diminue donc au fur et à mesure que le temps passe ;
- L'écart entre le cours du sous-jacent et le prix d'exercice de l'option. En effet, l'augmentation ou la baisse du cours du sous-jacent respectivement entraîne une augmentation de la valeur temps d'une option d'achat et de vente respectivement, mais cette augmentation n'est pas sans limite, dès que le cours du sous-jacent cote le prix d'exercice. toute hausse (voir baisse) du sous-jacent engendre une baisse de la valeur temps ;
- La volatilité du sous-jacent, plus elle est élevée plus le cours du sous-jacent est sujet à des variations à la hausse comme à la baisse.

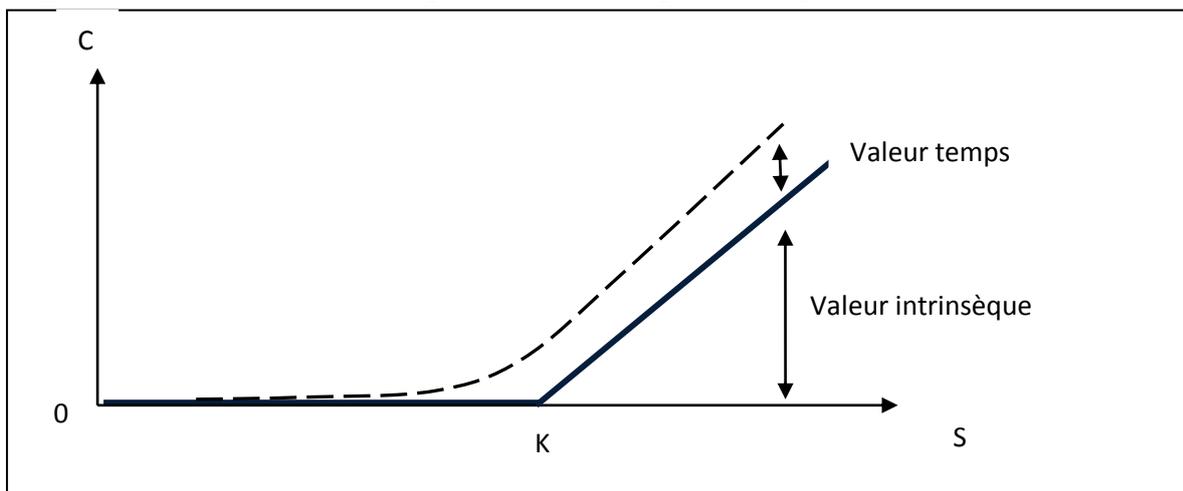
La valeur temps d'une option d'achat

$$VT = \text{prime} + \text{prix d'exercice} - \text{cours du titre sous-jacent}$$

La valeur temps d'une option de vente

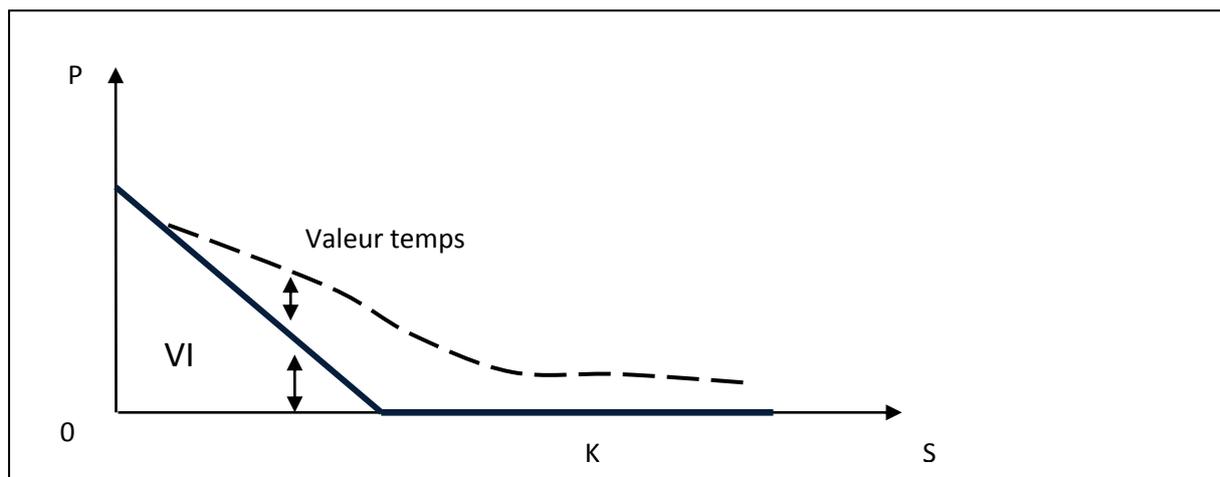
$$VT = \text{prime} - \text{prix d'exercice} + \text{cours du sous-jacent.}$$

Figure n° I.14: valeur intrinsèque et valeur temps d'une option d'achat



Source : Esch L, Kieffer R, Lopez T « Asset & Risk management », édition de boeck, Bruxelles, 2003.

Figure n° I.15: valeur intrinsèque et valeur temps d'une option de vente



**Source** : Esch L, Kieffer R, Lopez T « Asset & Risk management », édition de boeck, Bruxelles, 2003.

## 2.5.2. Les déterminants des options

Plusieurs facteurs influencent la prime d'une option dont notamment les déterminants suivants :

### 2.5.2.1. Le cours du sous-jacent

On appelle actif sous-jacent tout actif sur lequel porte une option, contrat à terme, un bon de souscription ou plus largement un produit dérivé. Il est alors le modèle du produit dérivé qui en découle<sup>1</sup>. En effet, le cours du sous-jacent agit directement sur la valeur intrinsèque et donc sur la valeur de l'option. L'augmentation du cours du sous-jacent entraîne une plus-value de l'option d'achat (call) et d'une dévalorisation de l'option de vente (put). En cas de baisse des cours, la valeur de l'option d'achat diminuera et celle de l'option de vente diminuera.

### 2.5.2.2. Le prix d'exercice

Le prix d'exercice est le prix auquel peut être acheté ou vendu un actif sous-jacent lors de la souscription d'une option (call/put). Sa relation<sup>2</sup> avec la valeur marchande de l'actif sous-jacent détermine directement la capacité de l'option à être "dans la monnaie", c'est-à-dire, le cours du sous-jacent est supérieur au prix d'exercice ou "en dehors de la

<sup>1</sup> Damodaran A, « finance d'entreprise : théorie et pratique », édition De Boeck université, Bruxelles, 2006.

<sup>2</sup> [www.Newtrading.fr](http://www.Newtrading.fr).

[www.Financedemarché.fr](http://www.Financedemarché.fr)

monnaie" dans le cas où le cours du sous-jacent est inférieur au prix d'exercice (option non exerçable). Le prix d'exercice est un élément crucial qu'il faut déterminer avec précaution et dont la valeur est une fonction croissante ou décroissante de son prix d'exercice<sup>1</sup>, selon la typologie de l'option.

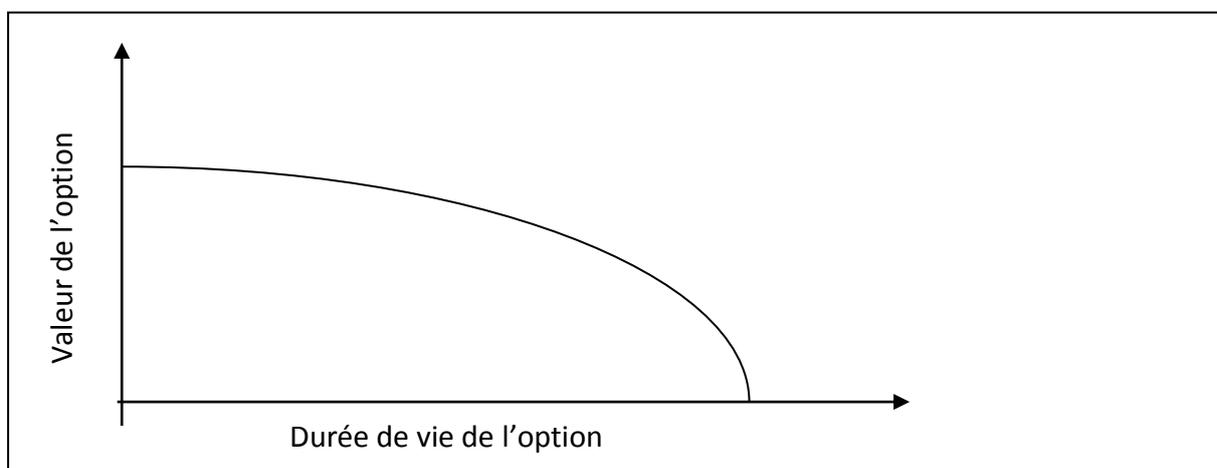
Plus le prix d'exercice est élevé moins l'option est chère, dans le cas d'une option d'achat. A l'inverse, pour l'option de vente, plus le prix d'exercice est élevé plus l'option est chère

### 2.5.2.3. Date d'échéance

Les options sont des actifs dont la valeur se détériore avec le temps. La date d'échéance d'une option correspond à sa date d'expiration. Celle-ci varie selon la typologie de l'option. A l'échéance, l'option perd son droit d'exercice et n'aura aucune valeur.

Autrement dit, c'est le temps à parcourir jusqu'à l'exercice potentiel de l'option. Plus la maturité est lointaine, plus l'option sera chère. Ce constat est d'ailleurs valable aussi bien pour les calls que les puts<sup>2</sup>.

**Figure n° I.16 : impact du temps sur la valeur d'une option<sup>3</sup>**



Source : [www.mataf.net/fr/dossier-forex/07-79-prix-de-l-option-la-prime](http://www.mataf.net/fr/dossier-forex/07-79-prix-de-l-option-la-prime)

<sup>1</sup> JerbiY, « Evaluation des options et gestion des risques financiers par les réseaux de neurones et par les modèles à volatilité stochastique », thèse de doctorat : mathématique appliquées, université paris 1 panthéon –Sorbonne, 2006.

<sup>2</sup> [www.mataf.net](http://www.mataf.net) consulté le 05 avril 2015

<sup>3</sup> [www.mataf.net/fr/dossier-forex/07-79-prix-de-l-option-la-prime](http://www.mataf.net/fr/dossier-forex/07-79-prix-de-l-option-la-prime)

**2.5.2.4. Taux d'intérêt**

L'achat d'une option sous-entend que, l'opération exige moins de capitaux que l'achat ferme d'un titre de base (sous-jacent). Les capitaux épargnés provisoirement peuvent être investies dans un actif sans risque pendant la durée du contrat. Cette pratique, est plus avantageuse que l'achat de contrat ferme d'autant plus important que le taux d'intérêt sans risque est lui-même élevé.

Du point de vue mathématique<sup>1</sup>, un taux d'intérêt élevé implique une valeur plus faible du prix d'exercice actualisé et une valeur de l'option d'achat plus élevée. Ce raisonnement est exclu dans le cas d'une option de vente.

L'achat d'une option de vente, contrairement à la vente ferme du titre, outre le décaissement de la prime, engendre un retard dans l'encaissement du montant de la vente des actions qui intervient qu'au moment de l'exercice de l'option. Ce décalage des flux de trésorerie cause un désavantage. Cette situation permet de conclure que le prix d'une option de vente est d'autant plus faible que le taux intérêt est élevé<sup>2</sup>.

**2.5.2.5. La volatilité**

La volatilité est le déterminant fondamental du prix d'une option. En effet, la valeur de cette dernière est fortement influencée par la volatilité du cours du sous-jacent.

La volatilité est la propension qu'à une valeur à varier ou à s'éloigner de sa moyenne, en d'autres termes, elle est représentée par l'écart type annualisé des rendements<sup>3</sup> déterminé à partir des variations relatives des prix de l'actif support de l'option à savoir le sous-jacent.

L'acheteur d'une option est un spéculateur à la hausse (option d'achat) ou à la baisse (option de vente) du titre de base (sous-jacent). il est prêt à payer une prime d'autant plus élevé que l'amplitude de la variation du titre de base. En fait plus la volatilité est forte, plus la probabilité que le cours de l'action soit supérieur ou inférieur au prix d'exercice de l'option est élevée- sans se soucier du sens du mouvement<sup>4</sup>. Seule l'amplitude du mouvement compte.

Ainsi la valeur de l'option (d'achat ou de vente) est une fonction croissante de la volatilité du sous-jacent.

---

<sup>1</sup> Jerbi .Y, (2006), op.cit.P60

<sup>2</sup> Augros. J-C, « FINANCE, options et obligations convertibles », édition Economica, 1997.

<sup>3</sup> Jerbi .Y, (2006), op.cit, P. 78.

<sup>4</sup>www.trading-school.eu. Consulté le 10 mai 2015.

On distingue deux types de volatilité, à savoir :

- La volatilité historique : elle est liée au comportement historique du sous-jacent ;
- La volatilité implicite<sup>1</sup> : elle représente la volatilité des rendements du prix de l'actif sous-jacent calculée par itération. elle est un indicateur utile pour l'investisseur vu qu'elle correspond à la volatilité anticipée par les participants du marché pour la durée de vie d'une option et transparaît dans la prime de l'option. Plus la valeur implicite est élevée plus la prime de l'option sera élevée et vice versa.

Pour implanter une meilleure stratégie sur option, l'investisseur procède en comparant les deux types de volatilité du sous-jacent à savoir, la volatilité historique et volatilité implicite, pour en forger sa propre opinion pour une décision optimale.

Enfin la volatilité est une notion difficile à appréhender. Elle est un déterminant de la valeur de l'option qui présente la particularité d'être inobservable. L'estimation de sa valeur future est délicate et nécessite une grande précision.

#### **2.5.2.6. Les dividendes**

Ce coupon que versent les sociétés aux détenteurs d'action n'est pas sans effet sur le monde des options. En effet, la distribution de dividende affecte le montant de la prime. Pour cela, la prise en considération de la date de versement des dividendes lors de la négociation du contrat est cruciale.

Le versement de dividende entraîne une baisse du cours du sous-jacent sans qu'elle soit accompagnée d'ajustement de l'option. Tout dépend de la typologie de l'option, le versement peut être avantageux ou défavorable.

La situation sera au profit d'un vendeur d'une option d'achat et l'acheteur d'une option de vente qui, en cas d'exercice de l'option auront à livrer des actifs dépréciés. En dépit de l'acheteur d'une option d'achat et au vendeur d'une option de vente qui prennent des titres dévalués.

---

<sup>1</sup> [www.m-x.ca](http://www.m-x.ca) consulté le 10 mai 2015

Tableau I.03: L'impact des facteurs déterminants de la prime d'une option<sup>1</sup>

Facteurs	Option d'achat	Option de vente
Cours du sous-jacent	+	-
Prix d'exercice	-	+
Date d'échéance	+	+
Taux d'intérêt	+	-
Volatilité	+	+

## Conclusion

L'entreprise est appréhendée comme un portefeuille d'investissement dont les impacts peuvent être déterminants pour sa rentabilité, voire pour sa survie<sup>2</sup>.

La décision d'investissement est la plus importante des décisions financières créatrices de richesse pour l'entreprise, celle-ci repose sur l'analyse d'information. La qualité de la décision relative aux investissements dépend de la qualité et de la validité des informations retenues par les évaluateurs, de plus, cela n'est possible qu'avec des critères d'évaluation crédibles.

Pour déterminer le niveau optimal d'investissement et déterminer le caractère rentable d'un ou plusieurs projets d'investissement, la théorie financière dite traditionnelle met en évidence un certain nombre de critères. Tous s'inscrivent dans une logique d'actualisation des flux d'investissements. Si ceux-ci ont le mérite d'offrir une simplicité en matière de conception, l'approche considérant que le choix d'investissement se fait dans un cadre neutre au risque, s'avère peu efficace.

Ce chapitre a passé en revue les principaux critères de choix d'investissement dans un univers certain. Cette hypothèse devient vite irréaliste et fait apparaître un certain nombre d'insuffisances. Celles-ci sont énumérées en second lieu. C'est dans ce contexte que les produits dérivés ont émergés, notamment les options. La principale innovation introduite par ces dernières est la diversification des profils de risque. Les options permettent d'atteindre l'objectif de rentabilité et de risque souhaité comme souligné dans la troisième section.

<sup>1</sup>Amelon J-L, Cardebat J. M, « Les nouveaux défis de l'internationalisation », édition De BOECK, Bruxelles, 2010. P 300.

<sup>2</sup> St-Pierre J, Beaudoin R, « Les décisions d'investissement dans les PME », Presses de l'université du Québec, Canada, 2003, P01.

# **CHAPITRE II**

## **L'approche des options réelles**

## **Introduction**

Face aux incertitudes multiples pesant sur les environnements économiques et financiers, les politiques à suivre en matière d'investissement sont devenues difficiles à optimiser. 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. Il s'agit en effet de mettre en œuvre à la fois des analyses stratégiques et financières, ce qui peut s'avérer être un puzzle comme mentionné par Grundy et Johnson (1996)<sup>1</sup>.

Les limites des méthodes classiques d'évaluation des investissements ont conduit les chercheurs à développer une approche qui connaît un succès grandissant : L'approche des options réelles.

L'idée principale et fondatrice de cette théorie est que la flexibilité de la production, de la technologie et de la gestion a une valeur. Issues de la finance, les options réelles ont fait l'objet d'amples développements dans le champ de la stratégie (Durand et al, 2002), qu'il s'agisse, entre autres, des projets de R&D (Wouters et al, 2011), des alliances stratégiques (Kogut, 1991 ; McCarther et al. 2011), ou de la manière dont les organisations configurent un portefeuille d'options (Barnett, 2008). Le raisonnement par les options réelles offre une vision enrichie des stratégies d'investissement des entreprises lorsque celles-ci doivent procéder à un arbitrage entre la flexibilité et l'irréversibilité de leurs décisions en présence d'incertitudes relatives au choix sur les systèmes technologiques futures<sup>2</sup>.

Sous cet angle, la stratégie semble être irriguée par l'un des développements majeurs de la théorie financière. Plus encore, selon Myers (1996), la théorie des options constituerait l'outil idéal pour faire dialoguer les deux disciplines.

---

<sup>1</sup> Letifi N, « Politique optimale d'investissement et d'emploi d'une firme : une approche par les options réelles », thèse de doctorat : sciences de Gestion, université de Cergy-Pontoise, 2013.

<sup>2</sup> Avadikyan A, « Transition technologique, stratégies d'investissement et options réelles Le cas des véhicules hybrides » bureau économique théorique et appliquée (BTA), 2009.P07.

## **Section I : l'émergence des options réelles**

Les options sont des actifs conditionnels qui donnent le droit mais pas l'obligation d'effectuer des transactions sur des actifs supports. Leur intérêt réside dans la flexibilité ou encore la relative réversibilité offerte au porteur de l'option. L'approche des options réelles est apparue comme un remède aux lacunes des critères de sélection d'investissement les plus prônés jusqu'à maintenant. En effet, elle constitue un cadre particulièrement propice<sup>1</sup> pour comprendre et évaluer les décisions d'investissement en présence d'incertitude.

Bien qu'on commence à parler d'options réelles comme approche que récemment, notamment après les travaux de Myers (1984), l'histoire relate encore une fois l'existence de pratiques qui dénotent l'incarnation de logiques optionnelles à travers le temps. Certains faits remontent à la bible. Pour en témoigner Jacob désirait épouser Rachel, la fille cadette de Laban, celui-ci négocia le contrat suivant : si Jacob travaillait durement à son service, il pourrait, après 7 ans et s'il le désirait encore, épouser sa fille.

Cette section s'inscrit dans une démarche conceptuelle. Elle met en relief différents points concernant la genèse des options réelles, leurs développements et les typologies qui peuvent exister.

### **1.1. Les options réelles : une idée séduisante**

L'option réelle est utilisée par analogie avec les options financières. Nous allons dans ce qui suit présenter de manière synthétique notre cadre de réflexion dont l'originalité principale est de reconsidérer le processus de valorisation de projet d'investissement à la lumière de la théorie des options réelles.

#### **1.1.1. La genèse des options réelles**

L'analyse par les options réelles marque le passage des méthodes d'évaluation des options financière au monde réel.

---

<sup>1</sup> Avadikyan A, (2009), op cit. P11.

### 1.1.1.1. Définition des options réelles

L'absence de consensus quant à la définition à donner aux options réelles traduit la complexité de cette approche.

Les options réelles ont une définition proche de celle généralement retenue pour les options financières. Les options réelles, tout comme les options financières, sont des actifs dérivés et asymétrique. Une option est dite produit dérivé du fait que sa valeur dépend de celle d'un autre actif généralement qualifié d'actif support. Dans le domaine des options réelles ce dernier est un projet d'investissement.

En d'autres termes, les options réelles sont majoritairement présentées comme l'équivalent des options financières dans la sphère réelle (L. Trigeorgis, 1995). Selon Amram et Kulatilaka (2000)<sup>1</sup>, une option réelle est un droit (et non une obligation) d'accomplir (ou de ne pas accomplir) un acte dans le futur. Elles sont parfois définies par la flexibilité dont dispose le dirigeant dans sa prise de décision relative à des actifs réels (G. Sick, 1995). A l'inverse des options financières, une option réelle n'est pas échangeable<sup>2</sup>.

Généralement, l'entreprise acquiert l'option en effectuant un investissement initial (un test de marché, la formation d'un joint-venture, un projet recherche et développement) qui lui donne l'opportunité d'investir davantage. Par la suite, l'entreprise pourra choisir si elle exerce ou non l'option, en développant le projet à grande échelle (lancement du produit sur l'ensemble du marché, lancement d'un grand programme en recherche et développement) (Coff & Laverty, 2001).

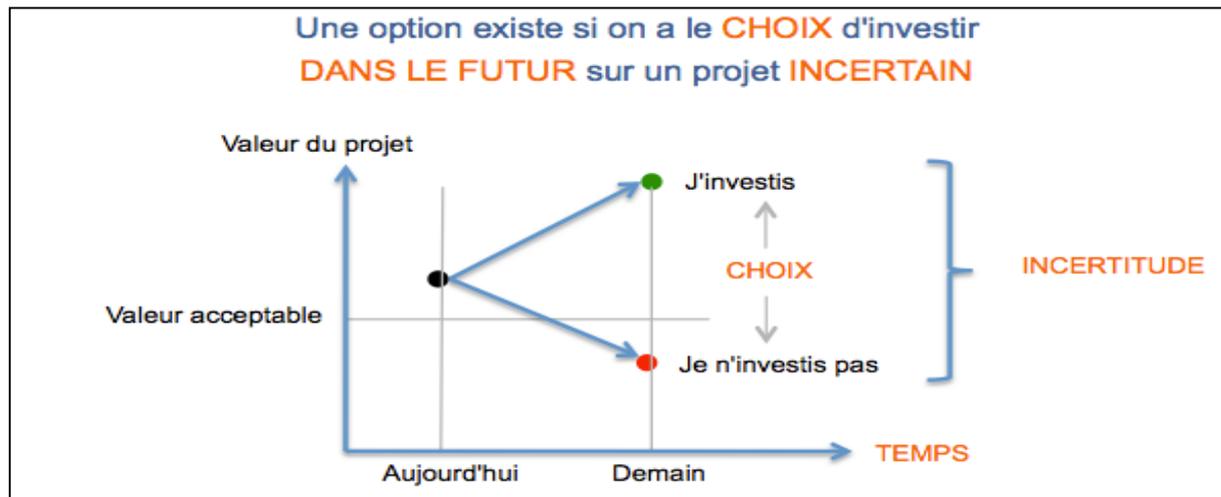
La décision sera prise en fonction d'un événement aléatoire, ou plus exactement en fonction de la valeur prise par une variable aléatoire qui suit un processus stochastique et dont on ne peut pas prévoir les valeurs futures (Goffin 1999). En conséquence, les options réelles sont engendrées dans des contextes de fortes incertitudes. Une option existe si on a le choix d'investir dans le futur sur un projet incertain. Celui-ci, à partir du moment où il est optionnel possède une prime de valeur qui correspond à la valeur de l'option. La figure ci-après (Figure n° II .01) nous illustre l'approche en nous fournissant une image de la logique optionnelle.

---

<sup>1</sup> Perez M, Mchawrab S, « Les apports de l'approche optionnelle à la valorisation : le cas d'ebay », revue Gérer et comprendre, numéro 98, 2009.

<sup>2</sup> Cleary S, Malleret T, « RISQUES, perception, evaluation, gestion », du world economic forum 2006, edition maxima.

Figure n° II .01 : Image de la logique optionnelle



Les options réelles se distinguent par leur nature (option d'achat et option de vente) et par leur caractère asymétrique qui consiste en la possibilité qu'elles donnent de bénéficier d'évolution favorable sans avoir à supporter les situations défavorables

#### 1.1.1.2. Options réelles: contexte d'émergence et de développement

Depuis plusieurs dizaine d'années, l'approche par les options réelles a retenu l'attention des chercheurs malgré l'aspect peu explicite qu'elle revêt. Le développement de sa littérature a suivi différentes étapes que nous allons essayer de décrire en mettant l'accent sur l'effet de l'incertitude sur la prise de décision d'investissement en particulier.

Une première vague s'est intéressée à évaluer les options réelles d'une manière individuelle c'est-à-dire évaluer une option sans tenir compte des autres options qui peuvent être intégrées dans le même projet.

On avance l'étude de Myers (1984) qui revient la paternité de la notion d'options réelles et celle de Kester (1984). Le premier considère que la finance et la stratégie sont les deux faces de la même pièce et devraient être traités comme telles. De ce fait, la théorie des options réelles constitue un outil prometteur pour faire dialoguer l'analyse financière et l'analyse stratégique. Myers suggère que les investissements productifs gagneraient à être vu avec des lunettes des options plutôt qu'avec des " lunettes des discounted cash-flows " chose admise par Kester (1984).

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. Détenir un projet d'investissement

réel (la construction d'une usine ou l'adoption d'une nouvelle technologie, un plan de restructuration, l'exploitation d'un nouveau marché ou produit, le développement d'un programme de recherche et développement) est semblable à détenir une option financière. Un projet réel implique l'option, mais non l'obligation, de dépenser des ressources dans le futur afin d'obtenir un actif dont la valeur est normalement stochastique.

Les travaux apparaissent comme étant le point de départ du courant de la pensée des options réelles même si, dès 1977, Steward Myers s'appuie sur les travaux de Black, Scholes (1973) et Merton (1973) pour établir une analogie entre une opportunité de croissance et une option sur action<sup>1</sup> : après avoir effectué un faible investissement initial, l'entreprise pourra plus tard, si les conditions sont favorables, investir de façon plus importante dans ces opportunités de croissance et proposer une méthode de valorisation de cette option réelle. Les partisans de cette approche considèrent que les options réelles fournissent un cadre analytique « révolutionnaire » en mesure de surmonter les échecs de l'analyse traditionnelle dans la prise en compte de l'incertitude et de la flexibilité associé aux investissements.

En 1985, et suite à la première tentative de Kester, Brennan et Schwaetz, Mc Donald 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.

C'est ainsi que Mc Donald et Siegel (1986)<sup>2</sup> ont reconnu l'importance de différer le projet dans un monde incertain en admettant l'irréversibilité de cet investissement. Ils étaient les premiers à étudier les répercussions de cet aspect sur le moment optimal d'investissement.

En effet, ils ont postulé que l'incertitude concernant la valeur économique du projet d'investissement n'influence pas seulement la valeur attendue des revenus de l'investissement mais aussi le moment d'investissement, d'où l'importance de l'option d'attente comme alternative à l'option d'investir en présence de l'incertitude.

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.

---

<sup>1</sup> Zeng S, Zhang S, « *Real options literature review* », I Business Magazine, 2011. (<http://www.SciRP.org/journal/ib>)

<sup>2</sup> Avadikyan A, (2009), op cit.

De leur côté, Majd et Pindyck (1987) ont traité les investissements séquentielles où la firme investit continuellement et a la possibilité d'arrêter temporairement la production sans occasionner des frais supplémentaires.

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.

D'une manière générale, la communauté académique a porté un intérêt grandissant à la théorie des options réelles. Le nombre de travaux sur ce sujet a connu un essor très important à partir de la deuxième moitié des années quatre-vingt-dix. Ces publications ont permis de faire connaître ce paradigme à un plus large public (Dixit & Pindyck, 1994 ; Trigeorgis, 1994 ; Amram & Kulatilaka, 1999). Certains chercheurs ont vu dans les options réelles le principal outil à la prise de décision de demain (Copeland & Antikarov, 2001).

Néanmoins, différentes enquêtes empiriques font état d'une faible utilisation des options réelles dans le monde de l'entreprise : « *Despite the theoretical attractiveness of the real options approach, its use by managers appears to be limited* » (Bowman et Moskowitz, 2001)<sup>1</sup>.

Cette méthode trouve un nouveau champ d'application à la fin des années quatre-vingt-dix dans les jeunes pousses financées par le capital risque.

Une deuxième vague d'études s'est intéressée à une collection des options réelles où leurs valeurs entrent en interaction et s'influencent l'une et l'autre :

Lenos Trigeorgis (1991) a essayé d'évaluer un investissement complexe où plusieurs options ainsi que plusieurs sortes de flexibilité sont reliées entre elles. En additionnant les valeurs des différentes options (différer le projet, abandon durant la construction, expansion de la production,.....). Trigeorgis est arrivé à la conclusion que la combinaison de ces dernières options est surévaluée suite à leurs interactions.

En effet, si on prend en considération l'interaction, la valeur combinée des options est inférieure à la somme des valeurs séparées. L'interaction entre les options permet, dans plusieurs cas, de tuer ou changer l'actif sous-jacent.

---

<sup>1</sup>Bowman E. H, Moskowitz G.T, "Real options analysis and strategic decision making", Organization Science, Vol. 12, No. 6, 2001.

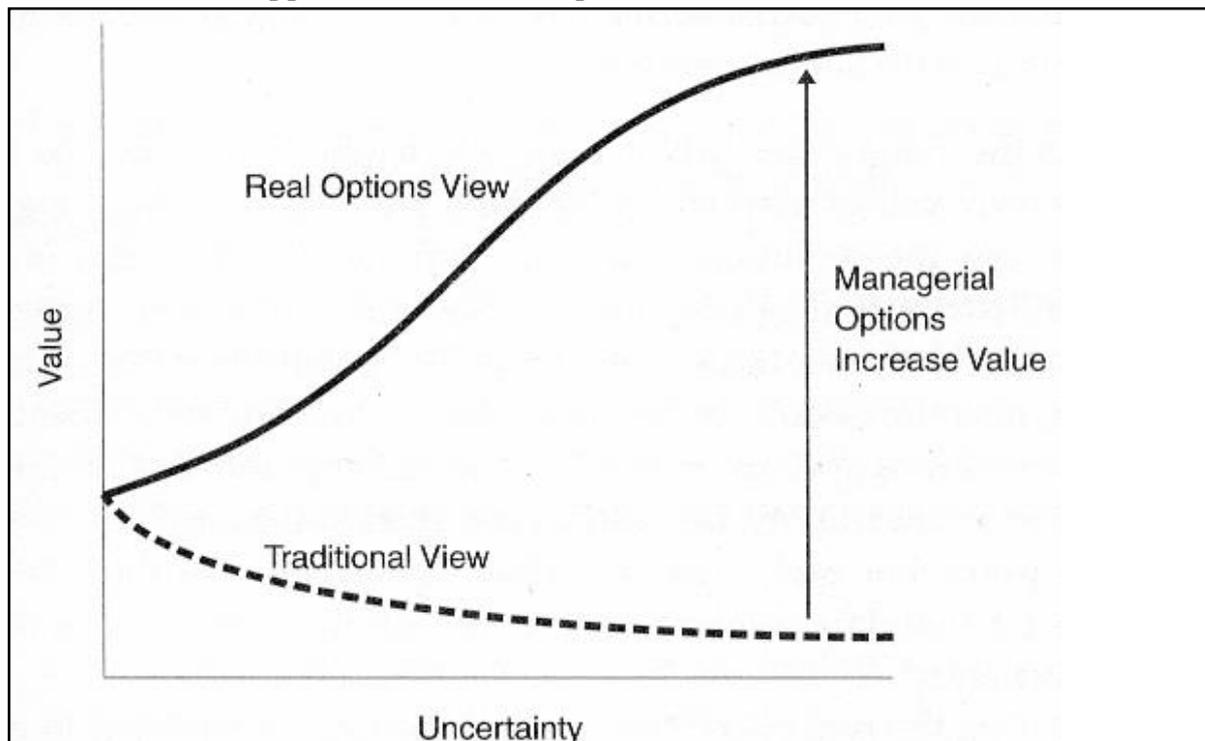
### 1.1.2. L'apport de la méthode des options réelles

Etant donné que les méthodes classiques reposent sur une vision déterministe et linéaire (Savage 2009). L'apport de l'analyse par les options réelles repose sur deux principales sources de valeur à savoir le risque et la flexibilité (Dixit et Pyndick 1994, Trigeorgis 1996). Ces deux modalités varient dans le temps et le poids des options réelles dans cette optique est prépondérant.

L'approche en termes d'option réelles propose une vision positive de l'incertitude. Elle peut être une source d'opportunité et de richesse potentielle<sup>1</sup>. L'approche peut créer de la valeur sous la condition de l'identification et de l'utilisation des options par les gestionnaires.

La figure qui suit montre la différence entre les deux analyses : traditionnelle et celle en termes d'option réelles.

**Figure n° II .02 : Comparaison de la vision de l'incertitude dans l'approche traditionnelle et l'approche en termes d'options réelles**



Source : Amram et Kulatilaka, 1999, p.15

Selon cette démarche, plus l'incertitude est importante, plus grande est la probabilité de l'exercice de l'option réelle et plus la valeur de l'option est importante.

<sup>1</sup> Dubocage E, « Les options réelles : Un outil théorique adapté à l'évaluation des start-up financées par le capital-risque ? », université- paris 13, 2003.

Le second apport de cette analyse se manifeste par la possibilité d'émergence d'un panel de scénarii, comme il permet d'identifier les jalons du projet (Brealy et Myers 2010). La possibilité d'adapter le projet aux conditions futures consiste alors en flexibilité porteuse de valeur.

Au-delà du simple outil de valorisation, l'option réelle est aussi un outil de gestion qui permet le façonnement stratégique (H.Philipe, 2004).

Plus précisément, la notion de flexibilité managériale se définit comme la capacité du manager à adapter la décision d'investissement par un ajustement d'échelle ou temporel aux conditions existantes de marché, comme par modification des hypothèses initiales de simulation du projet et /ou de ces objectifs. L'analyse par les options réelles valorise l'existence d'une flexibilité managériale et lui reconnaît la capacité à augmenter les chances de succès tout en limitant les risques de pertes. Ainsi, elle prétend figurer la réalité des dynamiques de la décision d'investissement (Copeland et Antikarov, 2001).

L'existence de flexibilité managériale est une condition d'existence d'une option réelle. Copeland, Koller et Murrin (2000) proposent une cartographie des projets en fonction de leur flexibilité et la dose d'incertitude du contexte de réalisation. Les flexibilités managériales les plus courantes sont l'expansion du projet, l'abandon du projet, la possibilité de retarder son lancement, le changement d'échelle, l'option de modifier les inputs en outputs, la faculté d'abandonner le projet au cours de sa phase opérationnelle.

Pour résumer leur vision, Copeland, Koller et Murrin (2000) ont choisit une représentation matricielle pour expliquer avec pédagogie la nécessité du passage du raisonnement par la VAN vers celui des options réelles face à un environnement incertain.

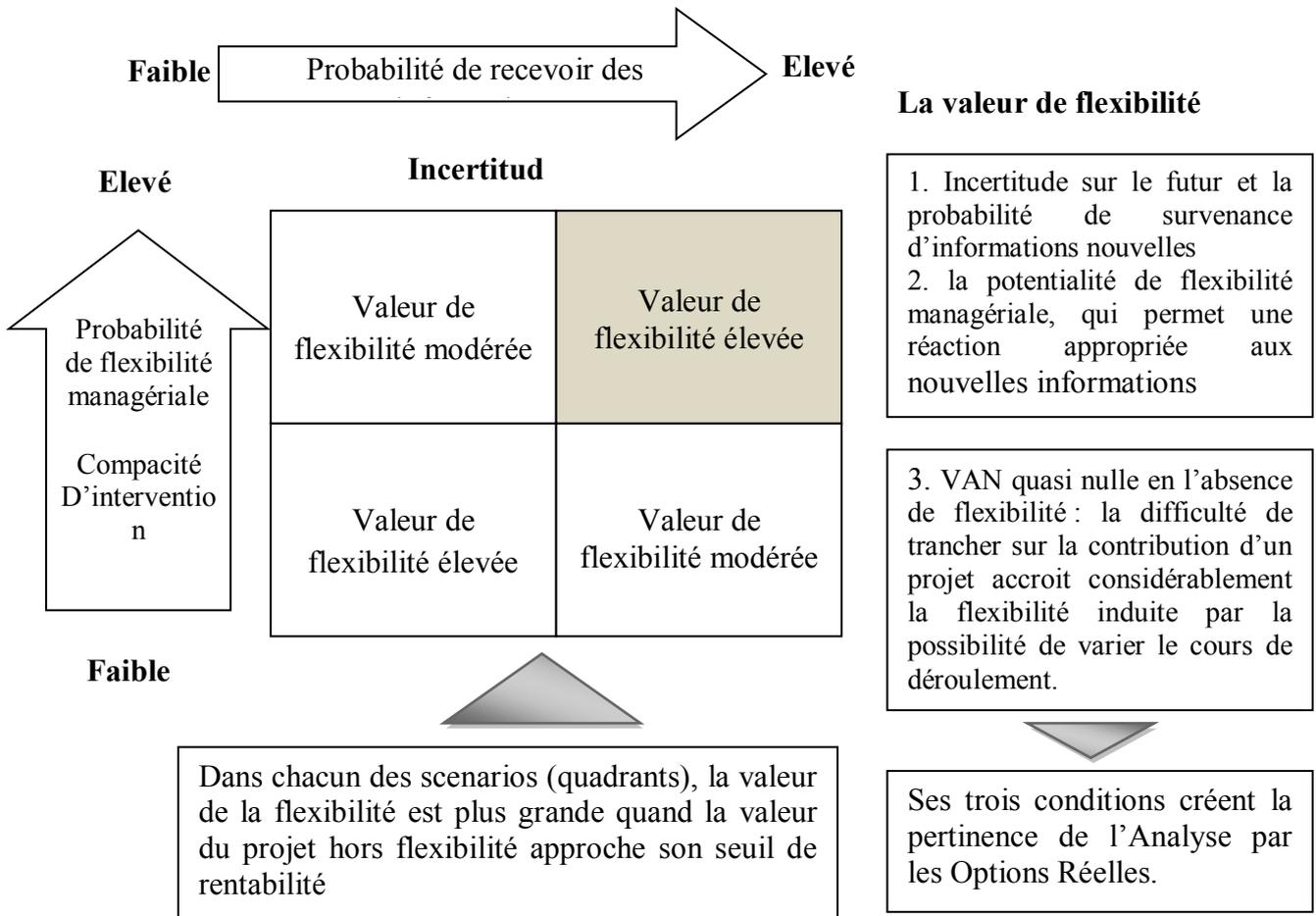
La figure suivante met en relation la notion d'incertitude et celle de flexibilité managériale. En abscisse figure la probabilité de recevoir l'information, c'est-à-dire la capacité à réduire l'incertitude, en ordonnée, la capacité managériale à répondre aux changements, c'est le potentiel de flexibilité que l'analyse par les options réelles est capable de capturer. Ce même raisonnement a été repris par Taleb une décennie après. Sa matrice a adopté un raisonnement moins pratique, plus mathématique. Le quadrant IV qui était considéré comme un univers incertain, selon la matrice CKM, auquel le management pouvait s'adapter devient chez Taleb une notion de danger, de fragilité aux événements rares et dont la capacité de réaction et sa rapidité revêt la valeur la plus importante<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> madamefinance.wordpress.com

Figure n° II .03 : Schéma retraçant la valorisation de la flexibilité managériale

Copeland, Koller et Murrin (2000)



**Source :** Blum Véronique, « Options réelles : métamorphoses d'une méthode d'évaluation capturant le risque », Gestion 2000, 2012/4 Volume 29, p. 19-34.

### 1.1.3. Domaine d'application des options réelles

L'idée de considérer les opportunités d'investissement de l'entreprise comme des « options réelles » remonte à plus de 30 ans. Elle date de 1977, quand Stewart Myers a utilisé pour la première fois cette expression dans son article. Stark (2000) confirme que « l'idée que les opportunités d'investissement en présence d'incertitude incorporent beaucoup d'options réelles différente a révolutionné la pensée de la prise de décision d'investissement ». Dès lors, l'idée a attiré l'intérêt de la recherche académique. Certains chercheurs considèrent que presque toutes les décisions d'investissement sont porteuses d'options (Bowman et Hurry, 1993), ainsi, Myers (1996) affirme : « *my point is that real*

*options are nearly ubiquitous* ». La méthode des options réelles a vu son champ d'application s'élargir<sup>1</sup>.

Au début, les options ont été appliquées au processus relatifs à l'acquisition et à l'exploitation des ressources naturelles dont les prix sont très volatils et dont l'exploitation nécessite de lourds investissements irréversibles (Siegel, Smith et Paddock, 1987, Breman et Schwartz, 1985) et dans la recherche et développement (Majd et Pindyck (1987) ; Carr (1988) ; Trigeorgis (1993). D'après Brice Hill, contrôleur à la division des serveurs d'Intel, à Hillsboro, Ore, « les options réelles déterminent le prix d'une opportunité »<sup>2</sup>. Leur utilisation s'est ensuite élargie. Les options réelles sont de plus en plus utilisées dans l'évaluation des grands projets caractérisés par des coûts fixes initiaux importants et qui suivent un développement séquentiel (Myers et Majd, 1990) comme les compagnies aériennes et ferroviaires.

En effet, les options réelles sont utilisées par plusieurs entreprises dans différentes industries. L'industrie du pétrole, du gaz, les industries électroniques et des mines sont parmi les premières et restent les utilisateurs les plus significatifs de la méthode en raison de leur besoins accrus en capitaux principaux, de long délais d'investissement, des hauts niveaux d'incertitudes et de forte dépendance en matières premières activement échangées (Chevron, Anadarko Petroleum, Petrobras, Enron).

Actuellement, d'autres industries ont également adopté l'approche des options réelles, telles que l'industrie des technologies d'information et de communication. D'après Cherif, Barneto, 2001, « l'approche par les options réelles n'est donc pas apparue avec les techniques de l'information et de la communication mais est devenue à la fin des années quatre-vingt-dix un outil très prisé pour évaluer les sociétés de la nouvelle économie, l'industrie de la chimie et de la pharmacie. Afin de soutenir le développement des stratégies optimales pour leur investissement à risque élevé et intensif en capital. Ce succès s'explique en grande partie par l'incertitude croissante de l'environnement auquel les entreprises acquièrent aujourd'hui une dimension et une valeur plus importante qu'auparavant et valorise d'autant les projets offrants des options réelles.

---

<sup>1</sup> Boucher C, « La valorisation des sociétés de la nouvelle économie par les options réelles : vertiges et controverses d'une analogie » université Paris Nord.

<sup>2</sup> Boyer M, Christoffersen P, Pavlo A, « Création de valeur, gestion de risque et options réelles », rapport Bourgogne, 2003.

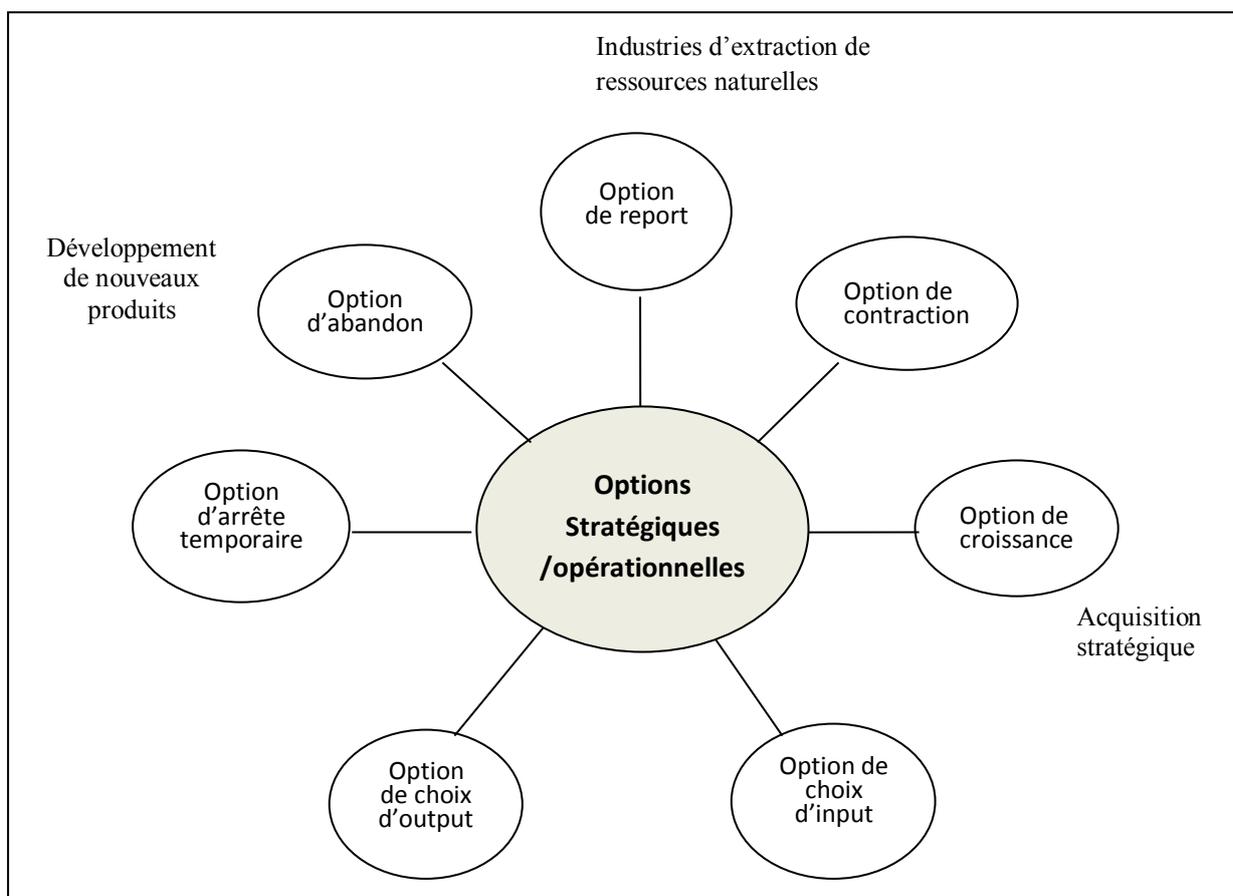
Cette approche représente un changement important dans la gestion stratégique, néanmoins l'ampleur d'acceptation et d'application empirique des options réelles malgré son adaptation par des entreprises telles qu'Airbus, Hewlett Packard, Intel, Toshiba et autres n'a pas tenue aujourd'hui aux promesses et aux espérances escomptés.

## 1.2. Présentation des principaux types d'options réelles

La littérature fait traditionnellement la distinction entre deux grandes catégories d'options :

- Les options stratégiques ou options d'investissements / désinvestissements : ces options tirent leurs valeurs de la flexibilité dans le rythme et les modalités d'acquisitions et de cession d'actif.
- Les options d'exploitation s ou options de flexibilité : ces options tirent leurs valeurs de flexibilité des marges dont disposent les dirigeants dans le cadre de l'exploitation d'un actif donné.

Figure n° II.04 : Les options réelles fondamentales



Source : conçu par nos à partir Louafa T, Perret, (2008)

Nous abordons en premier lieu La première famille d'options dite options stratégiques. Elles se subdivisent en différentes catégories d'options, que nous présenteront au cours de ce paragraphe, s'agissant de leurs natures, leur impact sur la décision d'investissement, ou de l'influence prépondérante d'un déterminant spécifique.

### **1.21. L'option de croissance**

L'option de croissance correspond aux différentes opportunités de croissances offertes à l'entreprise, à savoir l'achat d'un brevet, possession d'une marque ou d'une licence d'exploitation et d'un savoir-faire acquis à l'aide d'activité de recherches ... les dépenses effectuées lors de ces opérations lui permettent l'achat d'une option de développer une nouvelle technologie dans l'avenir. La firme, ainsi se dote d'une option d'achat analogue à celle utilisée dans le domaine financier dont la valeur est la même que celle d'un call financier.

Le champ d'application des options de croissance est extrêmement vaste. D'une façon générale, elles constituent une part significative de la valeur des entreprises car elles résultent d'avantages compétitifs (la connaissance technologique, les brevets et le savoir-faire). Autrement dit les investissements productifs d'aujourd'hui peuvent être l'origine des opportunités de demain (Amram et Kulatika 1999).

L'option de croissance peut se définir comme une option d'achat européenne dont le prix d'exercice correspond au coût de l'investissement optionnel, elle est primordiale en cas de conjoncture économique favorable. Dans telles circonstances l'entreprise se trouve devant un éventail d'opportunité et pour garder sa place dans le marché parmi ses concurrents, les dirigeants seront obliger d'opter pour l'option de croissance. L'investissement dans un projet de recherche et développement en constitue un exemple typique.

La règle d'investissement est que la VAN globale du projet, composé de la VAN du projet initial et de l'option de croissance du projet à venir, doit être positive pour que le projet initial soit entrepris. Puis, à l'échéance de l'option, le projet supplémentaire, sera réalisé (l'option est exercé) si l'état de la nature est favorable, c'est-à-dire si la valeur actuelle des cash-flows est supérieure à l'investissement.

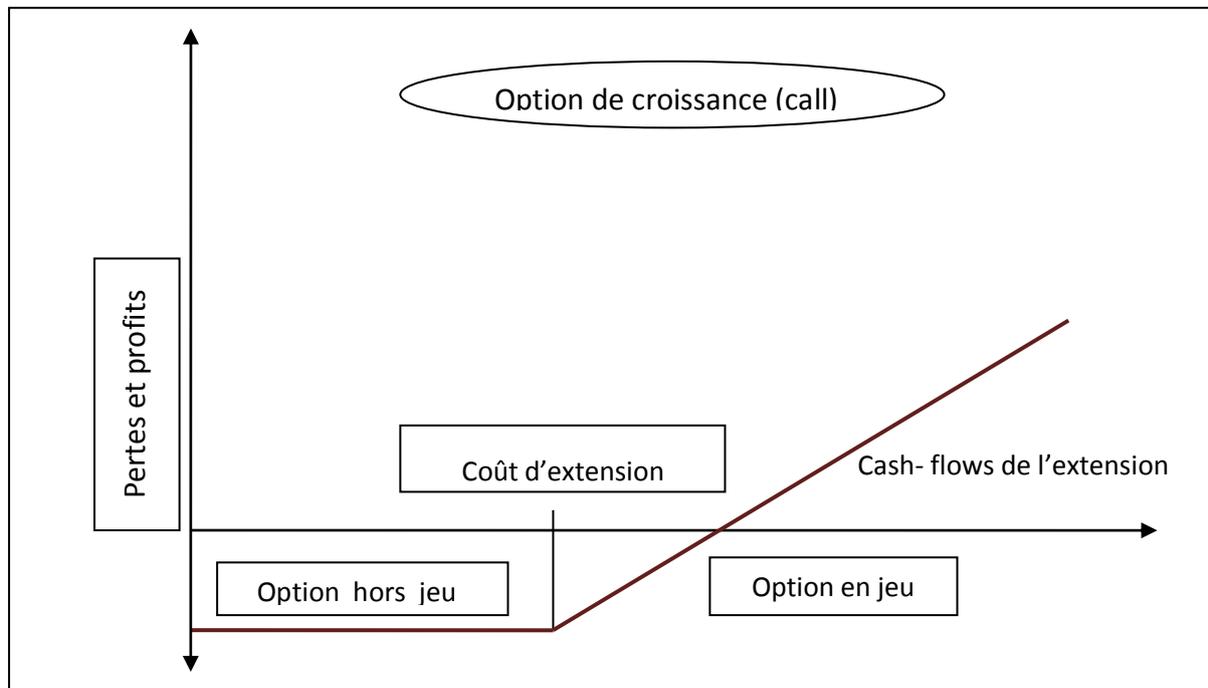
L'option de croissance a été introduite dans la littérature financière par Myers (1977). Celui-ci la présenté comme une option d'achat détenue par une entreprise dont le prix

d'exercice est le coût d'extension (I) et le sous-jacent est la valeur des flux futur 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<sup>1</sup>.

**Figure n° II .05 : Le comportement d'une option de croissance**



*Source* : Ezzobaier D, 2008. P23

Selon bellalah (2000) l'option de croissance sert à valoriser les investissements dont la portée stratégique est considérable et 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.

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. 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.

<sup>1</sup> Ezzobaier. D, « Les options réelles : options de croissance et de contraction pour l'évaluation d'un projet d'investissement », mémoire à l'université du Québec A Montréal, 2008

### 1.2.2. L'option d'apprentissage

Cette option est généralement assimilable à une option de report vu que l'investisseur a la possibilité de différer son investissement. Les outils traditionnels de gestion financière ne prennent pas en compte le fait que chaque stade d'investissement crée de l'information (élément influant la demande, le montant d'investissement, cout de production et les attentes des clients...). L'approche en termes d'options réelles valorise les décisions contingentes. En effet, le découpage de l'investissement en différentes étapes est une méthode de gestion de l'incertitude. Elle permet de prendre une décision en connaissance de cause. Ce type d'option trouve son champ d'application notamment dans le forage pétrolier<sup>1</sup>.

### 1.2.3. L'option de contraction

Toujours dans le souci d'une meilleure maîtrise de l'environnement et pour se protéger contre les situations défavorables du marché, l'entreprise recourt à une option de contraction. En effet, cette dernière 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.

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 se contracter ses investissements.<sup>2</sup>

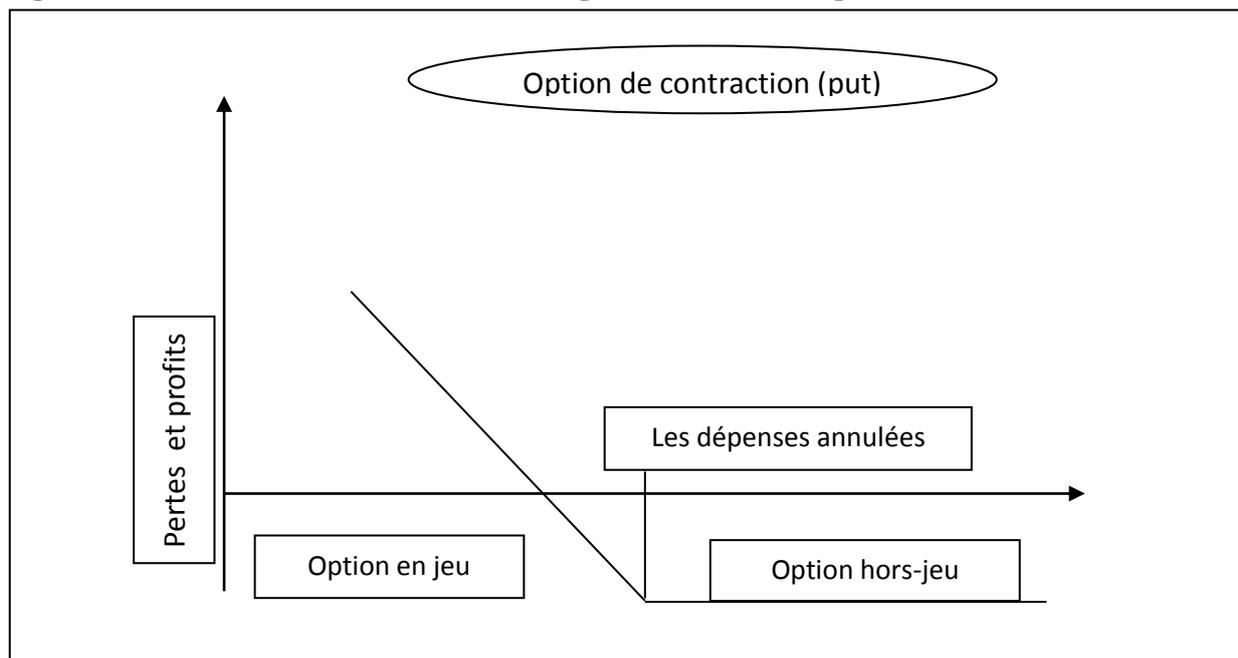
---

<sup>1</sup> Levyne O, Sahut.JM, « Options réelles », édition DUNOD, 2009.

Dubocage.E, « Les options réelles : Un outil théorique adapté à l'évaluation des start-up financées par le capital-risque ? », Document de travail du CEPN n°2003-12)

<sup>2</sup> Ezzobaier D, « Les options réelles : options de croissance et de contraction pour l'évaluation d'un projet d'investissement », Mémoire université du Québec, 2008

Figure n° II. 06 : Schéma retraçant le comportement d'une option de contraction



Source : Ezzobaier D, 2008. P25

#### 1.2.4. L'option de report ou d'attente

Sans doute l'option réelle de reporter l'investissement est le type d'option le plus invoqué<sup>1</sup>. La technique du différé peut être avantageuse lorsque l'incertitude est grande, que les flux monétaires immédiats du projet sont faibles et que son caractère irréversible est marqué, ce qui est le cas, en particulier, des investissements dans l'innovation qui engendrent des coûts irrécouvrables. La prise en compte de l'option de report (option to Delay) est un moyen d'identifier la meilleure stratégie possible, la flexibilité est uniquement due à la possibilité pour l'investisseur d'attendre avant de s'engager. L'investissement est reporté dans l'espoir d'obtenir ultérieurement des informations pertinentes quant à la mise en œuvre du projet.

Contrairement à la théorie traditionnelle de l'investissement, l'option de reporter prend en considération la capacité d'apprentissage de l'investisseur. En effet, les règles standards d'évaluation financière du projet excluent toute flexibilité, notamment la possibilité d'attendre. Laissant ainsi à un champ de manœuvre limité de sorte que l'investisseur ne peut choisir qu'entre entreprendre immédiatement le projet ou y renoncer définitivement. Or, si le report d'une décision d'investissement prive l'investisseur d'une partie de bénéfice qui en découle, cela lui procure l'avantage d'observer l'évolution de l'environnement. La possibilité

<sup>1</sup> Lautier D, Cereg, « Les options réelles : une idée séduisante- un concept utile et multiforme- un instrument facile à créer mais difficile à valoriser » université paris IX, 2001

de report de la décision offre une marge de manœuvre supplémentaire par rapport au critère de la valeur actuelle nette.

En revanche, l'opérateur dont le projet fait l'objet de report, suppose implicitement que le bénéfice retiré de l'attente (nouvelles informations) soit supérieur à son coût. Ce dernier a diverses origines, citons entre autres : la renonciation aux revenus retirés d'un investissement immédiat, le coût d'opportunité associé à la détention de l'option subie, enfin l'attente exposée au risque de laisser une opportunité s'échapper. Notamment, l'introduction de nouvelles sociétés sur le marché et le développement de nouvelles technologies, cela nous conduit à souligner que la valeur de cette option varie selon l'industrie (barrières à l'entrée et barrières à la sortie).

L'option de report est une option de type américain dont le prix d'exercice correspond à la valeur de revente de l'actif, et la valeur actuelle nette du projet d'investissement approprié par le détenteur sert de support à l'actif dérivé. La définition même de cette option permet de comprendre que celle-ci sera particulièrement importante dans les industries caractérisées par une réelle possibilité d'attendre, comme celle des ressources naturelles (exploitation d'une mine de charbon..), les projets immobiliers, l'agriculture, la papèterie...

### **1.2.5. L'option d'abandon**

Une entreprise peut souhaiter à tout moment interrompre un projet car il s'est avéré décevant.

L'option d'abandonner un projet fournit une assurance partielle contre l'échec (Majd et Myers 1983)<sup>1</sup>, elle est associée à la possibilité de renoncer définitivement à un investissement et, éventuellement, de le revendre sur le marché secondaire. C'est une option de vente, de type européen, dont le prix d'exercice est égal à la valeur des actifs du projet s'ils étaient vendus ou bien déplacés vers une utilisation plus rentable.

La démarche optionnelle en soulignant l'existence de l'option d'abandonner, permet de souligner qu'un choix s'offre en permanence et suscite une réflexion sur les conséquences possibles d'un tel acte. En effet, ce choix n'est autre que l'asymétrie dont doit tenir compte la décision d'abandon. Donc, exercer le droit conféré par l'option d'abandonner permet, soit de recueillir les revenus issus d'une revente du projet, soit d'annuler les coûts liés à son maintien. Néanmoins, la prise en considération de cette option se manifeste dans deux cas, à savoir :

---

<sup>1</sup> Letifi N, (2013), op.cit.

La spécificité de l'actif ; dans le cas où elle est faible, sa revente dans des conditions avantageuses est envisageable, et l'option d'abandon peut être ignorée ;

Les dépenses de mise de fond ; c'est lorsque le projet exige de continuelles mises de fonds pour être maintenu en état de fonctionnement, les économies résultant de l'abandon peuvent être substantielles c'est le cas notamment des industries soumises à un strict impératif de sécurité<sup>1</sup>.

Dans le cas contraire, conserver un projet c'est révéler l'attrait qu'il possède aux yeux de son détenteur. Un attrait matériel comme il peut correspondre des éléments difficiles à quantifier tels que le savoir-faire technologique ou les compétences organisationnelles.

Myers & Majd (1983) et Robichek & Van Horne (1967) ont été parmi les premiers à analyser la valeur d'une option d'abandon. Selon eux, un investissement doit être abandonné si la valeur de récupération obtenue en se débarrassant de l'investissement est supérieure à la valeur présente des cash-flows futurs de la période restante<sup>2</sup>.

Pour illustrer, posons  $V$  comme la valeur d'un projet allant jusqu'à la fin de sa durée de vie et  $L$  sa valeur de liquidation ou d'abandon aujourd'hui. Si le projet possède encore  $n$  années de vie. La valeur du projet allant à l'échéance peut être comparée à sa valeur de liquidation, si elle est supérieure le projet continue, en revanche, si elle est inférieure, l'exercice de l'option d'abandon est envisagée.

$$\text{Valeur de l'option : } \begin{aligned} &= 0 \text{ si } V > L \\ &L - V \text{ si } V \leq L \end{aligned}$$

Donc de cela, et comme le montre parfaitement la figure suivante, la valeur de l'option est étroitement liée à la valeur attendue du projet<sup>3</sup>.

Par exemple, France Télécom a exercé une option d'abandon en 2002 vis-à-vis de MobilCom, son ex-filiale en Allemagne, qui lui réclamait onze milliards d'euros pour développer son projet UMTS (service de téléphonie mobile de troisième génération)<sup>4</sup>.

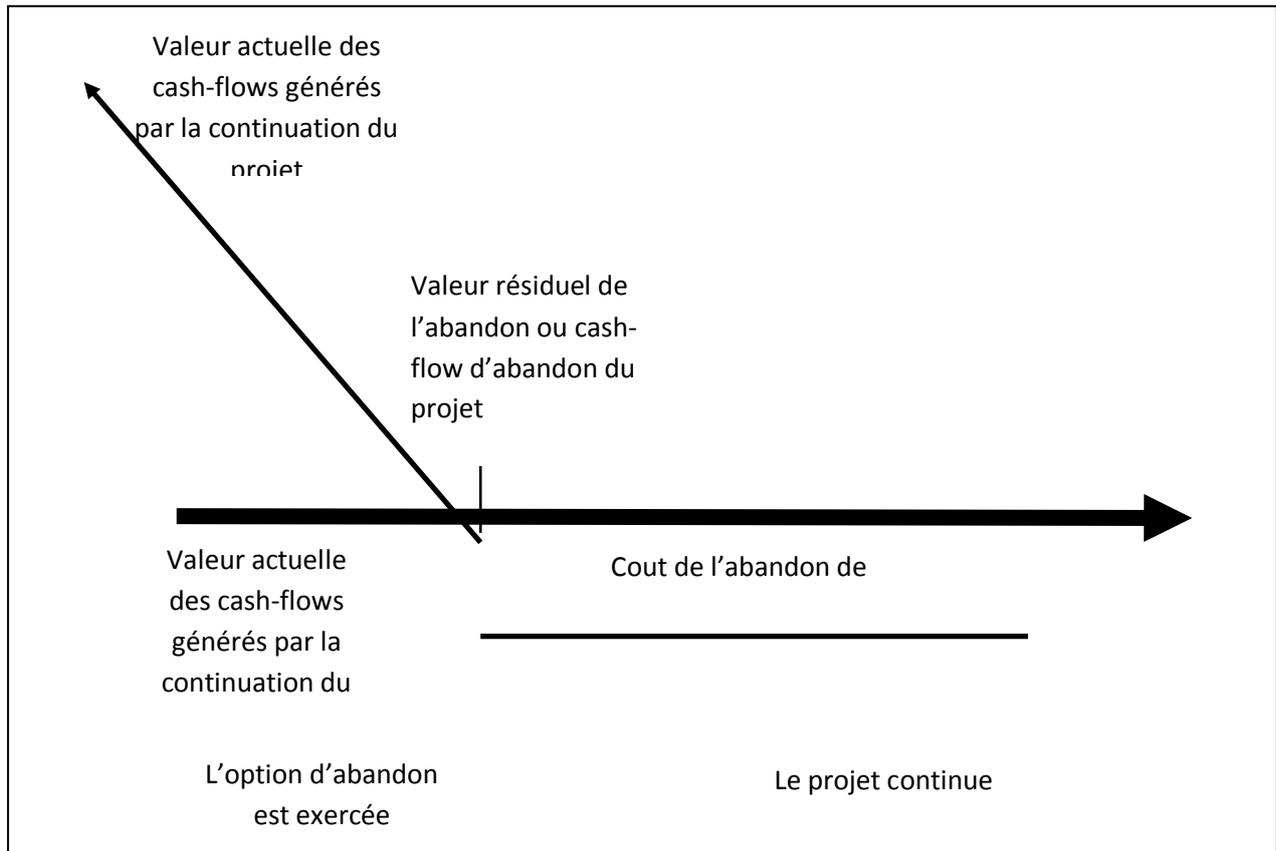
<sup>1</sup> Lautier D, Cereg, (2001).op. Cit.

<sup>2</sup> Financedemarche.fr consulté janvier 2015

<sup>3</sup> Aswath. Damodaran, « Pratique de la finance d'entreprise : A user's manual », édition De Boeck, 2010

<sup>4</sup> Levyne O, J, M.Sahut, « Options réelles », édition DUNOD, 2009

Figure n° II. 07 : Schéma retraçant L'option d'abandon du projet



**Source :** Aswath Damodran, « Finance d'entreprise », édition De Boeck Université, 2006

La deuxième famille d'option appelée option opérationnelles, celles-ci donnent naissance à de nombreuses opportunités intervenant tout au long de la vie du projet grâce à l'ensemble de flexibilité liée aux processus de production de l'entreprise ; parmi ces options on trouve :

### 1.2.6. L'option d'arrêt temporaire

L'entreprise est sujette à un ou plusieurs arrêts temporaires d'exploitations de l'usine. En effet, lorsque les recettes ne couvrent pas les coûts variables, alors l'entreprise a tendance à produire seulement lorsque ses recettes couvrent au minimum ses coûts variables.

Dans cette optique et dans le souci d'une meilleure rationalité et d'une meilleure rentabilité, les auteurs proposent des modèles définissant les dates d'ouverture optimale réduisant ainsi les pertes. Ces modèles vont jusqu'à préconiser les fréquences d'exploitation dans le but d'assurer une meilleure productivité.

Selon Brennan et Schwarz (1985), l'option d'arrêt temporaire s'applique en majorité dans le secteur d'activité saisonnières ayant trait au ressources naturelles (production minière, pêche...)

### **1.2.7. L'option de choix d'input**

La valeur de cette option est élevée pour toutes industries qui recourent à des inputs ayant un substitut proche, elle se manifeste à chaque début de processus d'exploitation, en effet, l'entreprise effectue un arbitrage entre les différents inputs utilisables pour opter enfin à l'input 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 de sa rentabilité. Citant comme exemple la production d'énergie par une centrale thermique soit avec du gaz, soit avec du fuel.

### **1.2.8. L'option de choix d'output**

Lorsque on a un processus de production où il existe non plus un output unique mais plusieurs, il s'agit dans ce cas pour l'entreprise de choisir l'un ou l'autre des outputs qui se fabriquent à partir du même input.

Les options de choix d'output sont quant à elles importantes dans les industries caractérisées soit par une demande saisonnière (agriculture), par une demande fortement segmenté (jouets, composant de machine, automobiles...) un agriculteur possède une option de choix d'output car il a la possibilité de cultiver différent céréales ou légumes suivant les saisons et l'évolution de leur prix.

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 de croissance, l'option d'arrêt temporaire ou l'option de choix d'inputs ou d'output 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 .

La présentation des options réelles les plus fréquemment invoquées dans la littérature illustre aisément le caractère multiforme de ce concept. Son principal attrait est de montrer

que, à la limite, chaque projet peut être considéré comme un « gisement d'options » (Goffin, 2001)<sup>1</sup>.

## Section 2 : les fondements de l'approche des options réelles

Une option réelle est une opportunité générée par un projet d'investissement. Le détenteur d'une option réelle dispose, en toute souveraineté et sans l'accord d'aucune autre partie, du droit de faire ou de ne pas faire un acte futur, du droit de prendre ou de ne pas prendre une décision, à une date future fixée ou avant cette échéance (Goffin, 2001)<sup>2</sup>.

Les options réelles se présentent comme étant une approche révolutionnaire et une théorie d'évaluation économique. Elle a imposé le principe que la valeur économique d'une entreprise provient non seulement de ses actifs en place mais aussi de ses opportunités discrétionnaires futures d'investissement.

Au cours de cette section nous présenteront l'apport de la théorie d'option réelle ainsi que ses conditions et ses modalités d'application.

### 2.1. Les options réelles : une nouvelle règle de décision

Les options réelles, de par leur principe de fonctionnement, ont conduit à la reconsidération de la VAN (valeur actuelle nette) comme critère de sélection. Jusqu'à présent, les projets d'investissement ayant une VAN négative étaient systématiquement rejetés. Pourtant, sur le plan financier, il faut que s'ils ne sont pas rentables, leurs fonctionnement doit générer des flux de liquidité sur les investissements futurs, sous-jacent retenus dans le *business plan stratégique*. De fait, l'intelligence économique doit être renforcée au sein du gouvernement d'entreprise ainsi que dans les prises de décision en matière de développement des firmes.

Partant de ce constat, Allaz eu une idée originale et développe ainsi un critère de sélection qui s'applique aux actifs dont la valeur actuelle nette négative et notamment aux immatériels. Il met l'accent sur l'option de croissance associée à ces actifs et qui se valorise indépendamment : ceci s'appliquerait donc parfaitement aux projets d'investissements. Leur

---

<sup>1</sup> Lautier D, Cereg, (2001). Op.cit.

<sup>2</sup> Aliouat B, Bensahel W, « Création de valeur à travers l'approche d'option réelles : l'état pratique. Application au secteur de biotechnologie » Recherche économiques et Managériales, numéro 01, 2007.

sélection s'appuie sur le critère de *valeur actuelle nette augmentée* (VANA) ou "*expanded net present value*" (Vernimmen, 2000) qui se formalise ainsi :

$$\text{VANA} = \text{VAN} + \text{valeur des options réelles}$$

Plus précisément, la valeur actuelle nette augmentée (VANA) correspond à la VAN (montant d'un investissement initial auquel il faut rapporter les cash-flows générés par ce même investissement pour toute la période future) majorée de la valeur des options réelles. En d'autres termes la VANA d'un projet est égale à la VAN, calculée sans tenir compte d'aucune option et augmentée de diverses primes établies chacune en fonction des éléments de flexibilité du projet.

La règle de décision issue de la méthode des options réelles est la suivante : un investissement productif est mis en œuvre quand la somme de la valeur actuelle nette et la valeur actuelle des options est positive

Un projet est alors supposé rentable si sa valeur actuelle nette augmentée (VANA) est positive (même si sa valeur actuelle nette étant négative), pour ce qui est du cas des options de report, on procède par une comparaison entre la valeur de l'option réelle et la valeur actuelle nette (VAN). Le projet n'est entrepris immédiatement que si la valeur actuelle nette est supérieure à la valeur de l'option, alors que si on néglige la valeur de l'option, il suffit que la valeur actuelle nette soit positive pour démarrer l'investissement.

Le principal apport de cette approche est le fait qu'elle tisse un lien entre l'enjeu financier et l'enjeu stratégique de l'investissement.

## 2.2. Les conditions d'utilisation des options réelles

Pour assurer la fonction des options réelles comme méthode d'évaluation, un projet doit répondre à trois conditions Lautier (2001)<sup>1</sup> :

### 2.2.1. L'incertitude

Le caractère *incertain* du projet ; en effet, l'incertitude est un élément fondamental à la prise de décision d'investissement, si toutes les variables sont connues et qu'il n'y a aucune

<sup>1</sup> Perez M, Mchawrab S (2009). op.cit.

source d'incertitude, il est possible de savoir immédiatement si le projet est rentable ou non et l'évaluation par les options réelles n'apporte rien de plus. Par conséquent, Ellen Roemer (2004) affirme que l'approche des options réelles a permis de conclure que la valeur d'une option croît avec l'augmentation de l'incertitude concernant l'actif sous-jacent<sup>1</sup>.

Comme pour les options financière, 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 associé aux options financière est simple à calculer et à analyser car elle est modélisée pas les probabilités d'occurrences des événements, dans ce cas on parle beaucoup plus de risque que d'incertitude, celui-ci correspond à la volatilité du cours du sous-jacent, selon les précurseurs de l'étude Knight (1971) notamment qui établit un distinguo entre le concept "risque" et celui "d'incertitude".

Quant au concept d'incertitude, diverses définitions lui ont été attribuées accentuant ainsi cette opposition entre les deux notions, Attneave (1959) Garner (1962) définissent l'incertitude comme le logarithme du nombre d'issues possible que peut avoir un événement. Une définition mathématique au quelle d'autres auteurs ajoutent une conception beaucoup plus large tels Lawrence et Lorsch (1967) qui considèrent que l'on se trouve en contexte d'incertitude des lors que les trois conditions suivantes sont réunies :

- Manque de clarté de l'information ;
- Longueur de la durée de temps s'écoulant jusqu'à l'issue finale ;
- Incertitude générale sur les relations causales.

D'après Miliken (1987), les trois définitions de l'incertitude les plus citées dans la littérature sont les suivantes :

- L'incapacité d'attribuer des probabilités quant à l'occurrence d'événements futurs ;
- Le manque d'information sur les relations cause- effet ;
- L'incapacité de prévoir avec précision quelles seront les conséquences d'une décision.

Le champ d'incertitude pour les options réelles est très vaste grâce à la diversité des états de nature qui entoure l'entreprise.

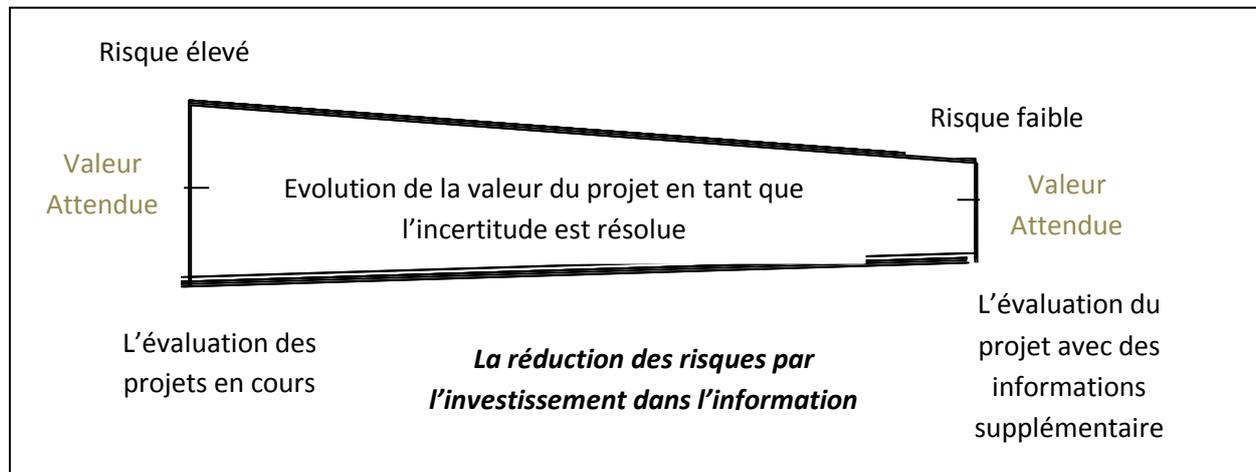
Selon Johannes Brautigam et Christoph Esche (2003), deux types d'incertitude ont été détectés à savoir l'incertitude endogène et exogène: L'incertitude endogène touche l'incertitude spécifique à la firme qui peut être diversifiée par la construction des portefeuilles

---

<sup>1</sup> Bey B, « Options réelles : une application aux banques canadienne », mémoire MBA, 2009

soit du côté de la firme soit du côté des investisseurs et l'incertitude exogène fait référence au marché, elle touche tous les projets et les produits du fait qu'elle n'est pas diversifiable<sup>1</sup>.

Figure n° II. 08 : évolution de la valeur du projet tant que l'incertitude est résolue<sup>2</sup>



Source: Kmad A, Elhjjami M (2014)

### 2.2.2. L'irréversibilité

En deuxième lieu, le caractère *irréversible* du projet, un projet dit irréversible est un projet dont les coûts d'investissements sont totalement ou en partie irrécupérables en cas d'évolution néfaste.

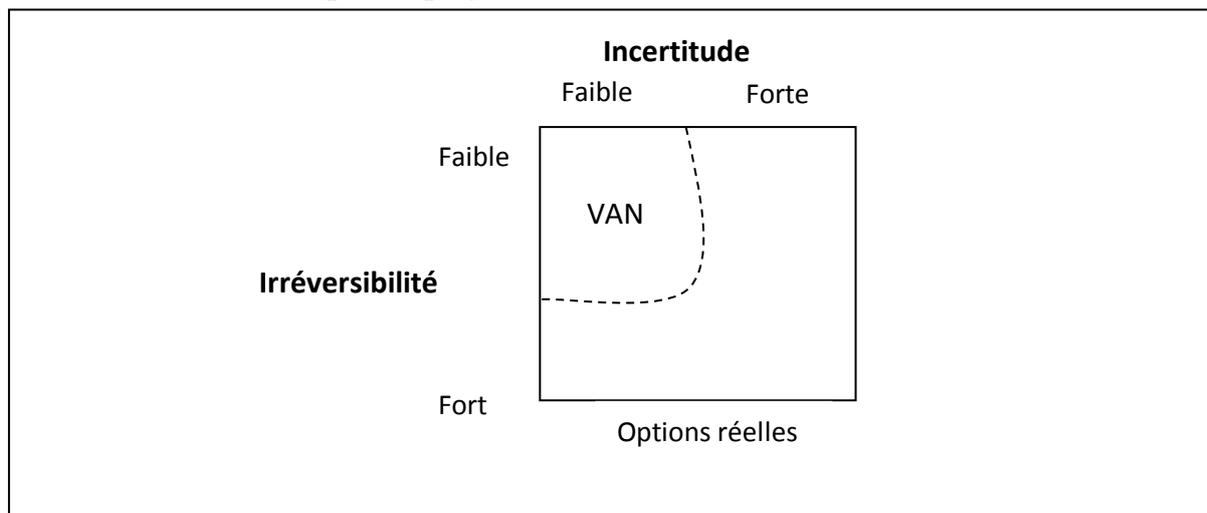
L'irréversibilité des investissements ne serait que la résultante de l'absence de marché secondaire pour les actifs réels. Donc, une fois la décision d'investir est prise, il est difficile de retourner en arrière sans perdre au moins une partie des dépenses.

Dans un cas contraire, c'est-à-dire d'une éventuelle possibilité de récupération du fond investie initialement. Les entreprises auraient réalisés leur projet peu importe le risque et les critères de sélection.

<sup>1</sup> Bey. B, « Options réelles : une application aux banques canadienne », mémoire MBA, 2009

<sup>2</sup> Kmad. A, Elhjjami. M, « Evaluation d'un projet en utilisant les options réelles », édition Universitaires européennes, 2014.P26.

Figure n° II. 09 : Les frontières d'application des options réelles par rapport à la VAN en fonction des caractéristiques du projet



Source : Adner & Levinthal (2004 : 76)

L'irréversibilité des investissements ne peut être que le fruit de plusieurs sources :

Tout d'abord la spécificité de l'investissement pour l'entreprise, cette notion fait référence à des investissements durables effectués pour une transaction particulière. De ce fait, leur redéployable sans perte de valeur productive est impossible (Williamson, 1994). Introduit pour la première fois par Alfred Marshall, 1948, la valeur d'un actif spécifique sous ses différentes catégories est supérieure à sa valeur d'échange. En effet plus les coûts fixes sont importants, plus leur récupération sera difficile. Une deuxième source d'irréversibilité envisageable peut être les règlements gouvernementaux ou tout simplement de coût de formation de la main d'œuvre. L'état du secteur d'investissement peut être envisagé comme source d'irréversibilité d'investissement, cependant, un secteur caractérisé par la présence d'économie d'échelle exige aux firmes entrantes d'avoir un système comparable au système des firmes concurrentes.

### 2.2.3. La flexibilité

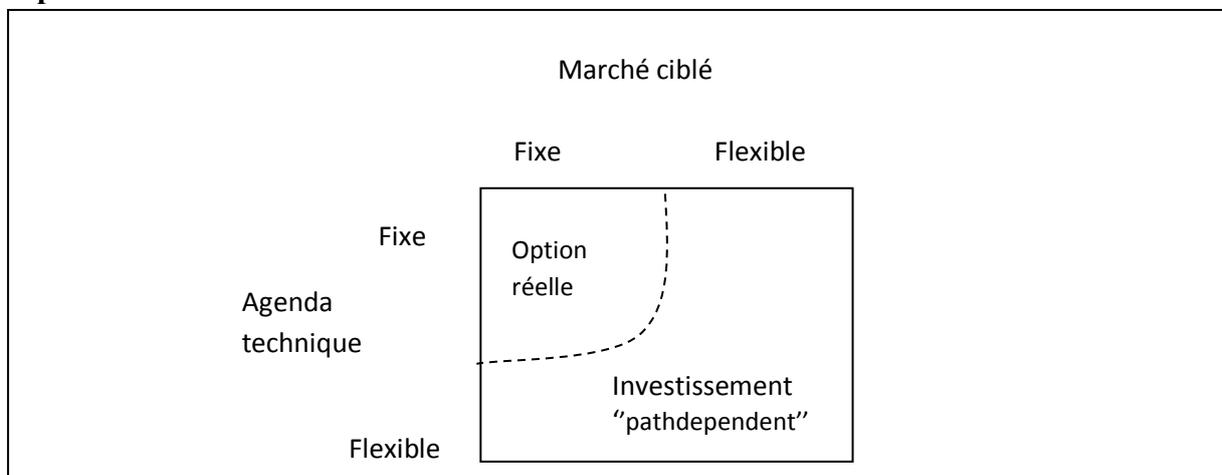
Finalement, la dernière condition impose la présence de *flexibilité* au sein des décisions de l'entreprise. Elle est définie comme la possibilité offerte à l'investisseur d'exercer son option ou non. D'après Goffin, la flexibilité correspond à la possibilité dans le futur de profiter de circonstances favorables et d'éviter les circonstances défavorables. En effet, ce dernier peut ainsi appliquer une gestion active en saisissant diverses opportunités (commencer immédiatement le projet, attendre le bon moment d'exécution, abandonner le projet ...) et peut alors profiter des options réelles afin d'augmenter la valeur du projet. Par

conséquent, la valeur de la flexibilité est soit positive et vient, donc, augmenter la valeur actuelle nette (VAN), soit nulle. Sans flexibilité, l'évaluation par les options réelles devient donc impraticable puisque aucune opportunité ne peut être saisie au profit de l'entreprise (Copeland & Keenan, 1998).

La littérature sur la flexibilité est très formelle et abstraite (Carlsson, 1989). Par ailleurs, elle se limite souvent au domaine de la gestion de production.

Paradoxalement, un large éventail de possibilité peut nuire la logique optionnelle, car il devient alors très difficile de décrire en quoi consiste l'exercice de l'option.

**Figure n° II. 10 : Les frontières d'utilisation des options réelles et des opportunités "de dépendance de sentier"**



*Source* : Adner&Levinthal (2004)

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, 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).

La présence de flexibilité est loin d'être systématique, telle est la conclusion de l'étude menée par Busby et Pitts (1997). Elle suggère que de nombreux projets sont porteurs de flexibilité et en particulier la flexibilité de report et de croissance. Cependant dans la pratique, les marges de manœuvre des entreprises sont parfois réduites (impératifs d'ordre marketing et rigidité organisationnelle).

D'autre part, cette flexibilité du projet est conditionnée par la souveraineté de l'entreprise. En effet, si l'exercice de l'option dépend d'une partie tierce, les options réelles

ne peuvent pas aider à la décision d'investissement. Dans cette vision Amram et Kulatilaka (2000) affirment que les projets de développement d'une nouvelle molécule dans l'industrie pharmaceutique ne se prêtent pas à une analyse optionnelle. Pourtant, ces projets présentent de fortes similarités avec les projets d'exploration pétrolière (une forte incertitude, séquençage du projet en plusieurs phases) qui sont fréquemment analysés avec une approche optionnelle.

Dans le cas de l'industrie pharmaceutique, le passage d'une phase à une autre ne peut pas être assimilé à une option qui sera exercée d'une manière souveraine par la compagnie pharmaceutique. En effet ce passage ne s'effectue que très rarement sur la base de facteurs économique. Au contraire il est dans presque tous les cas conditionné par de bons résultats sur le plan scientifique et un accord de la part des autorités sanitaires. Une fois que les autorités ont donné leur accord, le taux d'abandon est très faible. Nous ne trouvons donc pas face à une logique optionnelle<sup>1</sup>.

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. 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 permettant ainsi d'améliorer les gains et de limiter les pertes.

### 2.3. Des options financières vers les options réelles

Les options réelles constituent une extension<sup>2</sup> ou un prolongement de la théorie des options financières aux options sur des actifs réels, c'est-à-dire non financiers. Issues directement de la finance, les options réelles en utilisent les techniques et méthodologies.

Les deux approches impliquent des décisions discrétionnaires ou des droits d'acquiescer ou d'échanger un actif à un prix connu à l'avance (Trigeorgis, 1993)<sup>3</sup>. Néanmoins, l'accent passe de l'évaluation pure à l'analyse et l'optimisation de la décision au fur et à mesure que l'approche des options réelles se diffuse dans les divers domaines de la gestion et de la prise de décision.

<sup>1</sup> Krychowski C, « Apport et limites des options réelles à la décision d'investissement stratégique : une étude appliquée dans le secteur des télécommunications », thèse de doctorat, EHEC, 2007.

<sup>2</sup> Amram M. Kulatika N, « *Real options- managing strategic investment in an uncertain world* », Harvard Business School Press, Boston, MA, 1999.

<sup>3</sup> Trigeorgis L. « *Real option and Interaction with financial flexibility* », Financial Management, autumn, 1993.

Selon Luenberger (1998), tout processus qui permet de prendre le contrôle d'une activité peut être analysé comme une série d'options réelles.

L'analogie entre les options financières et la gestion des projets d'investissement par les entreprises demeure cependant difficile à mettre en œuvre, vu que la plupart des opportunités d'investissements sont " uniques ", d'où la nécessité de créer une option synthétiques, une option pouvant s'adapter aux spécificités du projet d'investissement. Pour cela il faut procéder à une analogie entre les caractéristiques du projet d'investissement et les paramètres nécessaires aux calculs du prix de l'option.

Dans ce contexte, Bellalah (2003)<sup>1</sup> propose une table de correspondance entre les paramètres des options réelles et ceux des options financières.

**Tableau n° II .01: Correspondance entre les paramètres de l'option réelle et de l'option financière**

Options réelle d'investir	Variables	Option d'achat financière
Valeur actuelle des actifs à acquérir pour réaliser le projet	S	Prix de l'actif sous-jacent
Investissement à effectuer pour réaliser le projet	X	Prix d'exercice de l'option
Période durant laquelle la décision peut être retardée	$\tau$	Durée restant jusqu'à l'échéance de l'option
Valeur temps de l'argent	r	Taux sans risque
Mesure du risque des actifs du projet	$\sigma$	Volatilité ou écart type des rendements de l'actif sous-jacent

Mais avant cela, il serait plus pertinent à notre vision de se pencher sur les similitudes et les points de différences entre les options financières et les options réelles.

### 2.3.1. Les similitudes

Les points de similitudes entre les options réelles et les options financières, se manifeste comme suit :

<sup>1</sup> Bellalah M, « Finance moderne d'entreprise », Seconde Edition, Economica, 2003.

Les options réelles comme les options financières sont des produits dit « dérivés et asymétriques ».

Une option est un produit dérivé signifie que la valeur de l'option dépend de celle d'un autre actif (actif support), exemple : la valeur de l'opportunité d'exploiter un gisement dépend fortement de la valeur des réserves sous terrains.

Une option a un caractère asymétrique est lié au fait que l'option confère à son acheteur le droit mais non l'obligation de l'exercer .Ainsi le détenteur a le droit d'entreprendre l'investissement ou de le renoncer. Ce caractère reflète le fait que le détenteur de l'option bénéficie des évolutions favorables sans avoir à supporter les situations défavorables.

L'incertitude est un paramètre crucial qui influence la valeur d'une option. Les options financières et les options réelles sont fortement influencées par les variations de l'incertitude. La valeur de ces options augmente avec l'augmentation de l'incertitude.

Les options réelles sont des opportunités générées par un projet d'investissement, c'est-à-dire portant sur des actifs réels, leurs analogie avec les options financières peut être menée plus au moins loin. Le détenteur de l'option réelle dispose de toute souveraineté. De droit de faire ou de ne pas faire un acte futur. Les déterminants de la valeur d'une option financière semblent pouvoir être utile, au prix d'une adaptation assez modeste, à la compréhension des facteurs explicatifs de la valeur des options réelles.

Le tableau qui suit présente le parallèle entre les déterminants d'une option financière et ceux d'une option réelle.

Tableau n° II .02 : Comparaison des déterminants d'une option d'achat financière à ceux d'une option de croissance réelle.

	Options financières	Options réelles
<b>Valeur du sous-jacent</b>	Cours de l'action qui varie avec le temps	VAN des cash-flows futurs du projet (ce que rapportera en moyenne l'investissement productif)
<b>Prix d'exercice</b>	Le prix fixé dans le contrat	Coût de l'investissement (coût d'acquisition des actifs)
<b>Echéance</b>	Date de l'échéance du contrat	Durée de vie de l'opportunité
<b>Taux d'intérêt</b>	Taux d'intérêt sans risque	Valeur temps de l'argent
<b>Volatilité</b>	Volatilité de l'action	Incertitude sur les flux de liquidité générés par l'investissement
<b>Prime</b>	Prix de l'option versée dès le début du contrat	Prime fixée de manière non contractuelle, correspondant au versement de capital qui donne le droit d'exercer les options réelles, autrement dit de saisir les opportunités d'investissement dans le futur.
<b>Lieu de négociation</b>	le marché financier	Indéterminé (pas fixe)

Source : Dubocage, 2003

### 2.3.2. Les différences

Malgré le degré de rapprochement poussé entre les options réelles et les options financières, leur degré d'analogie présente quelques limites. On citera dans ce qui suit quelques aspects qui diffèrent entre les deux types d'options.

La première différence est relative au fait que l'approche des options réelles est, paradoxalement d'ailleurs, une option fictive<sup>1</sup> alors que l'option financière est réelle.

<sup>1</sup> Dubocage E (2003), op.cit.

La technique des options permet de couvrir le risque d'un sous-jacent que l'on détient réellement pour ce qui est de la sphère financière. Dans la sphère réelle par contre la technique des options constitue un outil d'aide à la décision. Cette dernière porte sur le fait d'effectuer un investissement qui comporte une dimension optionnelle ou de ne pas investir, donc perdre l'opportunité de réaliser cet investissement. De là, on peut conclure que les options réelles sont un moyen de se couvrir contre une perte d'opportunité. En effet, vu que leurs actifs sous-jacents ne sont pas échangeables sur les marchés liquides, les options réelles existent grâce aux opportunités créées par les investissements stratégiques de l'entreprise et présentent des défis d'évaluation unique (*Financial Times*, 5 mai 2000)<sup>1</sup>.

La nature de la transaction est un autre point de différence entre les deux approches, si les options financières sont définies dans un contrat matérialisant l'option, ce n'est pas le cas pour les options réelles pour lesquelles on constate l'absence de la dimension contractuelle de la transaction. 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). De plus, l'évaluation des options réelles est encore plus difficile en raison de :

- leur durée qui est généralement illimitée et mal définie à la différence des options financières ;
- La volatilité de l'actif support est difficile à mesurer ou à estimer (*The Economist*, 12 août 1999).

En troisième lieu, nous citons l'actif support ; pour les options réelles, cet actif n'est pas un titre financier mais un projet d'investissement s'inscrivant soit dans le développement ou à l'abandon d'une activité spécifique, ou représenter l'activité de la firme dans son ensemble ou bien à un niveau intermédiaire entre les deux extrêmes.

De plus les actifs financiers sont caractérisés par leur fongibilité. En effet, deux actions d'une même société sont généralement identiques ce qui n'est pas vérifiable pour deux actifs réels sous-jacents. Ces derniers ne sont jamais entièrement comparables, chose qui n'est pas sans implication. Il existe un marché secondaire sur lequel les actifs financiers peuvent être facilement échangés sans subir des coûts de transaction prohibitifs<sup>2</sup>. Tel n'est pas toujours le cas pour un actif réel.

<sup>1</sup> Boyer M et al, « Création de valeur, gestion de risque et options réelles », CIRANO, 2003.

<sup>2</sup> Aubert, A, Bernard, J.G, « Mesure intégrée du risque dans les organisations », les Presses de l'Université de Montréal, 2004, P 296.

La nature de l'incertitude est un autre point de différence entre les deux approches, pour les options financières l'incertitude porte sur le prix futur des titres. En raison des fluctuations des paiements limitées à la baisse et illimité à la hausse, l'incertitude est alors une source de valeur.

Dans le monde des options réelles par contre, l'incertitude a une valeur, elle correspond à la capacité des dirigeants de gérer l'incertitude des projets. L'approche des options réelles essaie de quantifier cette valeur.

La différence de nature de l'incertitude influence un autre paramètre, celui de la nature de l'information auquel il faut recourir pour l'évaluation et la gestion des options. Pour les options financières des séries de données sur les prix des titres sont la plupart du temps disponibles. Pour une option réelle, les informations requises ne sont disponibles avec le même degré d'exactitude et ne sont pas dicté par les mêmes facteurs.

L'environnement institutionnel caractérisant l'évaluation de l'option et la prise de décision diffère de l'approche à une autre. Les marchés financiers sont pour la plupart centralisés et riches ce qui explique leur pouvoir de duplication du risque associé à l'actif sous-jacent. Contrairement aux marchés des options réelles qui restent opaques et clairsemés. Pour cela, il faut recourir à des techniques autres que celles qui prédominent en finance. L'identification et l'évaluation des options réelles exigent le recours à la méthode de programmation dynamique stochastique.

Enfin, les options financières gardent leur valeur lorsqu'elles sont détenues par des investisseurs passifs. Mais posséder une entreprise n'est pas un exercice passif, le propriétaire à un travail concret à accomplir, il doit fournir la gouvernance, gérer du capital et aider l'entreprise à atteindre son potentiel (Forbes Magazine, 29 mai 2000).

### **Section 3 : l'évaluation des options**

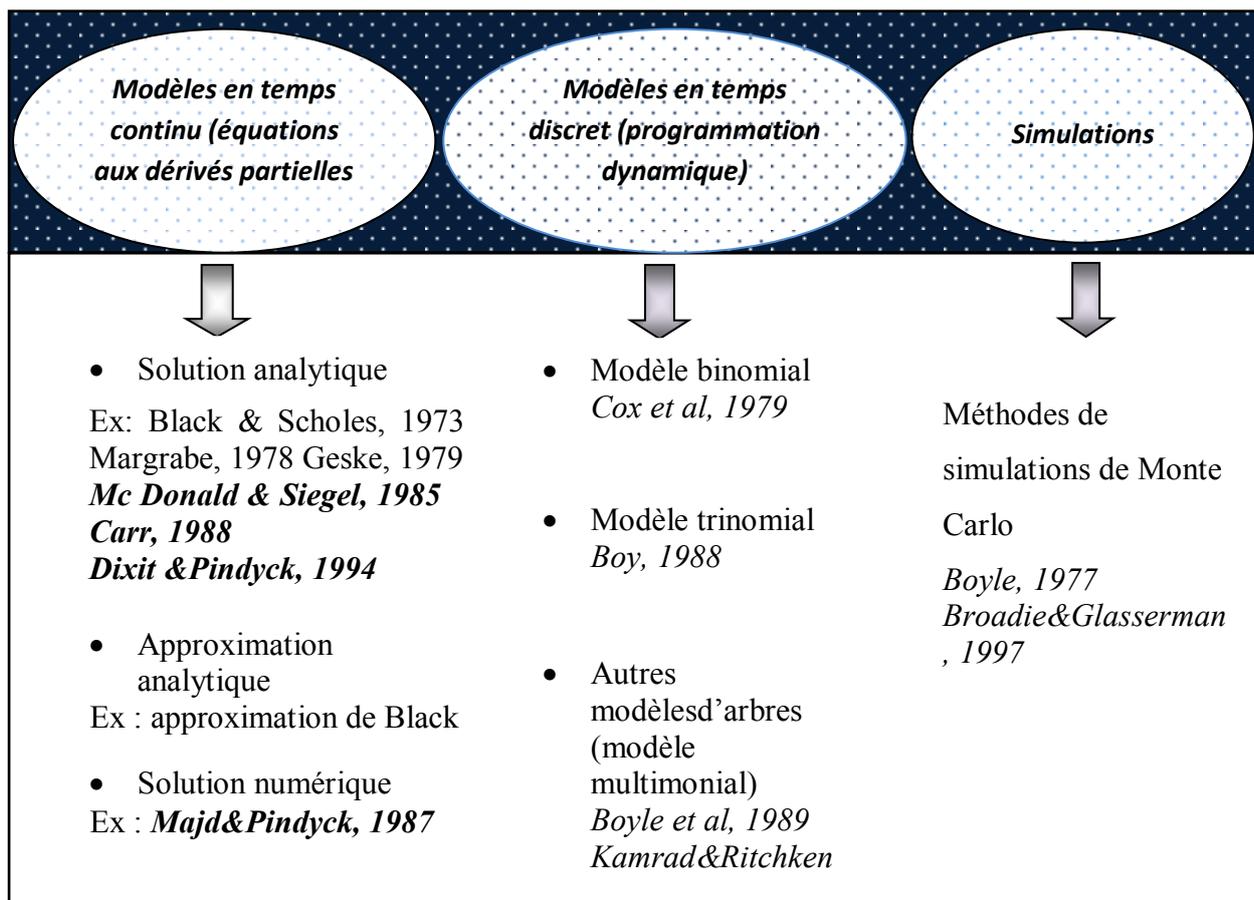
Depuis longtemps déjà, on sait que l'incertitude portant sur les prix spéculatifs varie au cours du temps (Mandelbrot [1963] et Fama [1965])<sup>1</sup>, néanmoins les travaux et études appliqués en finance et en économie monétaire utilisant des modèles explicites ont apparus que depuis peu.

---

<sup>1</sup> Bollerslevt et al, « Les modèles ARCH en finance : un point sur la théorie et les résultats empiriques » annales d'économie et de statistique, N° 24, 1991, P 2.

L'évaluation des produits dérivés offre la possibilité d'exercice par anticipation et représente un défi en ingénierie financière. Depuis l'introduction du modèle pionnier d'évaluation d'option, plusieurs travaux se sont succédé. Dans cette section nous essayerons d'énumérer les modèles d'évaluation les plus importants et les plus prometteurs dans l'évaluation des produits dérivés, les options notamment.

Figure n° II .11 : Panorama des modèles de valorisation d'option<sup>1</sup>



Source : d'après Lander & Pinches, (1998), Amram & Kulatika (2002), Miller & Park (2002), Garvin & Cheah (2004).

### 3.1 Les différents modèles d'évaluation

Bien que les techniques modernes d'évaluation des options sont parmi les plus complexes mathématiquement de tous les domaines appliqués de la finance<sup>2</sup>, plusieurs modèles ont été développés pour apprécier la juste valeur théorique d'un contrat d'option.

<sup>1</sup> Krychowski C, (2007), op.cit

<sup>2</sup> <http://www.mindxpansion.com> consulté Mars 2016

### 3.1.1 Le modèle de Black & Scholes

Le modèle de Black et Scholes a véritablement révolutionné la finance moderne<sup>1</sup>. Publié en 1973, il donne une formule théorique d'évaluation, dans un univers incertain, pour un type d'instrument financier : les options. Le modèle correspond au lancement des options sur les bourses américaines.

Le modèle de Black & Scholes présente une solution analytique<sup>2</sup> à la détermination du prix d'une option en temps continu. Il définit la valeur d'une option à l'instant  $t$ , comme étant la moyenne des valeurs intrinsèque possible de cette dernière pondérée par leur probabilité respective d'occurrence<sup>3</sup>.

#### 3.1.1.1 les hypothèses du modèle Black et Scholes

La formule de Black & Scholes repose sur les hypothèses suivantes :

- Les marchés financiers sont parfaits ;
- absence d'opportunité d'arbitrage ;
- Absence de coût de transaction, d'imposition et d'information ;
- Le taux d'intérêt sans risque, connu à l'avance et constant sur toute la période d'analyse ;
- Le sous-jacent ne verse pas de dividende pendant la durée de vie de l'option ;
- La vente à découvert est autorisée ;
- L'exercice de l'option ne se fait qu'à la date d'échéance (option Européenne) ;
- Le prix d'exercice est déterminé à l'avance ;
- Le sous-jacent est infiniment divisible ;
- L'actif sous-jacent suit un processus d'évolution stochastique continu (mouvement Brownien Géométrique) avec une volatilité  $\sigma$  constante et une dérivé  $\mu$  constante.

#### 3.1.1.2 la formule de Black et Scholes

Nous introduisons en premier lieu les notations qui seront utilisées dans la suite de l'étude.

Les variables sont :

---

<sup>1</sup> Racicot F-E, Théoret R, « Finance computationnelle et gestion des risques », édition Presses de l'Université du Québec, 2006.P115.

<sup>2</sup> Par opposition à une solution numérique.

<sup>3</sup> [http://www.lexinter.net/JF/modele\\_black\\_scholes.htm](http://www.lexinter.net/JF/modele_black_scholes.htm)

- $V$  : la valeur de l'option d'achat.  
Qu'on notera  $C$  dans le cas d'une option d'achat (call)  
Et  $P$  dans le cas d'une option de vente (put).
- $S$  : le prix actuel du sous-jacent
- $X$  : le prix d'exercice
- $r$  : le taux d'intérêt sans risque
- $T$  : la durée de vie de l'option
- $\sigma$  : La volatilité du sous-jacent
- $N$  : probabilité d'une distribution normale

La formule de base pour l'évaluation d'une option Européenne sur un actif ne payant pas de dividendes est la suivante :

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0$$

C'est une équation aux dérivées partielles qui permet de calculer la valeur d'une option européenne en fonction du temps et de la valeur du sous-jacent<sup>1</sup>. En effectuant plusieurs changements de variables, tout en considérant  $r$  et  $\sigma$  constants, la solution est la suivante :

- Prix d'une option d'achat (call) :

Le prix théorique d'une option d'achat est calculé par la formule suivante<sup>2</sup> :

$$C = SN(d1) - Xe^{-rt} N(d2)$$

- Prix d'une option de vente (put) :

Le prix d'une option de vente est calculé par la formule suivante :

$$P = Xe^{-rt} N(-d2) - SN(-d1)$$

Où :

$$d1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T \right]}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d2 = d1 - \sigma\sqrt{T}$$

<sup>1</sup> Auroux D, « Méthodes numériques pour le pricing d'option », polytech'nice- sophia, 2010-2011

<sup>2</sup> Racicot F-E, Théoret R, (2006), op.cit.P117

Les termes  $N(d1)$  et  $N(d2)$  représentent le nombre de sous-jacent que l'on doit acheter aujourd'hui pour se couvrir et la probabilité que l'option finisse dans l'argent. Donc les termes  $N(d1)$  et  $N(d2)$  vont se modifier avec les mouvements du sous-jacent et vont modifier le portefeuille de couverture de manière continue.

L'exercice des options d'achat et de vente est soumis aux conditions aux limites<sup>1</sup> de la valeur d'une option à l'échéance :

- Conditions aux limites pour une option d'achat (call)

La valeur de l'option d'achat à l'instant  $t = T$ , correspondant à l'échéance de l'option, est donnée par la formule :

$$C(t=T, S) = \max(S - X, 0) \forall S$$

- Si  $S \geq X$ , on exerce l'option d'achat et  $C(t=T, S) = S - X$ .
- Si  $S < X$ , il n'y a pas d'exercice d'option et  $C(t=T, S) = 0$

Concernant les conditions aux limites sur la valeur du sous-jacent, celles-ci représentent les contraintes sur l'équation selon les valeurs que prennent la variable  $S$ . Théoriquement, son domaine d'étude en "espace" est  $[0, +\infty[$ . Il existe deux conditions aux limites comme suit :

- $S \rightarrow 0$ , le sous-jacent ne vaut rien, dans ce cas aucun intérêt à exercer l'option  
 $\Rightarrow C(t, 0) = 0 \quad \forall t$  (même s'il reste du temps avant son expiration)
- $S \rightarrow +\infty$ , l'option peut être exercée et le prix d'exercice sera négligeable  
 $\Rightarrow C(t, S) = +\infty$  ( $S$  augmente énormément alors que  $X$  est fixe)

- Conditions aux limites pour une option de vente (put)

La valeur de l'option de vente à l'instant  $t = T$ , correspondant à l'échéance de l'option, est donnée par la formule :

$$P(t=T, S) = \max(X - S, 0) \forall S$$

- Si  $S \geq X$ , on n'exerce pas l'option de vente donc  $P(t=T, S) = 0$
- Si  $S < X$ , on exerce l'option :  $P(t=T, S) = X - S$

Pour la variable  $S$ , dont le domaine d'étude est toujours  $[0, +\infty[$ , les conditions aux limites sont les suivantes :

<sup>1</sup> Guillet B, « Méthodes numériques, résolution de l'équation de Black & Scholes en utilisant le schéma d'Euler implicite », université Nice, 2012.

- $S \rightarrow 0$ , le bénéfice à terme est forcément  $X$ ,
  - A  $t = T$ , donc  $P(T, 0) = X$ .
  - A  $t \neq T$ , il faut tenir compte du taux d'intérêt  $r$  pour en déduire la valeur de  $P$ , en actualisant :  $P = X e^{-(T-t)r}$
- $S \rightarrow +\infty$ , l'option de vente ne sera pas exercée
  - $\Rightarrow P(S, t) \sim 0$  pour  $S \rightarrow \infty$

### 3.1.1.3 le mouvement Brownien

Le mouvement Brownien, ou processus de Wiener, est une description mathématique de la trajectoire aléatoire d'une particule.

Historiquement, le mouvement Brownien revient à un botaniste anglais qui observa en 1828 le mouvement irrégulier de particule de pollen en suspension dans l'eau. Robert Brown décrit le mouvement erratique de fines particules organiques en suspension dans un gaz ou un fluide. Après lui, plusieurs travaux se sont succédés en vue de l'adopter pour l'explicitation des phénomènes de différentes disciplines. En effet, son cadre d'application a largement dépassé l'étude des particules microscopiques<sup>1</sup> pour être utilisé en finance (Bachelier, 1900) et en physique (Einstein, 1905).

Le mouvement Brownien Géométrique est l'un des processus les plus utilisés en finance pour décrire l'évolution du prix d'une action dans le temps. Il sert à modéliser l'évolution du prix des marchandises, de matières premières, du pétrole et du cash-flow généré par des entreprises ou des projets d'investissement.

Les cash-flows sont générés de façon continue, sous l'hypothèse qu'ils suivent un mouvement Brownien Géométrique à chaque instant futur. On calcul leur espérance qu'on actualise et on additionne ces valeurs actuelles. Chaque flux est réalisé pendant un intervalle de temps très bref  $dt$ .

Le mouvement Brownien Géométrique, qui est un cas particulier du processus d'Ito :

$$ds = \mu s dt + \sigma s dz$$

Avec:

$ds$  : représente la variance de  $s$  pendant un instant très court égal à  $dt$

<sup>1</sup> Pham H., « Optimisation et le contrôle stochastique appliqué à la finance », édition Springer, 2007, p05.

<sup>2</sup> Clarinval D, « Les options réelles », 2012.

$s$  : le prix de l'actif sous-jacent

$t$  : incrément infinitésimal de temps

$\mu$  : espérance instantané du rendement de l'actif sous-jacent ou rendement espéré (déterminé par le MEDAF)

$$\mu = \left[ \alpha - \frac{1}{2} \sigma^2 \right] \text{ (}\alpha \text{ représente le rendement moyen espéré du titre)}$$

$\sigma$  : La volatilité, supposé connue et constante.

$dz$  : le processus de Wiener

$$dz = \varepsilon \sqrt{dt} \varepsilon : \text{ est un bruit blanc}$$

$\varepsilon$  suit une loi normale centrée réduite notée classiquement :

$$\varepsilon \longrightarrow N(0,1).$$

La symétrie de la courbe de la loi normale centrée réduite montre que l'aire sous la courbe à gauche de l'axe des ordonnées est égale à l'aire sous la courbe à droite de l'axe des ordonnées  $P[\varepsilon > 0] = P[\varepsilon < 0]$ , cela sous-entend qu'au terme de chaque petit intervalle de temps  $dt$ ,  $\varepsilon$  a autant de chance de prendre une valeur positive que de prendre une valeur négative<sup>1</sup>.

L'équation comporte deux composantes ; une première partie déterministe qui représente la tendance d'évolution du prix de l'actif sous-jacent (qui domine à long terme) alors que la deuxième est une composante stochastique (domine à court terme).

#### 3.1.1.4 L'absence d'opportunité d'arbitrage

L'opportunité d'arbitrage fait référence à une situation où un individu rationnel a la possibilité de prendre une décision qui lui permet de tirer profit de manière certaine de l'avenir. Hélas, cette situation ne peut perdurer pour les investisseurs. Sitôt une opportunité d'arbitrage décelée, celle-ci tend à disparaître. En effet, les opportunités d'arbitrage sont exploitables par tout le monde ce qui conduit à leur suppression (loi de l'offre et de la demande). Les opportunités d'arbitrage ne peuvent donc pas exister dans le temps. Enfin, c'est impossible de gagner de l'argent sans prendre un minimum de risque : qui ne risque rien n'a rien.

Cette propriété donne naissance à l'hypothèse d'absence d'opportunité d'arbitrage dans les modèles théoriques. C'est une hypothèse clé en finance, elle implique des relations plus au

<sup>1</sup> Levyne O, « Les options réelles », Master II Recherche, université de Cergy Pontoise.

moins strictes entre le prix des actifs. Elle permet d'évaluer les actions, les contrats à termes fermes et les options.

Dans leurs travaux, Franco Modigliani et Merton Miller (1958)<sup>1</sup> associent cette hypothèse à la définition de la structure financière optimale de l'entreprise et jouera un rôle central dans la démonstration de Black & Scholes.

L'absence d'opportunités d'arbitrage est fondamentale dans la théorie des options, elle implique qu'il existe une probabilité risque neutre sous laquelle les prix actualisés des actifs sont martingales, c'est-à-dire qu'ils évoluent en moyenne selon le taux sans risque. Ce résultat est très puissant et est à la base de toute la théorie des options<sup>2</sup>.

### 3.1.1.5 la volatilité

L'étude de la volatilité des variables financières s'impose s'agissant de l'optimisation des stratégies et des investissements. Considérée en finance comme la base de la mesure du risque, la volatilité, est un paramètre déterminant dans le calcul de la valeur d'une option. L'estimation de la volatilité est le point le plus délicat dans l'établissement d'un prix, d'autant plus, que la valeur d'une option est très sensible aux variations de la volatilité. En effet, la volatilité mesure l'instabilité du cours du sous-jacent, plus la volatilité est importante plus l'actif est instable. Une volatilité nulle signifie la possibilité de connaître de manière exacte la valeur de l'actif dans le futur.

Deux approches sont possibles pour son estimation :

- soit à partir des cours passés de l'actif sous-jacent (écart types des rentabilités), ce qui aboutit à une volatilité historique ;
- soit à partir de la volatilité implicite des options cotées sur le marché.
- Estimation de la volatilité historique

L'estimation de la volatilité, à partir des données historiques, a été utilisée par plusieurs chercheurs tels que Black & Scholes (1972), Galai (1977) et Finnerty (1978)<sup>3</sup>. Elle est mesurée par l'écart type du rendement du sous-jacent, durant la période qui précède l'émission de l'option. Soit :

---

<sup>1</sup>Idabouk G, (2008), op.cit

<sup>2</sup> Moulin S, « Notions de mathématiques financières » édition Lulu, Paris, 2012.P138.

<sup>3</sup> Jerbi Y (2008), op cit, .P167

$$\sigma = \ln \left( \frac{S_i}{S_{i-1}} \right)$$

Sa valeur dépend du nombre d'observations à considérer pour son calcul, ainsi que, l'intervalle de temps entre deux observations consécutives.

- *Estimation de la volatilité implicite*

Il s'agit de l'estimation de la dispersion du cours du sous-jacent pour la durée restant à courir jusqu'à l'échéance du contrat. Elle représente la volatilité anticipée par les acteurs du marché pour la durée de vie de l'option et transparait dans la prime de l'option. Ainsi plus la volatilité implicite est élevée et plus la prime de l'option sera élevée et inversement. Le calcul de cette volatilité fait appel à des formules mathématiques très complexes.<sup>1</sup>

### 3.1.1.6 les différentes extensions du modèle

La formule de Black et Scholes a inspiré de nombreux commentaires. Plusieurs recherches ont été menées. Le principal apport est celui de Merton que nous verrons dans le point qui suit :

- *La prise en compte du dividende*

Au cours de la même année, Merton propose une variante du modèle de Black et Scholes. Il le reprend et propose une théorie dite "rationnelle d'évaluation" avec des hypothèses moins restrictives (conditions minimales), précision et formalisme mathématique. Merton considère une formule de valorisation d'option dont le sous-jacent verse en continu un revenu sous forme de dividende. La formule s'appuie sur l'hypothèse d'un taux de dividende constant  $\delta$  dont le montant et la date de versement sont connus avec certitude,  $\delta$  correspond à une moyenne annualisée des dividendes. Les valeurs des options d'achat et de vente sont les suivantes :

$$c = S e^{-\delta t} N(d1) - X e^{-rt} N(d2)$$

$$p = -S e^{-\delta t} N(d1) + X e^{-rt} N(-d2)$$

Où :

<sup>1</sup> Grouard M-H et al, « La volatilité boursière: des constats empiriques aux difficultés d'interprétation », Banque de France, 2003.

$$d1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{S}{X}\right) + \left(r - \delta + \frac{\sigma^2}{2}\right) T \right]}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d2 = d1 - \sigma\sqrt{T}$$

Cette version modifiée de la formule de Black et Scholes est la plus appropriée aux actifs versant des dividendes, il s'agit en fait d'ajuster le prix de l'action au versement de dividendes. Cela consiste à retrancher à la valeur actuelle des dividendes versés sur la durée du contrat au prix actuel de l'action<sup>1</sup>. Le versement d'un dividende réduit la valeur d'une option d'achat et accroît celle d'une option de vente.

- *Les modèles alternatifs*

Par la suite, le modèle a connu de nombreuses adaptations, dans le but de réduire le fossé entre ce nouveau corpus théorique émergent et la réalité empirique pour le rendre ainsi applicable, notamment : aux actions avec dividendes, aux taux de change et aux options réelles...

Parmi les principaux remaniements du modèle, nous citons en premiers lieu les travaux de Black lui-même (1975)<sup>2</sup>; il propose une méthode d'évaluation de l'option qui prend en compte la baisse du cours de l'actif sous-jacent lors du versement du dividende. En effet, le versement de dividende affecte la valeur d'une option d'achat et vente, en réduisant la valeur de la première - l'option d'achat- et en augmentant la valeur de la deuxième.

Le modèle GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Model*), dont le principal apport réside dans sa capacité d'analyse et de prévention de la volatilité. L'incertitude joue un rôle central dans la plupart des problèmes abordés par la théorie financière, c'est dans cette optique que s'inscrivent les travaux de Bollerslev (1986)<sup>3</sup>, qui propose le modèle pour pallier au problème de la volatilité constante qui est une des hypothèses du modèle de Black & Scholes, cette même hypothèse a réduit considérablement la portée du modèle.

La formule d'évaluation de Black et Scholes (BS - 1973) concerne principalement les options européennes. Dès lors que les possibilités d'exercice de l'option sont étendues, cette

<sup>1</sup>Aboura S, (2008), op.cit.P85.

<sup>2</sup>Black F, « Fact and Fantasy in the Use of Options » Financial Analysts Journal, Juillet – août, 1975.

<sup>3</sup> Tudor C D, « Gestion de portefeuille et modélisation des séries temporelles », édition Publibook, Paris, 2012, P 222.

formule ou ses extensions ne sont généralement plus applicables et le recours aux méthodes numériques discrètes devient nécessaire

### 3.1.2 Le modèle binomial

Etant donné que la valeur de l'option voit ses flux se déterminer en fonction des valeurs prises par le sous-jacent, la spécification de la dynamique régissant le prix du sous-jacent est nécessaire pour évaluer l'option. Les produits dérivés peuvent être évalués en élaborant, en temps discret, un arbre représentant les trajectoires possibles de l'actif sous-jacent<sup>1</sup>.

Le modèle binomial tel proposé par Sharp et popularisé par Cox, Ross et Rubinstein (1979)<sup>2</sup>, utilise un cadre à temps discret pour retracer l'évolution de l'actif sous-jacent, via un arbre représentant les trajectoires possibles dans le futur.

Bien que plus lent que le modèle de Black & Scholes, le modèle binomial présente le double avantage de souplesse d'utilisation et de simplification des formules célèbres de Fischer Black et Myron Scholes et celui d'être le modèle le plus transparent. Les évolutions possibles du sous-jacent sont plus claires et précises ainsi que les décisions correspondantes.

#### 3.1.2.1 les hypothèses du modèle binomial

Bien que le modèle binomial fait partie du même univers que le modèle Black et Scholes en temps continu et partagent les mêmes hypothèses, certaines de ces dernières sont spécifiques pour chaque modèle d'évaluation. Les hypothèses du modèle binomial sont comme suit :

- L'exercice de l'option ne se fait qu'à la date d'échéance (option américaine) ;
- Le taux d'intérêt sans risque est connu à l'avance et constant sur toute la période d'analyse ;
- Les titres négociables sont très liquides (on peut acheter ou vendre à tout instant) et indéfiniment fractionnables ;
- Le marché financier est supposé complet et sans friction ;
- La vente à découvert est autorisée ;
- Absence de coût de transaction, d'imposition et d'information ;

<sup>1</sup>Oketokoun F, « Méthodes Monte Carlo pour l'évaluation des options américaines », mémoire de maîtrise, HEC Montréal, 2007.

<sup>2</sup>Augros J C, « FINANCE, options et obligations convertibles », édition Economica, 1987, P118.

- La volatilité est constante ;
- L'actif sous-jacent suit un processus binomial ;

### 3.1.2.2 le principe du modèle

L'approche Cox, Ross et Rubinstein calcule le prix d'option sans recourir à des mathématiques compliquées. Ce modèle suppose que le prix de l'actif-support peut être approché par un processus binomial, c'est-à-dire sur chaque intervalle de temps le prix de l'actif bouge à la hausse ou à la baisse. En conséquence, le prix de l'option sur cet actif doit évoluer sur le même intervalle de temps, de la même façon, c'est-à-dire en suivant une évolution binomiale.

Avant de s'étaler sur la présentation du modèle binomial, il convient d'exhiber les paramètres ayant une influence directe sur les prix des options selon cette formule d'évaluation et dont les notations sont comme suit :

- $u$  : le facteur multiplicatif à la hausse ;
- $d$  : le facteur multiplicatif à la baisse ;
- $p$  : la probabilité de hausse de l'option ;
- $n$  : le nombre de sous-périodes comprises dans la durée  $T$  du contrat d'option ;
- $dt$  : l'intervalle de temps correspondant à chacune des sous périodes ( $T/n$ ).

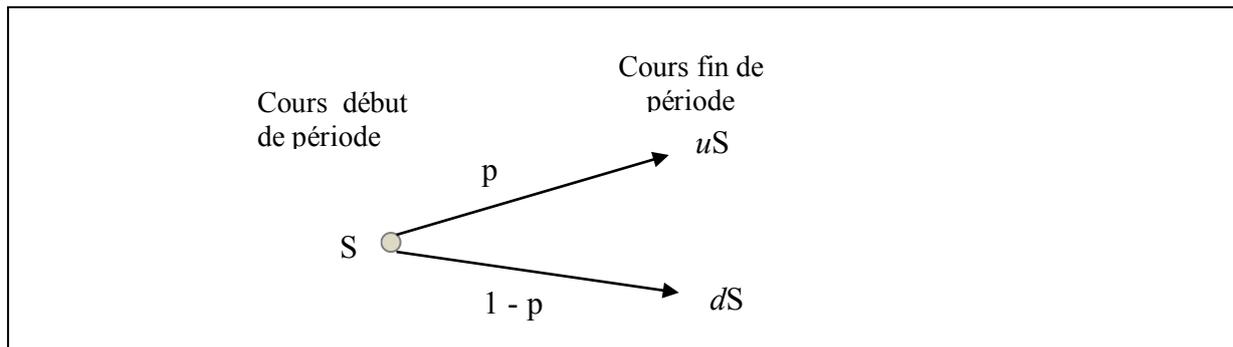
En plus des hypothèses classiques précédemment énumérées, le modèle est fondé également sur une formulation simple d'évolution du prix de l'actif. Deux états seulement peuvent se présenter au cours de la période considérée, à savoir : un mouvement multiplicatif à la hausse  $u$  ; ou un mouvement multiplicatif à la baisse  $d$ .

En désignant par  $S$  cet actif financier à un instant  $t$ , la valeur de  $S$  à l'instant  $t+\Delta t$  peut valoir  $uS$  ou  $dS$  selon que  $S$  respectivement monté ou descendu (*up and down*). En effet, le prix passe à  $S_u$  avec une probabilité  $p$  et à  $S_d$  avec une probabilité  $(1-p)$ <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>Louafa T, Perret F-L, « Créativité & innovation », presses polytechniques et universitaires romandes, 1ere édition, 2008 .P 158.

Figure n°II.12 : Modèle binomial à une période



Source : Louafa T, Perret F-L ( 2008)

La valeur de l'option d'achat à l'échéance, dont la valeur  $C$  et le prix d'exercice  $E$  au début de période, sera alors égale à sa valeur intrinsèque. Elle pourra donc prendre la valeur donnée par les formules suivantes <sup>1</sup>:

$$C_u = \max [0, uS - E] \text{ avec la probabilité } p$$

$$C_d = \max [0, dS - E] \text{ avec la probabilité } 1-p$$

Il consiste à décomposer la durée de vie d'une option en  $n$  sous-périodes élémentaires.

Le calcul de la valeur d'une option selon le modèle binomial se déroule selon le cheminement suivant :

La première étape consiste à construire un arbre schématisant toutes les évolutions potentielles de la valeur de l'actif sous-jacent entre  $t_0$  et l'échéance de l'option ( $T$ ). Chaque nœud de l'arbre est un prix possible du sous-jacent à un moment précis dans le temps.

Les scénarios intervenants lors de la construction de l'arbre se binomial sont <sup>2</sup>:

- Le niveau à la hausse :  $u = e^{\delta\sqrt{\Delta t}}$
- Le niveau à la baisse :  $d = e^{-\delta\sqrt{\Delta t}}$
- La probabilité de hausse :  $p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$

Dans la deuxième étape, la valeur de l'option est déterminée de façon itérative. En effet, on calcule la valeur de l'option au nœud final de chaque branche, en suivant une logique par induction rétroactive. On remonte jusqu'au premier nœud (la racine de l'arbre) pour avoir la valeur de l'option.

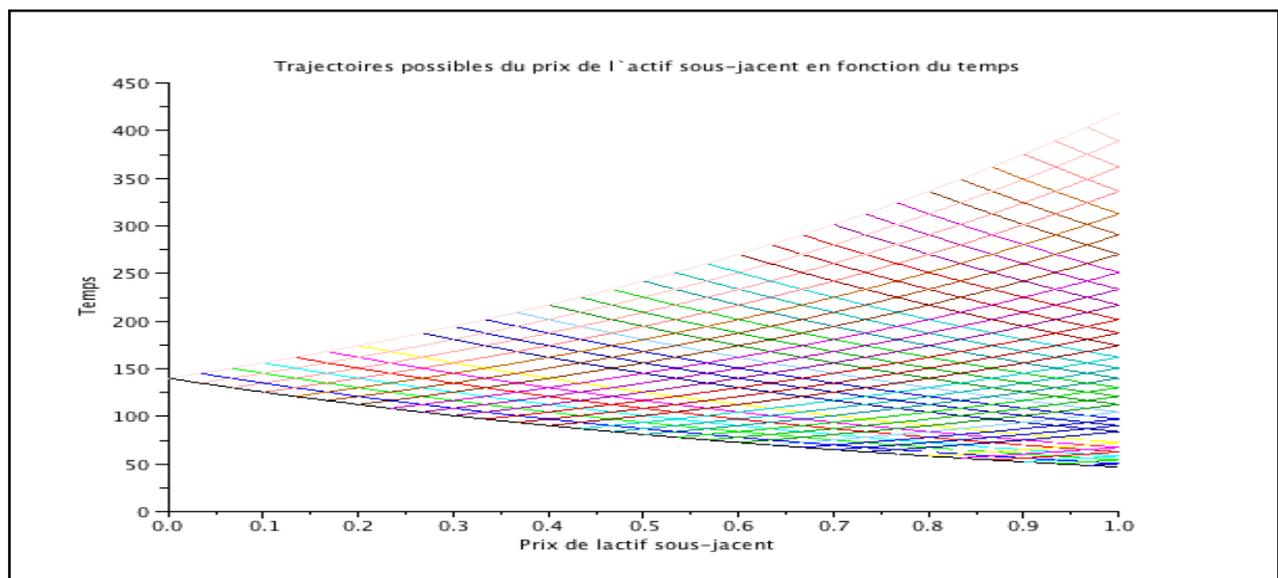
<sup>1</sup> Augros J-C, (1997), op.cit.P119.

<sup>2</sup> Thauvron A, « Evaluation d'entreprise », édition Economica, 3eme édition, 2010.P 213.

Cette méthode de calcul du prix d'une option peut être généralisée à deux ou  $n$  périodes. Plus le nombre de sous-périodes est important, plus le prix de ce modèle ne converge vers celui obtenu par la formule de Black et Scholes (1973)<sup>1</sup>.

La distribution binomiale converge vers une distribution normale si, quand  $t$  s'approche de 0, les changements de prix deviennent de plus en plus petits. Comme le modèle de Black et Scholes suppose que la distribution des prix des actifs sous-jacent est log-normale, le modèle binomial converge vers le modèle de Black et Scholes dans le cas d'une option d'achat européenne. Par ailleurs, si les changements du prix demeurent importants quand  $t$  tend vers 0, la distribution binomiale converge vers la distribution qui admet des changements brusque de prix<sup>2</sup>. La figure suivante résume la trajectoire des variations du prix du sous-jacent en fonction du temps.

**Figure n° II.13 : le modèle binomial à  $n$  périodes**



*Source* : Auriault A-V, (2010)

D'autres modèles de valorisation d'options en temps discret se sont par la suite développés, comme le modèle trinomial et de manière plus générale modèle multinomial<sup>3</sup>. Ils permettent une approche des options multiples et à rendements complexes mais deviennent très vite lourds et difficiles à manipuler.

<sup>1</sup> Aboura S, (2008), op.cit.P79.

<sup>2</sup> Racicot F-E, Theoret R, « Traité de gestion de portefeuille », Presses de l'université du Québec, 4eme édition, 2004, p576.

<sup>3</sup> Letifi N, (2013), op cit.P24.

Tableau n° II. 03 : Les caractéristiques d'application des modèles d'évaluation des options

	Modèle de Black & Scholes	Modèle Binomial
utilisation	Options européennes	Option américaine
Caractéristiques	Option exerçable à l'échéance	Option exerçable jusqu'à l'échéance
Paramètres à déterminer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la valeur actuelle du sous-jacent</li> <li>• la maturité de l'option</li> <li>• le prix d'exercice de l'option</li> <li>• le taux sans risque</li> <li>• la volatilité du sous-jacent</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la valeur actuelle du sous-jacent</li> <li>• la maturité de l'option</li> <li>• le prix d'exercice</li> <li>• le taux sans risque</li> <li>• la volatilité du sous-jacent</li> <li>• la durée d'un "pas"</li> </ul>

*Source* : Poulard B, Fromont E (2010)

### 3.1.3 La méthode de Monte Carlo

L'explosion des marchés de produits dérivés et la diversification des sous-jacents (actions et indices, taux, crédits, matière première ...) ont vu naître une concurrence accrue entre les différents acteurs économiques, les banques d'investissement et les clients notamment, d'où le recours aux modèles probabilistes d'évaluation et de quantification des risques.

Les méthodes de simulation numérique deviennent alors un outil incontournable pour estimer la valeur des produits dérivés complexes (Bouleau et lèpingle 1993, J%ockel 2002, Glasserman, 2004).

#### 3.1.3.1 Définition et émergence de la méthode

L'approche par simulation apparaît comme une méthode efficace pour aborder l'étude du comportement des systèmes complexes (Forrester1977)<sup>1</sup>. En effet, elle permet d'étudier un système donné dont les interactions sont complexes, de mesurer les effets des changements éventuels sur le comportement du système et l'expérimentation de nouvelles situations.

La méthode de Monte Carlo a été introduite en 1947 par Metropolis<sup>2</sup>, bien que sa naissance remonte à 1777 grâce aux travaux du mathématicien louis Buffon. Sa véritable

<sup>1</sup> Ballaz B, « Les méthodes de simulation : modélisation et utilisation d'un tableur », [http://master.caae.free.fr/Cours\\_modelisation\\_simulation.doc](http://master.caae.free.fr/Cours_modelisation_simulation.doc). Consulté le 15/03/2016.

<sup>2</sup> Baranger C, Mathiaud J « Méthode de Monte Carlo », ENSTA, 2012-2013. <http://www.dfr.ensta.fr/Cours/docs/D11-2/coursMonteCarloENSTA>.

dénomination s'est conjuguée avec l'apparition des premiers ordinateurs. Elle fait allusion aux jeux du hasard pratiqués à Monte Carlo (Monaco). Cette méthode a été utilisée dans les années 40- 50 dans le cadre des projets secrets américains (conception de la première bombe atomique), mais c'est durant la période 1950 -1980 qu'elle a connu un essor considérable. Parmi les auteurs ayant contribué à son développement, nous pouvons citer Hammersley et Morton (1956), Hammersley et Handscomb (1964), Haber (1966), Kuipers et Niederreiter (1974) et Neiderreiter (1978)<sup>1</sup>.

Cette technique est utilisée depuis longtemps dans d'autres domaines scientifiques, tels que l'ingénierie physique, la biologie, la recherche et développement, télécommunication et l'industrie du gaz et du pétrole, mais il revient à Hertz (1964)<sup>2</sup> d'avoir suggéré de l'employer pour évaluer les placements de capitaux et à Boyle (1977)<sup>3</sup> de l'avoir incorporé dans la panoplie des outils de la finance. Ce dernier a été le premier à recourir à une méthode de simulations de Monte Carlo pour évaluer des produits optionnels. Cette approche devait être étendue plus tard par Barraquand et Martineau (1995)<sup>4</sup>, à l'évaluation des options intégrant une possibilité d'exercice anticipé.

Il n'y a pas de définition précise de la technique dite Monte Carlo mais celle-ci peut être décrite comme une méthode caractérisée par l'utilisation du hasard. Elle désigne la trajectoire visant à calculer une valeur numérique en utilisant des procédés aléatoires, c'est-à-dire des techniques probabilistes. Banks et Carson (1984) mentionnent que « la simulation implique la généralisation d'une histoire artificielle du système, et l'observation d'une histoire pareille pour connaître les caractéristiques opératoire du système réel ».

La méthode de Monte Carlo est utilisée de façon routinière en finance pour calculer avec précision le prix des produits dérivés que l'on ne peut pas calculer analytiquement. Elle permet d'introduire une approche statistique du risque dans une décision financière. La démarche consiste à isoler un certain nombre de variables clés du projet et leurs affecter une distribution de probabilité cela en recourant à l'utilisation des nombres aléatoires générés par un ordinateur afin d'échantillonner rapidement les différentes configurations possibles d'un système. Les simulations montrent comment les cash-flows d'un projet changent et évoluent sous divers scénarios de fluctuation de prix des titres financiers qui sont

---

<sup>1</sup> Patard P-A, « Essais sur les méthodes de simulation numériques et sur la modélisation des données de marché », thèse de doctorat, ingénierie des produits structurés université Claude Bernard Lyon 1,2008.

<sup>2</sup> Sahut J-M, « Finance d'entreprise et finance de marché », Lavoisier, 2007.P 199.

<sup>3</sup> Augros J-C, « Evaluation des options négociables par l'interpolation des arbres de prix », bulletin français d'actuariat, Vol. 2, numéro 03, 1998.

<sup>4</sup> Ibid.,

stochastique. Les effets de l'incertitude peuvent donc être modélisés par cette simulation de Monte Carlo<sup>1</sup>.

Caractérisée par sa grande souplesse et par sa capacité de traitement en plusieurs dimensions, la méthode n'a pas cessé de gagner en popularité comme méthode de calcul de prix d'option de plus en plus sophistiqué et comme instrument de gestion de risque. En effet, elle permet de calculer avec une certaine précision le prix de produit dérivé que l'on ne peut pas calculer analytiquement. Les études indiquent que la simulation se classe au premier rang devant les techniques de recherche opérationnelles et de sciences de gestion en termes de popularité et d'utilité (Shannon 1980). En effet, Coronado (2000), grâce à son étude comparative entre la méthode comparative et celle de simulation de Monte Carlo, confirme la supériorité empirique de la méthode de simulation de Monte Carlo, stipulant que la technique n'est pas aussi lente que considérée.

### **3.1.3.2 Le fonctionnement de la simulation Monte Carlo**

L'analyse de probabilité vient se greffer au critère de base du rapport coûts – avantage de l'investissement<sup>2</sup>. A partir d'échantillons de probabilité, un grand nombre de scénarios sont créés pendant la simulation et par lesquels l'issue du projet est évalué.

L'analyse des probabilités permet la variation de toutes les variables et leur mise à l'essai simultanée à l'aide d'un modèle de simulation par la technique de Monte Carlo. En effet, David B. Hertz a développé un modèle combinant les paramètres économiques de base qui influencent la détermination de la VAN d'un projet : il s'agit du modèle de simulation Monte Carlo, qui utilise comme intrant des variables aléatoires<sup>3</sup>.

La simulation Monte Carlo a comme appuie un théorème fondamental de probabilité ; la loi des grands nombres<sup>4</sup>. Calculer le prix d'option revient à trouver une solution à l'équation différentielle, celle-ci peut être représentée par l'espérance mathématique (Feynman-Kac)<sup>5</sup>. Or, il faut souligner la forte connotation avec l'intégral et son estimation constitue l'un des principaux objectifs de la simulation Monte Carlo.

Pour ce faire, la méthode utilise des nombres aléatoires afin d'échantillonner rapidement les différentes configurations possibles d'un système. C'est un outil clé pour

<sup>1</sup> Bemoussa S, « value At Risk comme Mesure de risque financier », université du Québec à Montréal, 2004.

<sup>2</sup> Sahut J-M, (2008), op.cit.P199.

<sup>3</sup> Rassi F, « Gestion financière à long terme », Presses de l'Université du Québec, 2008.P298.

<sup>4</sup> Ladias E, Wang S, « Méthode de Monte Carlo pour le calcul d'option », juin 2013.

<sup>5</sup> Racicot F-E, Théoret R, (2006), op.cit. P219.

imaginer le futur, en posant certaines hypothèses ou facteur de risque, les simulations montrent comment les cash-flows d'un projet changent et évoluent sous divers scénarios de fluctuation.

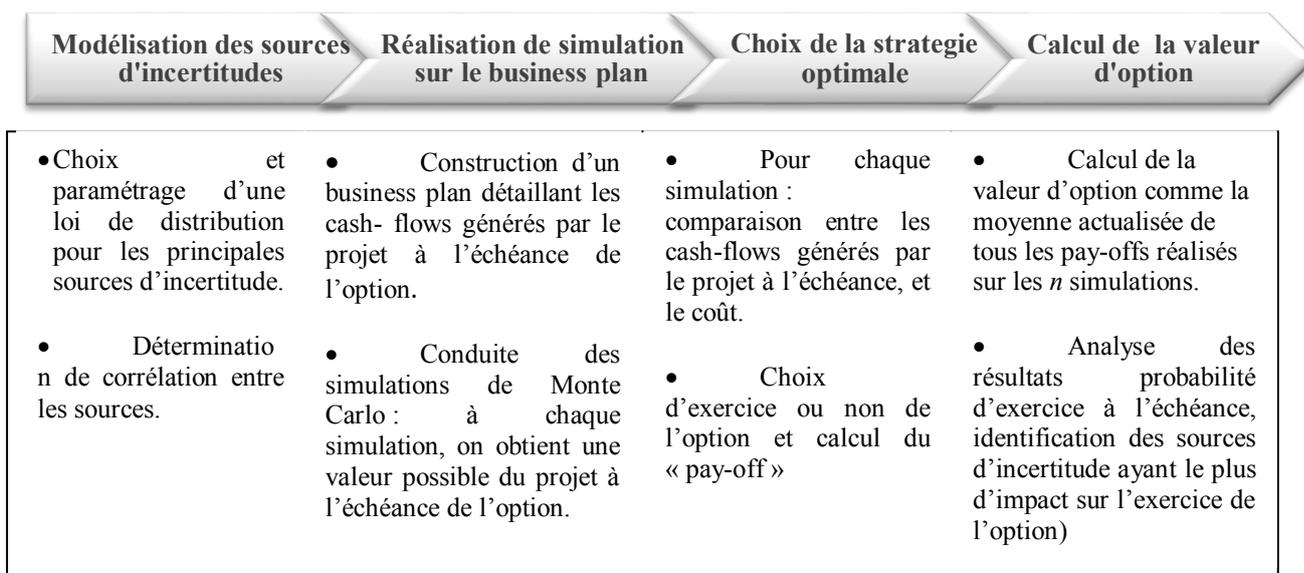
La validité du résultat dépend donc fortement du caractère " hasardeux " des chiffres aléatoires et de la distribution statistiques choisie<sup>1</sup>.L'avantage de la simulation réside dans l'information très complète qu'elle fournit au niveau de la représentation du risque ainsi qu'au niveau de la prise de décision.

Contrairement aux méthodes de valorisation énumérées précédemment, celle-ci ne nécessite pas de connaissances mathématiques particulières. Les simulations Monte Carlo sont réalisées à l'aide d'un logiciel, d'une façon intuitive et conviviale, conçu pour s'intégrer à un tableur Excel.les logiciels de Simulation de ce type les plus connus sont « Crystal Ball » et « @ Risk ».

### 3.1.3.3 Les étapes de la simulation Monte Carlo

Dans ce qui suit nous présentons les étapes à suivre pour réaliser la simulation Monte Carlo, celles -ci se résument en cinq étapes tel avancé par Esch et al (19997) et Hull (2000), en ce qui nous concerne ici nous présentons la trajectoire en quatre étapes comme suit :

**Figure n° II.14 : représentation schématique de la méthode de valorisation d'une option réelle européenne par les simulations de Monte Carlo.**



Source : Krychowski C, (2007)

<sup>1</sup> Gullmann S, « Le rôle de la communication pour le développement de produits nouveaux », Peter Lang, Bern, 2010. P225.

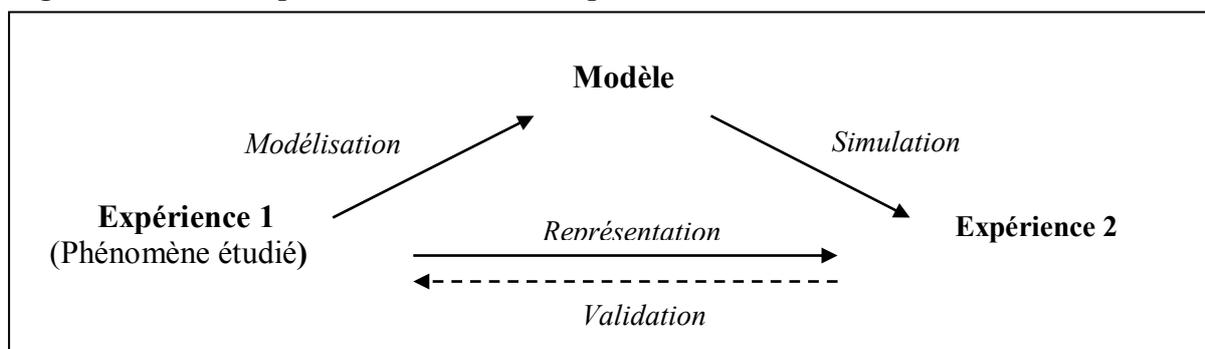
- **Modélisation des sources d'incertitude**

Par méthode de Monte Carlo on désigne un mécanisme de génération de réalisation indépendante d'une variable aléatoire. La première étape consiste à modéliser les sources d'incertitude du projet d'investissement et à déceler les caractéristiques statistiques<sup>1</sup> des variations des données historiques des facteurs de risques.

D'après L'encyclopédie Universalis, la simulation est définie comme suit : « La simulation est l'expérimentation sur un modèle. C'est une procédure de recherche scientifique qui consiste à réaliser une reproduction artificielle (modèle) du phénomène que l'on désire étudier, à observer le comportement de cette reproduction lorsque l'on fait varier expérimentalement les actions que l'on peut exercer sur celle-ci, et à en induire ce qui se passerait dans la réalité sous l'influence d'actions analogues ».<sup>2</sup>

Après avoir identifié les principales sources d'incertitudes du projet auxquelles il faut spécifier une loi de distribution à l'échéance de l'option. Il convient donc de faire d'abord le choix d'un modèle pour l'implanter dans les instructions de calcul d'un ordinateur. Il peut s'agir de loi normale, log-normale, ou de modèles plus complexes pour certains produits dérivés ; généralement elle peut s'agir de n'importe quelle distribution qui aurait été ajustée à partir d'observations historiques.

**Figure n° II.15 : Représentation schématique de la simulation**



*Source* : Parzysz (2009) <http://revue.sesamath.net>

Une fois les sources d'incertitudes modélisées, il convient donc d'exhiber les éventuelles corrélations entre les différentes variables. Leur nombre diffère selon les caractéristiques du projet étudié et cette même donnée va en conditionner l'élaboration de la distribution de la

<sup>1</sup>Mnasri M, « La valeur à risque et ses Applications », Maitrise en Finance, Université du Québec à Montréal, 2008.P 47

<sup>2</sup><http://revue.sesamath.net/spip.php?article353#41>

VAN du projet. Plus le nombre de variables est important plus l'élaboration de la distribution devient complexe.

- **Simulation des valeurs possibles du projet à l'échéance de l'option**

La deuxième étape du processus consiste, en se basant sur l'historique des actifs et des facteurs de risque, à stimuler les valeurs possibles du projet à la date d'échéance (flux dégagés en cas de lancement du projet). A ce stade on procède à la réalisation des simulations Monte Carlo, Le logiciel permet de générer des tirages des variables aléatoires suivant les lois de probabilités précédemment définie. Nous pourrions estimer :

- La distribution des différents facteurs de risque ;
- Les paramètres des relations qui lient les prix et leur facteur de risque.

De façon similaire, si le coût d'investissement du projet est incertain, on peut en simuler différentes valeurs possibles. Les simulations de Monte Carlo permettent ainsi de valoriser une option réelle dont le prix d'exercice est aléatoire.<sup>1</sup>

- **Choix de la stratégie optimale à l'échéance**

A ce stade, une utilisation conjointe des modèles probabilistes identifiés en première étape et des paramètres déterminés dans la deuxième étape du processus permet, par la simulation Monte Carlo, de construire un grand nombre d'échantillon extrait des distributions de variation des facteurs de risque en question.

A partir de là, des tirages sont réalisés, chacun d'eux dispose du coût d'investissement nécessaire pour lancer le projet (noté  $K$ ) et la valeur des cash-flows générés par le projet si celui-ci est lancé à la date d'échéance  $T$  (notée  $S_T$ ).

Une simple comparaison entre les valeurs  $K$  et  $S_T$  nous permet de déterminer s'il faut ou non exercer l'option. Ceci permet le calcul de la valeur « pay-off » de l'option pour chaque tirage, qui est égal à  $\max(S_T - K ; 0)$ .

- **Calcul de la valeur d'option**

L'idée de la méthode Monte-Carlo est de mettre la quantité recherchée sous la forme d'une espérance de variable aléatoire puis d'approximer cette quantité en utilisant la loi forte des grands nombres<sup>2</sup>. A partir des pay-offs calculés en étape 3 pour les différents tirages réalisés, nous sommes en mesure de calculer la valeur de l'option à la date d'échéance de l'option.

<sup>1</sup>Krychowski C, (2007), op.cit. P169

<sup>2</sup>Ladias E, Wang S, (2013), op.cit.

Cette dernière correspond à la moyenne des pay-offs qu'il faudra actualiser à la date d'aujourd'hui.

## **Conclusion**

La théorie des options réelles est présentée comme une approche intéressante en situation d'incertitude. Elle offre un nouveau paradigme dans la finance d'entreprise. Son apport est fondamental dans le processus d'évaluation des opportunités d'investissement ainsi que dans la prise de décision d'investissement.

Les nouvelles techniques de choix d'investissement ont le mérite d'intégrer le caractère dynamique de la décision d'investissement en incorporant les facteurs « intangibles » liés à celui-ci (la flexibilité managériale, les opportunités de croissance futur et l'avantage compétitif futur...). L'approche des options réelles mise sur les interactions stratégiques entre les décisions d'investissement et de financement (Copland et Weston, 2005).

Par son caractère dynamique, l'approche pallie aux principales limites de l'analyse traditionnelle de projets d'investissement, le critère de valeur actuelle nette se généralise grâce au concept d'option réelle pour parler de valeur actuelle nette augmentée (VANA). L'incertitude inhérente au caractère flexible d'un projet d'investissement est créatrice de valeur.

Ce chapitre organisé en trois sections propose une présentation de l'approche des options réelles dans sa globalité. La première section traite l'origine et le contexte d'émergence de la théorie et ses différents types. La deuxième section porte sur les fondements, règles de fonctionnement et conditions d'existence des options réelles. Nous avons présenté en troisième section les modèles de valorisation d'option, comme le révèle la littérature se sont les mêmes modèles utilisés pour l'évaluation des options financières. Nous avons montré au cours de la section deux les limites d'analogie entre les options financières et les options réelles. Il en résulte que le modèle Black & Scholes et le modèle Binomial sont peu adaptés à l'évaluation des options réelles ce qui a forgé l'émergence d'une approche alternative. Cette dernière, étant d'une grande souplesse. Elle est fondée sur les simulations de Monte Carlo et permet de s'adapter à la complexité d'une décision d'investissement.

# **CHAPITRE III**

**L'applicabilité de  
l'évaluation par les  
options réelles cas  
Sonatrach**

### **Introduction**

Le couple gaz et pétrole fournissent la pluparts des sources d'énergie nécessaires au bon fonctionnement de la société. Par sa fonction énergétique, le pétrole joue un rôle vital dans la croissance économique, c'est la caractéristique des matières premières dites : stratégiques.

Etant enfouis dans le sous-sol terrestre (Ecosse terrestre) en quantités limitées et non renouvelables (ressource non renouvelables) implique de le considérer et le gérer comme un capital. Hélas son extraction génère une série de coûts sociaux et environnementaux présents et futurs, directs et indirects. Les coûts de la technologie et du savoir-faire liés à l'extraction de cette ressource sont souvent élevés : le prix de brut détermine alors les méthodes d'extractions et de récupération employées.

Dans un environnement économique qui tend à se globaliser et s'industrialiser, l'industrie pétrolière se présente comme un secteur d'activités aux lignes sombres et complexes : l'ampleur du marché des produits pétroliers et les bénéfices qui s'y attachent motivent des investissements massifs dans le secteur.

Les récentes tensions sur les marchés pétroliers et gaziers remettent au goût du jour le concept d'optimisation de cette ressource énergétique. Pour réduire les effets négatifs des variations du prix des hydrocarbures sur l'économie et assurer l'entrée des recettes de la vente pétrolière, les compagnies pétrolières notamment la Sonatrach, passent irréfutablement par l'optimisation du coût associé à son portefeuille d'exploration, notamment l'opération de forage qui représente l'essentiel du coût total de l'exploration.

Cette étude est une tentative d'application de la Méthode des options réelles à la question des scénarios de la décision pétrolière. Cette technique, dérivée des méthodes de modélisation de cours de bourses utilisées en finance pour le calcul de prix de produits dérivés, permet d'évaluer des opportunités d'investissement lorsque les calculs de VAN classiques ne sont pas satisfaisants (cas de décisions d'investissement futures conditionnelles)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> E-CUBE Strategy Consultants, « Evaluation de différents scénarios de transition énergétique », juin 2012

## **Section 1 : Présentation de l'organisme d'accueil**

Les richesses minières dont dispose l'Algérie sont un atout non négligeable. Elles sont perçues très tôt comme un élément moteur de la stratégie de développement.

Dans ce contexte, la création d'un organisme spécialisé est vite consentie, ainsi fut la création de la Sonatrach dont les missions principales sont la valorisation des hydrocarbures et la mobilisation des ressources de la rente pétrolière.

Sonatrach reste un puissant élément d'intégration nationale et de stabilité économique – sociale. Celle-ci, à travers un aperçu historique ses activités et ses structures, est présenté dans cette section. Avant cela nous avons jugé opportun de consacrer le premier point de la section à l'approche méthodologique. Nous relatons la manière dont nous nous sommes parvenu à accéder aux données et nous justifions notre choix de terrain.

### **1.1 Aspects méthodologiques**

Nous avons privilégié pour ce travail de recherche de mener une étude à la fois exploratoire et prescriptive. La première porte sur les pratiques existantes en matière de prise de décision de forage, la deuxième se penche sur l'adoption d'une nouvelle logique en matière de prise de décision. Ce point est consacré à exposer le cadre de notre étude.

#### **1.1.1 Le recueil des données**

L'accès à un terrain de recherche n'est pas chose facile, mais l'accès à cet organisme pour une thématique comme la notre l'était encore plus.

Nous avons effectué un stage au sein du groupe pétrolier Algérien (activité amont), au niveau du département planification & études économiques sis à Boumerdes où nous nous sommes rendus à plusieurs reprises.

Après plusieurs entrevues avec le chef de département planification & études économiques et plusieurs cadres du même département, le chef de département contrôle de gestion ainsi que le directeur de la division Data Management ce qui nous a permis d'éclaircir de manière plus au moins modeste les questions concernant la décision de forage, son importance et la procédure de prise de décision de forage. En d'autres termes, les différentes études préalables.

Nous avons pu avoir des documents concernant des études faites sur des projets antérieurs et c'est ces mêmes documents qui constitueront le socle de notre travail de recherche dans sa sphère exploratoire.

#### **1.1.2 Le choix du terrain de recherche**

Notre choix de terrain s'est porté sur un secteur dont la ressource est stratégique : celui des hydrocarbures. Un choix stimulé par l'importance du secteur des hydrocarbures dans le développement du pays : la place prépondérante des hydrocarbures et l'abandon de la planification ont fait de l'Algérie un pays mono- exportateur et une économie de plus en plus dépendante du marché capitaliste mondial.

Le secteur des hydrocarbures a acquis depuis le début des années soixante un rôle central. Il a pourvu aux besoins énergétiques de l'économie nationale et a assuré son approvisionnement en matières premières pour les industries chimiques.

De plus, cet intérêt est boosté par la nature, mode de fonctionnement et le climat qui y règne au sein de ce secteur. Il s'agit notamment de la combinaison d'une forte intensité capitaliste et d'un niveau d'incertitude élevé concernant la rentabilité des projets d'investissement : incertitude sur les prix du pétrole et la taille des réserves d'un gisement dans le secteur pétrolier. Tel l'affirme Triantis et Borison (2001), il s'agit d'industries à forte culture d'ingénieurs, qui sont familière avec l'utilisation d'outils d'analyse sophistiqués et cherchent en permanence à améliorer leurs méthode de valorisation des projets et d'allocation du capital.

D'autant plus, l'industrie pétrolière permet l'existence et l'utilisation de l'approche des options réelles. Elle constitue le nid de prolifération des options dans la sphère réelle. En effet, les conditions d'existence d'option réelles sont vérifiées, à savoir la condition d'incertitude, d'irréversibilité et la flexibilité.

## **1.2. la création et le développement de la sonatrach**

Sonatrach, pilier de l'économie algérienne, est la plus importante compagnie d'hydrocarbures en Algérie et en Afrique. Elle intervient dans l'exploration, la production, le transport par canalisation, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Comme elle intervient également dans d'autres secteurs tels que la génération

électrique, les énergies nouvelles et renouvelables et le dessalement d'eau de mer. Elle exerce ses métiers en Algérie et partout dans le monde où des opportunités se présentent.

L'un des premiers actes de l'Etat algérien au lendemain de l'indépendance a touché le secteur des hydrocarbures, le 31 décembre 1963, Ahmed Ben Bella, premier président de la jeune république algérienne démocratique et populaire, paraphait le décret 63-491<sup>2</sup>, il venait de signer l'acte de naissance de la société nationale de transport et commercialisation des hydrocarbures : Sonatrach.

La société nationale de transport et de commercialisation des hydrocarbures n'avait alors pour objet que de préparer et de mettre au point les études préalables à la construction des moyens terrestres ou maritimes permettant de véhiculer les hydrocarbures liquides ou gazeux.

On peut retrouver ou reconstituer trois périodes de développement de la Sonatrach chacune d'elles correspond à un enjeu stratégique ou économique considérable.

#### **1.2.1. Période 1962- 1971**

La coopération dans le secteur des hydrocarbures était intense, caractérisée par un cachet bilatéral, mais en rencontrant des contraintes, elle devient multilatérale<sup>3</sup>.

Bien que les missions de la Sonatrach semblaient limitées, l'Algérie manifestait sa volonté de porter le combat dans le domaine économique. Le premier acte de souveraineté du socialisme révolutionnaire et romantique d'Ahmed Ben Bella fut donc de concevoir et de poser le premier pipeline algérien, celui reliant le champ de Hamra à Arzew, d'une longueur de 805 km. Et mise en service du premier complexe de liquéfaction de gaz naturel, dénommé GL4Z, d'une capacité de traitement de 1,8 milliard de mètres cubes de gaz par an.

La nécessité d'un troisième oléoduc se faisait ressentir, les compagnies françaises projetèrent la création d'une société de transport pour la réalisation et l'exploitation du projet. Le gouvernement algérien demande alors une participation de 51% au capital de cette société, et devant le refus des français, il décide de prendre à son compte la réalisation qu'il confie à Sonatrach, qui entreprend pour la première fois dans un pays en voie de développement une expérience du genre, et confirme son acte de naissance.

---

<sup>2</sup> Goumiri M, Zitouni B, Laras M, « Sonatrach un groupe pétrolier international », édition Régie sud méditerranée.

<sup>3</sup> Document de la sonatrach

Durant la même année, des négociations sont ouvertes et aboutissent le 29 juillet 1965 à l'accord ALGERO-FRANCAIS relatif au règlement des questions touchant l'hydrocarbure et le développement industriel de l'Algérie ; une coopérative ASCOOP est créée au terme entre SOPEFAL représentant l'état français et l'état Algérien.

Sonatrach se transforma progressivement en une société intégrée, présente à tous les stades de l'industrie pétrolière, de la recherche à de la distribution.

C'est au président Houari Boumediene que l'on doit l'extension au plan juridique des compétences de Sonatrach. Le 22 septembre 1966, un second décret n° 66/296 a permis d'élargir les prérogatives de la compagnie à l'ensemble des activités du secteur des hydrocarbures définissant ainsi la nouvelle mission de la Sonatrach, une société dont l'objet couvrira désormais :

- L'exécution de toutes les opérations de recherche et d'exploitation industrielle des gisements d'hydrocarbures ;
- La construction et l'exploitation de tous les moyens de transport des hydrocarbures ;
- Le traitement (gaz) et la transformation (pétrole) des hydrocarbures ;
- La distribution et la vente des hydrocarbures et leurs dérivés en Algérie et à l'étranger.

La volonté de l'Algérie de récupérer ses richesses naturelles et d'assurer pleinement le contrôle de leur exploitation l'amena à nationaliser la production des hydrocarbures le 24/02/1971 par la signature d'une ordonnance, définissant le cadre d'activité des sociétés étrangères en Algérie.

Cette phase est considérée comme une phase de reconquête de la souveraineté sur les ressources pétrolière qui à constituer le moteur sans lequel tout schéma de développement aurait été difficile à concrétiser.

#### **1.2.2. Période 1971/1985**

Après une période d'observation de la part des compagnies internationales, une nouvelle série d'accords a été négociée à partir de l'année 1973/1974 et vers 1978/1979. Ces accords étaient conséquents au premier embargo pétrolier de 1978/1979 qui a provoqué une rareté du produit sur le marché.

Devant cette situation, les compagnies avaient comme objectif de négocier un contrat d'achat de pétrole brut que de rechercher ce brut.

L'Algérie a exigé aux acheteurs d'investir dans la recherche en vue de procéder à la découverte de ce même baril cédé à ce moment-là.

Ce bonus, destiné au renouvellement des réserves, était de 3US\$/baril.

Ainsi donc pour un contrat d'achat/vente de 10 millions de baril, l'acheteur devait investir 30 millions de dollars en Exploration dans l'objectif de retrouver ces 10 millions de barils.

Cette disposition a été détournée de son objectif et de sa finalité par les compagnies qui, intéressées par le volet approvisionnement, en plus les contrats d'achats de brut, mais ne faisaient pas de la vraie recherche, les résultats de cette série de contrat ont été non seulement négatifs mais surtout néfastes.

Cette période a vu également la mise en place d'un réseau de filiales de service pétrolier organisé en plusieurs grandes catégories et qui a permis de recouvrir une bonne partie des besoins de toute la chaîne des activités pétrolière.

Ces filiales sont vite devenues des filiales à 100% par des opérations de rachats de parts, puis quand leur taille est devenue très importante, elles sont devenues très importantes, elles sont devenues des entreprises nationales autonomes et cela à l'occasion de la grande opération de restructuration effectuée en 1981/1982.

Grâce à cette organisation et à ces capacités, la Sonatrach a pu acquérir la taille, l'envergure et la reconnaissance nécessaires pour jouer progressivement un rôle de plus en plus important dans tous les domaines : régional et international.

Cette étape est considérée comme étape de conception et de mise en place d'un outil d'opération assez intégré qui a permis d'intervenir à tous les niveaux de la chaîne et satisfaire une très bonne partie de la demande en service. Aussi, c'est une phase d'apprentissage et de maîtrise des techniques nombreuses et diversifiées.

#### **1.2.3. Période 1986/ 2005**

L'élaboration et la mise en œuvre d'une stratégie de reconquête de terrain et du leadership par les pays importateurs (pays développés) a conduit un choc survenu en fin 1985/1986, en faisant chuter les prix du baril, ce qui a conduit à une autre récession des

activités de recherche due à l'abondance d'une matière première à très bon marché et à une suprématie des acheteurs.

Devant cette situation, de tout producteur est de vendre plus pour assurer niveau de recette égale à celui des bon prix ou tout au moins suffisant, mais pour vendre plus, il faut découvrir plus, il faut attirer les exportateurs.

Cette logique a conduit l'Algérie, à adapter des textes (loi 86/14 du 28/08/86 et du 04/12/91).

Un examen rétrospectif rapide, permet d'apprécier les résultats de cette adaptation de la manière suivante<sup>4</sup> :

- une soixantaine de contrats d'exploration et production ont été signés entre 1989 et 2005 ;
- Une diversification de partenariat et d'introduction de nouvelles technologies de recherche ;
- Une meilleure implication de société nationale et de ses moyens humains et matériels dans ce nouveau type partenariat ;
- Des résultats pétroliers significatifs avec la découverte d'importantes quantités de pétrole et de gaz qui ont été mise en évidence à partir de 1993 et développée progressivement, assurent ainsi le renouvellement des quantités produites depuis 1971 ;
- La baisse des prix connue en 1998 à 2000 n'a pas eu l'effet habituel de ralentir les travaux d'exploration dans notre pays ou d'appeler à une modification du type de partenariat qui est resté celui du partage de production ;

Cette période a permis à la société nationale de s'engager progressivement dans des projets à l'échelle internationale d'abord dans les activités aval (commercialisation, pétrochimie), puis amont (exploration-production), afin de se prévaloir de cette envergure internationale au même titre que tous ses autres partenaires en Algérie.

Cette étape peut être considéré comme l'étape de constitution de véritable partenariats basés sur les principes bien compris de l'intérêt mutuel, du transfert de technologie, du partage des moyens et des risques et a conduit, par les résultats qu'elle a

---

<sup>4</sup>Document de la SONATRACH

permis d'enregistrer, à la reconstitution des réserves à leurs niveau de 1971, la mise à niveau des outils de production, et la sortie sur la scène internationale en amont et en aval.

Aujourd'hui, Sonatrach est un acteur majeur dans le domaine du pétrole et du gaz. Elle exerce ses activités dans quatre principaux domaines : l'amont, l'aval, le transport par canalisation et la commercialisation.

Elle s'est également adaptée au nouvel environnement économique mondial en adoptant une stratégie de diversification. Cette dernière se manifeste par deux types, à savoir : Une diversification verticale en développant les activités de pétrochimie ; et une diversification horizontale en investissant d'autres créneaux économiques notamment la génération électrique, les énergies nouvelles et renouvelables, le dessalement d'eau de mer et l'exploitation minière.

Sonatrach s'affirme non seulement comme un groupe international à vocation pétrolière et gazière mais comme une compagnie solidaire, responsable et citoyenne. Elle s'est engagée en faveur développement économique, social et culturel des populations, en se fixant des priorités incontournable en matière de HSE et en s'impliquant résolument dans la protection de l'environnement et la préservation des écosystèmes.

De plus, Sonatrach poursuit une stratégie d'internationalisation ou de diversification<sup>5</sup> géographique, elle opère en Algérie et dans plusieurs régions du monde : en Afrique dans l'activité exploration (Mali, Libye, Niger, Egypte), en Europe dans les opérations de raffinage et de pétrochimie (Espagne, Italie, Portugal, Grande Bretagne) et en Amérique latine dans le transport des hydrocarbures (Pérou) et aux USA.

### **1.3. Les missions de Sonatrach**

Le socle sur lequel s'appuie l'économie algérienne 'Sonatrach', pour l'horizon 2019, se fixe comme objectif le développement de ses activités dans ses différents domaines. En effet, elle envisage d'augmenter sa production, pour atteindre 151 milliards de m<sup>3</sup> de gaz naturel à la faveur de l'entrée en production de plusieurs gisements. La compagnie développera des projets gaziers en association : Touat gaz, sud in Salah, Statoil et Reggane nord avec le groupe français GDF SUEZ, BP, Repsol respectivement<sup>6</sup>.

---

<sup>5</sup> [www.sonatrach.com](http://www.sonatrach.com)

<sup>6</sup> [www.horizons-dz.com](http://www.horizons-dz.com).

Concernant les objectifs stratégiques qui lui sont assignés portent sur le renouvellement de ses réserves et l'augmentation de la production d'hydrocarbure ainsi que la promotion des activités pétrochimiques et l'amélioration de ses performances en matière de santé, sécurité et environnement.

Les missions confiées à Sonatrach sont les suivantes :

- Contribuer au développement national par la maximisation de la valeur long terme des ressources hydrocarbures an Algérie ;
- Satisfaire les besoins actuels et futurs de l'Algérie en hydrocarbures ;
- Contribuer au développement national notamment en lui procurant des devises étrangères nécessaires.

#### **1.4. Sonatrach en chiffre**

Le groupe sonatrach dispose de 154 filiales et participations dont 105 sociétés présente en Algérie et 49 autres à l'international activant dans l'exploitation, le raffinage, la commercialisation, le stockage et les services aux puits

A propos de son classement à l'international

- 1<sup>ere</sup> compagnie Africaine
- 12<sup>eme</sup> compagnie pétrolière mondiale
- 13<sup>eme</sup> compagnie pétrolière concernant les hydrocarbures liquides
- 6<sup>eme</sup> compagnie mondiale en matière de gaz naturel (réserve)
- 25<sup>eme</sup> compagnie pétrolière sur le plan des effectifs
- 5<sup>eme</sup> exportateur mondial de gaz naturel
- 4<sup>eme</sup> exportateur mondial de GNL
- 3<sup>eme</sup> exportateur mondial de GPL

L'année 2014 a été prolifique pour Sonatrach en matière de découvertes, de production d'hydrocarbures (tous produits confondus) et de vente.

31 découvertes dont 30 en effort propre et 01 en partenariat ;

La production de la compagnie s'élève à 131 milliards de m<sup>3</sup> de gaz naturel, dont 27 m<sup>3</sup> ont été exporté via gazoduc et 28 m<sup>3</sup> sous forme GNL via des méthaniers.

La recette des hydrocarbures a atteint un montant de plus de 60 milliards de dollars.

Depuis le début de l'année 2015, trois découvertes de champs pétroliers et gaziers ont été réalisées par la compagnie algérienne des hydrocarbures, tel déclaré par le PDG de cette même compagnie lors de son passage à Oran pour la célébration du 44<sup>ème</sup> anniversaire de la nationalisation des hydrocarbures algériens<sup>7</sup>.

Selon lui, Sonatrach a réalisé trois découvertes en effort propres dont la qualité est extrêmement importante. La première découverte de pétrole a eu lieu dans la région de Touggourt, tandis que la deuxième est localisée à Ghardaïa. Un troisième champ de gaz a été découvert à El Bayadh.

### **1.5. Organisation de la macrostructure Sonatrach**

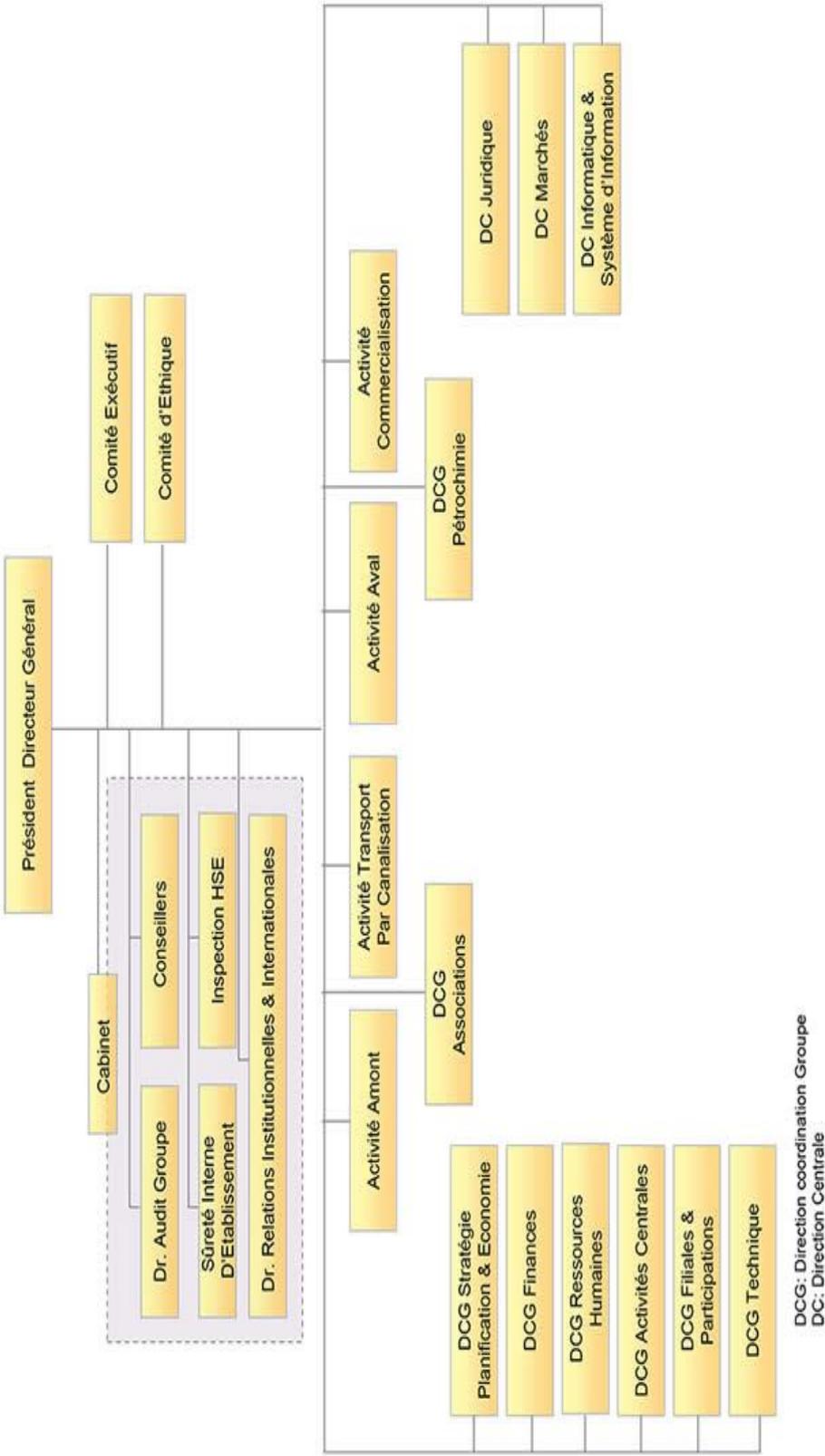
Le schéma de la macro structure de Sonatrach, est le suivant:

- La direction générale
- Les directions fonctionnelles
- Les structures opérationnelles

---

<sup>7</sup>[www.algerie-focus.com](http://www.algerie-focus.com).

Figure III.01 : L'organigramme de la compagnie d'hydrocarbure algérienne <sup>8</sup>



<sup>8</sup> Document de la Sonatrach

### **1.5.1. La direction générale**

La direction générale du groupe est assurée par M. Amine MAZOUZI, président directeur général depuis le 25 Mai 2015, il est assisté du comité exécutif. Le comité d'éthique chargé de veiller au respect des dispositions des codes d'éthique et au renforcement des pratiques éthiques au sein de la société.

### **1.5.2. Les directions fonctionnelles**

Elles élaborent et veillent à l'application des politiques et stratégies du groupe. Elles fournissent l'expertise et l'appui nécessaire aux activités opérationnelles du groupe. Elles sont organisées en huit directions coordination groupe en trois directions centrales :

- ***La direction coordination groupe associations (AST)***

La direction coordination groupe associations, placée sous l'autorité d'un Directeur Exécutif, est chargée de l'élaboration de la stratégie et des politiques relatives aux activités en association, ainsi que de la gestion des contrats d'associations dans l'amont pétrolier et gazier en Algérie.

- ***La direction coordination groupe pétrochimie (PEC)***

La Direction coordination groupe pétrochimie, placée sous l'autorité d'un Directeur Exécutif, est chargé de la mise en œuvre des politiques et stratégie en matière de développement de la pétrochimie, élaborées en collaboration avec les structures de la société notamment l'activité aval.

- ***La direction coordination groupe finances (FIN)***

La direction coordination groupe finances, placée sous l'autorité d'un Directeur Exécutif, est chargé de l'élaboration des politiques et stratégie en matière de finances ainsi que Directeur Exécutif, de l'harmonisation des procédures financière et comptable.

- ***La direction coordination groupe ressources humaines (RHU)***

La direction coordination groupe ressources humaines, placée sous l'autorité d'un Directeur Exécutif, est chargé de l'élaboration des politiques matières de ressources humaines et du contrôle de leur application.

• ***La Direction coordination groupe stratégie, Planification et Economie***

La direction coordination groupe stratégie, planification et économie, placée sous l'autorité d'un Directeur Exécutif, est chargée de l'élaboration des stratégies de développement à moyen et à long termes et de l'évaluation de leur mise en œuvre.

La Direction coordination groupe stratégie, planification et économie assure, notamment, les fonctions, suivantes :

- ▶ Stratégie, prospective et intelligence économique.
- ▶ Planification.
- ▶ Etudes économiques.
- ▶ Organisation, système et procédures.

La direction coordination groupe stratégie, planification et économie est charger également de :

- ▶ L'appui aux projets de la société.
- ▶ L'information et du reporting de groupe.

• ***La direction coordination groupe filiales et participations <FIP>***

La direction coordination groupe filiales et participations, placée sous l'autorité d'un Directeur Exécutif, est chargé d'assurer la coordination, la développement, le suivi et le contrôle du portefeuille de filiales et participations, en Algérie, notamment pour les aspects stratégiques, planification, financiers, ressources humaines et juridiques.

• ***La direction coordination groupe activités centrales <ACT>***

La direction coordination groupe activités centrales, placée sous l'autorité d'un Directeur Exécutif, est chargée de l'élaboration de politique en matière de gestion rationnelle des moyens.

• ***La direction coordination groupe technique <TEC>***

La direction coordination groupe technique, placée sous l'autorité d'un Directeur Exécutif, est chargée de l'élaboration de la stratégie et de la politique de la société, en matière d'engineering, de procurement et **déménagement** de projet d'investissements.

Et trois directions centrales, à savoir

- **La direction centrale juridique (JUR) :**

La direction centrale juridique, placée sous l'autorité d'un Directeur central, est chargée de l'élaboration, de l'harmonisation des instruments juridiques et du contrôle de leur application.

- **La direction centrale des marchés (MAC) :**

La direction centrale des marchés, placée sous l'autorité d'un Directeur central, est chargée de l'animation et de la coordination du dispositif de passation des marchés au sien de la société en s'assurant du strict respect du cadre réglementaire.

- **La direction centrale informatique et système d'information (ISI) :**

La direction centrale informatique et système d'information, placée sous l'autorité d'un Directeur central, est chargée de la définition et de l'application de la politique informatique du groupe et des normes et standards en matière de technologie de l'informatique du groupe, des normes et standards en matière de technologies de l'information du système d'information et de la gestion documentaire.

### **1.5.3. Les structures opérationnelles**

Organisées sous forme d'activités, ces structures exercent les métiers du groupe dans la filière de l'énergie, commençant par la recherche et l'exploration, jusqu'à la transformation des hydrocarbures et leur commercialisation aux consommateurs finaux, chacune d'elles développe son portefeuille d'affaire et contribue au développement des activités internationales de la société. Il s'agit de :

- Activités amont
- Activité transport par canalisation
- Activité aval
- Activité commercialisation

#### **1.5.3.1. L'activité amont**

L'activité amont constitue le cœur du métier de Sonatrach, elle recouvre les activités de recherche, d'exploration, de développement et de production d'hydrocarbures, les principales missions qui lui ont été assignées sont :

- Le développement de la recherche scientifique ;

- La recherche, la négociation et le développement de nouveaux projets en interne et l'international ;
- La conduite et le développement des activités de prospection et de recherche des hydrocarbures ;
- Le développement et l'exploitation des gisements découverts ainsi que l'amélioration du taux de leur récupération pour la valorisation optimale des ressources d'hydrocarbures ;
- Renforcement des capacités de production pétrolière et gazière.

Elle regroupe les activités de :

- **L'exploration**

C'est la première étape du processus de l'activité pétrolière, elle est un ensemble d'opérations préliminaires à l'exploitation dont le but est la découverte d'accumulation d'hydrocarbures liquides et gazeux éventuellement solide, techniquement et économiquement exploitable. L'exploration constitue une phase particulière caractérisée par une prise de risque, du fait de la méconnaissance du système pétrolier. Durant cette phase on distingue :

- ▶ ***La prospection***

On entend par prospection l'ensemble des travaux d'investigation qui se font dans des zones peu connues avec très peu d'indices sur le potentiel pétrolier. Géologues et géophysiciens collaborent à cette enquête minutieuse à fort enjeux économique qui commence à la surface de la terre pour descendre vers le sous-sol, suivant le fonctionnement technique suivant :

- ♣ ***La géologie pétrolière ou l'observation de la surface***

C'est la première étape qui permet de repérer les zones sédimentaires méritant d'être étudiées (plissements, failles). Les géologues s'interrogent sur un certain nombre de points pour l'identification des régions potentiellement prolifères, à savoir :

- Quelle est la nature des roches ?
- Ont-elles été soumises à des conditions favorables à la création d'hydrocarbures ?
- Ces hydrocarbures ont-ils pu migrer et être piégés par des couches imperméables ?

Les géologues dressent une carte du sous-sol à partir des informations obtenues en surface, par examen des affleurements et dans les airs par photographie et les images satellites.

#### *♣ La géophysique ou l'étude des profondeurs*

Après le repérage de zones favorables depuis la surface par les géologues, c'est au tour des géophysiciens d'explorer le sous-sol, il s'agit essentiellement d'accumuler des données sismiques riche en informations grâce à une sorte d'échographie du sous-sol ou sismique réflexion. En effet, un vibreur pneumatique (camion vibreur) sorte d'engin produisant un choc ou des vibrations sonore ébranlant le sol, à l'aide de puissant logiciels les signaux des échos recueillies seront ensuite traité, on obtient ainsi une radiographie 2D ou 3D des structures des couches en profondeur.

#### **▶ La recherche**

Les travaux de recherche sont réalisés dans des zones où le système pétrolier est assez documenté. Il s'agit généralement de zones avec des indices pétroliers probants et où des travaux de semi détail ont été réalisés au préalable.

Les travaux réalisés sont particulièrement de la sismique 2D de détail, de la sismique 3D et des forages profonds.

#### **• le forage**

C'est l'étape ultime et l'arbitre suprême du processus d'exploration. En effet, elle reste la seule méthode exploratoire qui permet de conclure sur la présence ou l'absence des hydrocarbures. Forer consiste à percer l'écorce terrestre pour atteindre les zones pétrolières, il permet aussi de réduire de nombreuses incertitudes<sup>1</sup>, à savoir :

- ▶ la qualité de l'effluent du puits ;
- ▶ la perméabilité du réservoir ;
- ▶ la production potentielle et la quantité d'huiles.

Le forage est une opération lourde qui peut induire des mobilisations importantes (appareils de forage, services aux puits, carburant, personnel).

---

<sup>1</sup>Nguyen J P, « Le forage », édition technip, paris, 1993.

- **les services aux puits**

Cette étape regroupe les opérations de carottage et de testing. Les techniques de prélèvement d'échantillons (carotte) du sous-sol, en utilisant des outils spécialisés (tarière, carottier...) servent pour la détermination des différentes couches (l'inclinaison des couches, sa structure, sa perméabilité) et les caractéristiques des roches existantes. Les opérations de testing (diagraphie) permettent de mesurer précisément les paramètres physiques de la roche et à quantifier tous les paramètres du gisement découvert servent à mettre en évidence les hydrocarbures en surface et à quantifier tous les paramètres du gisement découvert.

- **le développement et exploitation des gisements**

Les essais de production ne démarrent que lorsque tous les paramètres du gisement sont cernés. Il s'agit principalement de l'assemblage de toutes les données géologiques, de la caractérisation des roches réservoir, des études de fluide, et des essais de puits. Les études de rentabilité et de faisabilité sont réalisées afin de produire les hydrocarbures dans les meilleures conditions de sécurité. L'élaboration d'un véritable projet d'implantation des différentes structures de production ainsi que la mise en place d'un profil de production.

- **La Production**

Les opérations de production sont entamées, une fois le plan de développement du champ, finalisé par la Division Petroleum Engineering et Développement et une fois les infrastructures mises en place, L'objectif principal de la production est d'extraire le plus d'hydrocarbures du gisement et de le ramener à la surface où il pourra être traité et exporté.

- **La recherche et développement au sein de Sonatrach**

Pour mieux asseoir sa position et assurer sa pérennité Sonatrach renforce ses moyens qui pourront la conduire vers la réalisation de ses défis majeurs liés à la valorisation maximale de ses ressources et l'insertion de ses activités dans le marché mondial.

Depuis sa création le groupe pétrolier et gazier accorde une place aussi importante aux fonctions de R&D qui veille sur la mise à jour (actualisation) du potentiel productif du groupe, en effet, en 1973 le groupe se dote d'une structure spécialisée sous le nom de direction du laboratoire central des hydrocarbures qui a connu plusieurs réorganisations comme sa

conversion en centre de R&D en 1987 ainsi le développement de partenariat et de collaboration avec les universités.

En 2009, il y'a eu création d'une division « technologie et innovation » cette action permet à la fois de répondre aux préoccupations des opérationnels, dans la résolution de problèmes plus complexes, dans le but de contribuer notamment à l'augmentation des taux de découvertes, l'amélioration des taux de récupération des gisements en exploitation, le développement technologique (forage, stimulation. Corrosion) etc.à cet effet il se dote d'un potentiel humains de haut niveau et d'une quarantaine de laboratoires dotés des équipements les plus modernes pour étude (thermodynamique, de raffinage et outils de forage).

Par ailleurs, la division « Technologie et innovation » est structurée en trois directions technique fonctionnant en étroite collaboration, à savoir :

- Géologie ;
- Gisement ;
- Traitement des hydrocarbures.

Chacune d'elles s'est spécialisée dans un domaine de l'activité amont de la chaîne pétrolière, néanmoins leurs objectifs se conjuguent pour atteindre une mission commune, celle de participer activement à la phase de prospection des hydrocarbures et l'optimisation des champs d'exploitation.

#### **1.5.3.2. Activité transport par canalisation**

Cette activité (TRC) est créée en 1998 par la fusion des ex directions transport et canalisation. Elle constitue le maillon intermédiaire entre amont de l'activité pétrolière et gazière et les activités en aval.

Elle a en charge l'acheminement des hydrocarbures (pétrole brut, gaz, GPL et condensât) à partir des zones de productions vers les zones de stockage, raffineries et les ports pétrolier ainsi que vers les pays importateurs.

Elle dispose d'un réseau de canalisation de près de 19599 km en 2013 et d'une capacité de transport de 357 millions tep, ce dernier est répartie comme suit :

- Des gazoducs d'une longueur de 9689 km ;
- Des oléoducs d'une longueur de 9910 km.

L'activité TRC a pour missions essentielles, la définition, la réalisation, la maintenance, l'évolution du réseau de canalisation et les ouvrages pour répondre aux besoins de Sonatrach dans les meilleures conditions d'économies, de qualité, de sécurité et de respect de l'environnement.

### **1.5.3.3. Activité Aval**

C'est une étape aussi importante que les précédentes elle a pour missions essentielles :

- L'exploitation des installations existantes de liquéfaction de gaz naturel et de séparation de GPL de raffinage de pétrochimie et de gaz industriel ;
- L'élaboration et la mise en œuvre des politiques de développement de l'aval pétrolier et gazier.

Elle regroupe les opérations de :

- **Raffinage du pétrole**

C'est une activité principale du processus pétrolier, le raffinage est une industrie lourde qui désigne l'ensemble des traitements et transformations qui visent la séparation des diverses coupes du pétrole pour les transformer en produits intermédiaires et commerciaux. Ce en suivant un processus dont les étapes sont comme suit :

- ▶ **La distillation**

C'est la première étape du processus de raffinage, il s'agit de séparer les différentes fractions d'hydrocarbures contenues dans le pétrole brut par distillation (atmosphérique, sous vide) pour aboutir à des mélanges plus simple.

- ▶ **Transformation des coupes**

Il s'agit d'une série d'opération visant à améliorer ou fabriquer des produits finis par apport de chaleur (catalyseur).

- ▶ **Les procédés d'amélioration**

Cette dernière étape consiste à réduire fortement ou éliminer les molécules corrosives ou néfastes à l'environnement, en particulier le soufre, cette opération permet non seulement d'épurer les carburants mais aussi d'extraire le soufre destiné à l'industrie chimique.

- **La pétrochimie**

La pétrochimie représente un secteur clé de l'industrie moderne. A partir des ressources fossiles, biomasse ou certains produits issus du raffinage, elle fournit des matières intermédiaires qui servent de base à la fabrication de nombreux objets au quotidien.

- **Liquéfaction du gaz naturel**

Elle consiste à faire un changement d'état de gazeux à liquide en utilisant différentes méthodes (compression, refroidissement...) ce qui permet de réduire son volume et faciliter son transport.

#### **1.5.3.4. Activité commercialisation**

L'activité a en charge le management des opérations de vente dont les actions menées en coopération avec les filiales(NAFTAL) pour la distribution des produits pétroliers tant sur le marché national que sur le marché international.

## **Section 2 : le secteur des hydrocarbures : entre réalités et défis**

Depuis toujours, la quête de l'énergie est vitale pour l'homme. C'est un élément essentiel de sa survie et de son développement. Tout l'édifice de la vie moderne est bâti sur sa disponibilité.

Le pétrole a considérablement accéléré le développement des transports, terrestre, aériens ou maritimes à l'échelle de la planète pour en devenir la première source d'énergie dans le monde. Depuis des décennies, le pétrole fait fantasmer le grand public et il a toujours présenté un caractère contrasté <sup>1</sup>qu'en est-il pour l'Algérie.

Le pétrole Algérien est l'origine des crises économiques internes comme il en offre aussi les voies de sorties d'où la place éminente prise par les hydrocarbures dans l'économie algérienne.

### **2.1. Le pétrole entre mythe et réalité**

Extrait du sous-sol, le pétrole n'est autre que la résultante ou le produit d'une alternance des multiples phénomènes naturels auxquelles est sujette notre planète. En effet, il s'agit du fruit d'une transformation lente de matières organiques contenues dans certaines

---

<sup>1</sup> Mekideche M, « Le secteur des hydrocarbures en Algérie, piège structurel ou opportunité encore ouverte pour une croissance durable », revue confluences Méditerranée, numéro 71,2009.

roches : « les roches mères » du pétrole. Ce sont des restes fossilisés de végétaux aquatiques ou terrestres et de bactéries s'accumulant au fond des océans et qui, sous l'effet de la pression des autres couches qui s'accumulent, d'une augmentation de température ainsi que l'absence d'oxygène dans ces lieux se transforme peu à peu en kérogène<sup>1</sup> puis en pétrole.

Plus léger que l'eau<sup>2</sup>, le pétrole et le gaz remontent le long des niveaux des roches poreuses (roche réservoir) au milieu desquelles il a été formé, il remonte et suintent à la surface. C'est l'origine des mares de pétrole. Au cours de leur migration vers la surface ceux-ci peuvent être piégés par des roches non perméables et s'y accumulent<sup>3</sup>. Ce sont les sites ou les pièges que les compagnies pétrolières traquent afin d'effectuer des forages pour enfin, exploiter le pétrole.

Le mot pétrole vient du latin médiéval *petroleum*, de *petra* " pierre" et *oleum* " huile " proprement " huile de pierre" connu sous le terme de brut dans le langage pétrolier et plus familièrement, sous le vocable d'huile par analogie à son étymologie et /ou à ses caractéristiques physique.

A l'antiquité le pétrole était utilisé comme source d'énergie (bitume) ainsi que pour les travaux d'étanchéité, notamment pour enduire les toques des bateaux. De plus, ce liquide visqueux fut utilisé pour longtemps dans la recherche de la guérison des maladies et des blessures. En effet, il s'agit d'un piédestal de la proto médecine.

Néanmoins, à cette époque l'utilisation du pétrole reste marginale se limitant qu'à l'exploitation des gisements de surface, avec le temps, la demande croit de plus en plus, notamment après la révolution industrielle qui a boosté l'intérêt envers cette ressources et permis le développement de nouveaux produits et de nouvelles technologies.

Soutenue par le développement de la chimie au cours du XX<sup>e</sup> siècles, la pétrochimie notamment, ainsi que le développement du marché de l'automobile, la consommation du pétrole explose, pour atteindre une place prépondérante dans le système économique mondial.

Le pétrole est une ressource chimique et énergétique très pratique à utiliser, elle a accompagné et soutenu le développement technologique de l'humanité. Cependant on lui attribut le statut de la cause principale des catastrophes écologiques (réchauffement

---

<sup>1</sup> Samuel.benoit.online.fr. consulté 18 avril 2015.

<sup>2</sup> De la tour X, « Le pétrole au delà du mythe », édition Technip, Paris, 2004, P.38.

<sup>3</sup>www.planete-energies.com consulté 17 avril 2015

climatique). Le pétrole présente des caractéristiques physico chimique hors du commun, citons entre autre<sup>1</sup> :

- Sa nature fluide, qui est une qualité incontestable facilitant son extraction, sa transportation et son stockage ;
- L'importance de sa densité énergétique, ce qui signifie qu'un faible volume représente une importante quantité d'énergie ;
- Ses nombreux produits dérivés, ce qui a permis le développement parallèle d'autres industries (transport, pétrochimie) en plus de la manne financière issue de cette variation ;
- L'importance des gisements, qui ont fait du pétrole une énergie bon marché (rentabilité).

## **2.2. Le secteur des hydrocarbures en Algérie**

Quelle année fabuleuse fut 1956 pour notre pays, l'année de la découverte des hydrocarbures dans le Sahara algérien. En janvier puis en juin de la même année, les travaux d'investigation du sous-sol algériens entrepris depuis le début des années cinquante, par des compagnies américaines et française, ont découvert deux réservoirs d'hydrocarbures, Ain amenas et Hassi messaoud<sup>2</sup>.

Alors que les indices de présence d'huile sont mis en évidence en 1890 dans le bassin du chelif<sup>3</sup>, la première découverte d'hydrocarbures n'est survenue qu'en 1954 : une grosse accumulation de gaz au sud d'In salah.

Fière et vaillant, fut le peuple algérien, après 1962 il sera un peuple heureux. Les revenus de la manne pétrolière devraient lui permettre d'affronter les affres du sous-développement et prendre à bras- corps les problèmes de la reconstruction du pays. Hélas, actuellement ce peuple dépend toujours pour sa survie à 98% de la rente des hydrocarbures. Cette dernière reste la seule force motrice de l'économie algérienne. Celle-ci reste très dépendante des aléas de ce secteur.

---

<sup>1</sup><http://samuel.benoit.online.fr>

<sup>2</sup>Malti H, « Histoire secrète du pétrole algérien », édition la découverte, paris 2010.

<sup>3</sup>Segueni.F, « L'analyse de la démarche knowledge management au sein de l'entreprise publique algérienne. Cas de l'entreprise sonatrach », mémoire de magister, université Mouloud MAMMERI de TIZI OUZOU.

## **2.3. Les enjeux et spécificités du secteur des hydrocarbures**

Etant une des activités économiques les plus importantes dans le monde moderne, l'industrie pétrolière traite la chaîne industrielle du pétrole et du gaz naturel, du gisement jusqu'au consommateur. Si par commodité on parle de l'industrie pétrolière, en vérité, dans la branche il n'y a pas qu'une industrie mais plusieurs. Quoiqu'il en soit, l'enchevêtrement des intérêts entre les diverses phases de l'activité pétrolière est une des principales caractéristiques de cette activité.

### **2.3.1 Les caractéristiques de l'industrie pétrolière**

En ce sens, Chevalier(1973)<sup>1</sup> nous propose une intéressante définition de l'industrie pétrolière à une grande échelle. Selon lui, ce qui caractérise l'industrie pétrolière est le fait d'être à la fois : a) une industrie mondiale, c'est-à-dire que les zones de consommation ne correspondent pas aux zones de production ; b) une industrie à plusieurs niveaux : exploitation, transport, raffinage et distribution ; c) une activité aléatoire ; d) une industrie " multi produits " ; e) une industrie à haute concentration de capital ; f) une industrie qui se caractérise par l'existence d'un surplus pétrolier ; et g) une industrie politique.

L'apport de la définition est qu'elle cerne au même temps tous les aspects de l'industrie du pétrole à savoir : les aspects géographiques, techniques, économiques et politiques.

Partant de la définition de Chevalier nous allons énumérer les traits caractérisant l'industrie pétrolière, à savoir :

Premièrement, Chevalier évoque l'opposition entre les deux blocs de pays : les pays producteurs et les pays consommateurs de cette ressource. En effet, la majeure partie de la production et des réserves pétrolières est localisée dans les pays sous-développés, en particulier ceux du Moyen-Orient, avec 65 % des réserves prouvées, tandis que le gros de la consommation se retrouve dans les pays industrialisés de l'OCDE.

Deuxièmement, Chevalier met l'accent sur le fait que l'industrie pétrolière est une industrie à plusieurs niveaux, de ça en découle une autre caractéristique aussi importante,

---

<sup>1</sup> These.univ-lyon2.fr.

celle concernant la forte intensité capitalistique de l'industrie, en effet l'industrie pétrolière est une industrie fortement capitalistique. Les capacités financière doivent être importantes pour financer les investissements tout au long de la chaîne pétrolière, entre le début d'exploitation d'une zone et la production du premier baril de brut des sommes faramineuses d'argents doivent être dépensées, sans parler de l'activité exploration qui reste la phase la plus risquée et la plus consommatrice.

Une autre caractéristique de l'industrie pétrolière que Chevalier a soulevé, elle porte sur le caractère aléatoire de l'activité. L'incertitude règne sur les différentes phases de la chaîne pétrolière, il s'agit notamment de<sup>1</sup> :

- l'incertitude géopolitique due à la complexité du sous-sol ;
- L'incertitude technique dans le sens ou parfois la technologie utilisée s'avère inadéquate pour l'exploitation d'un gisement ;
- L'incertitude d'estimer le cout d'investissement, celui-ci dépasse largement l'investissement prévu ;
- L'incertitude sur la rentabilité d'un projet, qui dépend essentiellement de la volatilité des prix du pétrole ;
- Une activité très risquée, notamment au stade d'exploitation avec une probabilité d'échecs de 80%.

En suivant toujours la définition de Chevalier (1973), une autre caractéristique de l'industrie mérite d'être éclairée, c'est l'existence d'un surplus pétrolier, ce dernier n'est autre que la différence entre le coût total moyen, soit l'ensemble des frais supportés de l'extraction à la distribution, et le prix de valorisation. Ce qui peut s'expliquer par le fait que :

- Le pétrole est produit en divers endroits et dans des conditions hétérogènes. Chaque gisement peut donc dégager une rente différentielle ;
- Il y a une hétérogénéité des appareils de production, ce qui entraîne une rente différentielle en faveur des unités les plus performantes ;
- Les produits sans substituts (essence, gas-oil, etc.) sont fortement taxés par les gouvernements.

---

<sup>1</sup> Favennec J .P, « Exploitation et gestion de la raffinerie », édition Technip, paris, 1998.

### **2.3.2 Les différents risques de l'industrie pétrolière**

De plus, cette industrie est régie par une grande prise de risque, celui-ci se manifeste sous différentes formes et à tous les niveaux de la chaîne pétrolière, nous tentons dans ce qui suit d'énumérer les principaux risques de l'industrie pétrolière :

#### **2.3.2.1 Le risque géologique**

C'est le risque lié à la nature du sous-sol, c'est-à-dire à la disposition des couches souterraines. Le risque géologique porte sur l'existence d'une accumulation d'hydrocarbures (une chance de succès sur dix à l'échelle mondiale). Il y a d'abord l'épineuse question de l'évaluation des réserves, à considérer également la question de commercialité de ces accumulations, il s'agit du volume d'hydrocarbures qui dépasse un seuil minimum prédéfini. Ce volume minimum se définit comme étant le seuil d'hydrocarbures qui doit être découvert dans le prospect pour qu'il soit rentable (R. Megill, 1984). La nature et la qualité des hydrocarbures découverts présentent des facteurs très importants pour connaître leur prix sur le marché, de même pour le taux de récupération qui dépend aussi du type d'hydrocarbure ainsi que de la géologie du gisement.

Le coût de ces travaux étant élevé, notamment les coûts de forage qui couvrent une partie très importante de la structure des coûts d'exploration, les compagnies tentent d'optimiser l'information obtenue tout en minimisant les coûts.

#### **2.3.2.2 Le risque économique**

L'histoire de l'exploration et de l'exploitation pétrolière nous a maintes fois démontré les risques que présentent de telles activités<sup>1</sup>. Plusieurs variables économiques vont influencer la viabilité d'un projet : il s'agit entre autre du coût en capital et du prix des hydrocarbures.

On entend par coût en capital les coûts d'investissement nécessaire pour la mise en place initiale du projet. Des sommes très élevées sont imputées (déployées) dans les conditions de grande incertitudes quant à la valeur pétrolière réelle du terrain.

Cette valeur dépend de la probabilité de découverte et le volume des réserves probables, dont les estimations sont progressivement affinées par les études, les tests et les

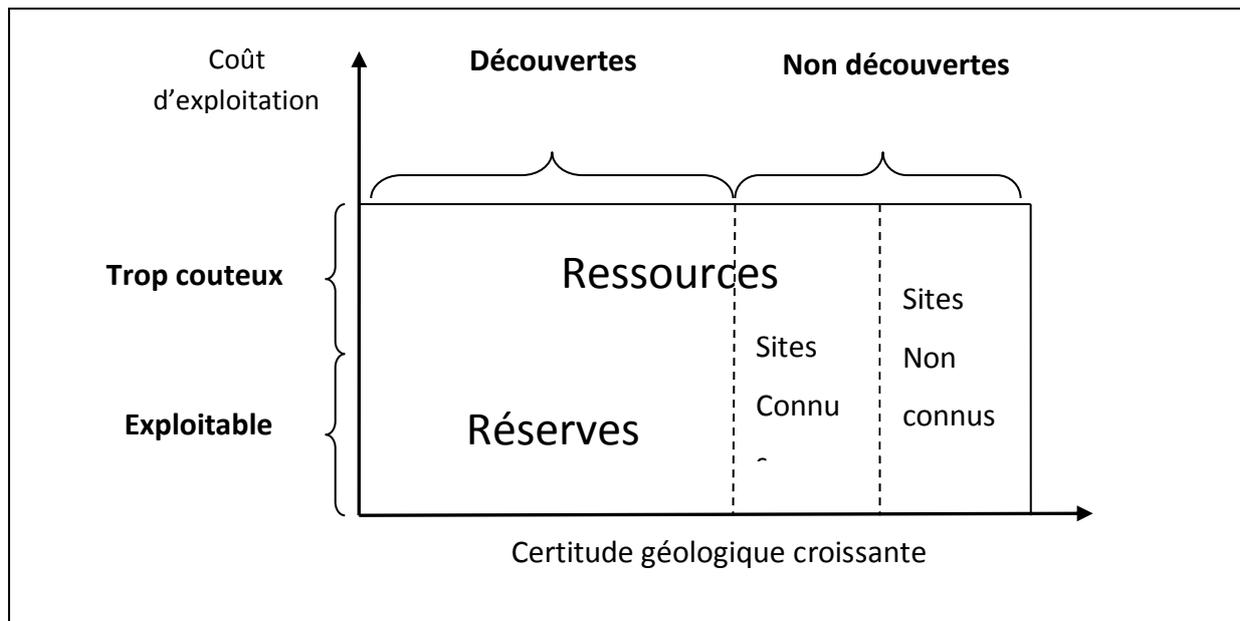
---

<sup>1</sup> [www.frq.gouv.qc.ca](http://www.frq.gouv.qc.ca)

forages d'exploitation. On appelle réserve les volumes récupérables que l'on estime pouvoir produire (réserves = volume en place x taux de récupération)<sup>1</sup>.

Ces sommes sont évaluées à partir des plans préliminaires de l'étude de faisabilité. Ce risque peut avoir une influence non négligeable sur la rentabilité du projet

**Figure n° III.02 : Relation coût d'exploitation et niveau de certitude (ressources et réserves<sup>2</sup>)**



**Source :** [http://sebastien.rouillon.pagesperso-orange.fr/cours/ecoenv/manuel\\_ecoenv\\_chap9.pdf](http://sebastien.rouillon.pagesperso-orange.fr/cours/ecoenv/manuel_ecoenv_chap9.pdf)

En phase de production, les décisions touchent l'architecture de développement, la densité des puits d'exploitation, le mode d'extraction du pétrole, l'incertitude subsiste au niveau du volume et de la qualité du pétrole des propriétés physiques et géologique du gisement, des coûts de forage et du prix du brut.

Le prix du brut est fondamental pour l'évaluation des revenus réalisés lors de l'exploitation du gisement. En effet, on peut aisément imaginer la valeur à laquelle les hydrocarbures sont échangés sur les marchés aura un impact sur les revenus des opérations ; mais la mécanique influençant les revenus n'est pas si directe. Le retour à des fréquences passées n'est plus suffisant, ainsi que les chocs pétroliers et la fluctuation à très court terme du prix de vente du brut, montrent qu'il est impossible d'en faire une estimation déterminante. Ce sont les

<sup>1</sup> Cossé R, « Le gisement », édition Technip, Paris, 1988.P07.

<sup>2</sup> Rouillon S « Manuel d'économie de l'environnement et des ressources naturelles », disponible sur le lien suivant : [http://sebastien.rouillon.pagesperso-orange.fr/cours/ecoenv/manuel\\_ecoenv\\_chap9.pdf](http://sebastien.rouillon.pagesperso-orange.fr/cours/ecoenv/manuel_ecoenv_chap9.pdf)

mouvements à long terme qui vont influencer les revenus. Il est clair que le marché pétrolier réagit uniquement sous l'effet de l'offre et de la demande, mais dépend de paramètres d'ordre politico-économique complexe.

### **2.3.2 .3 Le risque politique (pays)**

Le risque politique est associé à l'environnement humain autour des projets pétroliers. C'est un paramètre qui ne peut être passé sous silence. Les facteurs associés à ce risque :

- La stabilité fiscale : le régime fiscal peut influencer le rendement d'une opération pétrolière, il est nécessaire d'avoir un régime fiscal stable afin de garantir une assurance aux investisseurs ;
- Les relations de travail : elles constituent une source de risque plus au moins importante. Ce dernier étant difficilement quantifiable, néanmoins son impact est très important ;
- La législation : le changement législatif peut affecter l'environnement économique de l'industrie pétrolière.

### **2.3.2 .4 Le risque associé**

Ce risque est lié au partenaire choisi pour la réalisation des tâches dont il est jugé performant. Il est possible d'en trouver le contraire surtout en ce qui concerne :

- La divergence de point de vue au sein des comités techniques ;
- La différence entre les objectifs de l'Etat et les objectifs du partenaire ;
- La compétence technique insuffisante ;
- La difficulté d'assurer leur part de financement.

Lors de l'évaluation des projets de forage, les éléments de risque les plus souvent considérés sont : les risques économiques et les risques géologiques liés à l'évaluation des réserves

### **2.3.3. Le caractère spécifique de l'industrie pétrolière**

Concernant le caractère spécifique de l'industrie pétrolière, qui n'est pas une industrie comme les autres du point de vue économiste est dû à un certain nombre d'aspects dont les deux suivants<sup>1</sup> :

#### **2.3.3.1. L'exploitation d'une ressource naturelle non reproductible.**

Le pétrole appartient aux ressources naturelles non renouvelables. Cependant l'intérêt des économistes se focalise sur la fraction de ces ressources qui est techniquement et économiquement exploitable contrairement aux géologues qui s'intéressent aux réserves de l'ensemble des ressources non renouvelable.

Pour illustrer ce point nous sommes dans l'obligation de revenir sur trois concepts et montrer la distinction entre réserves prouvés, réserves probables et réserves possibles<sup>2</sup>

- **Les réserves prouvées dites 1P appelées aussi P90**

Celles-ci correspondent aux volumes ayant 90% de chance d'exister, elles ne désignent donc pas la totalité de ce qui existe sous terre, ni même ce qui finira par sortir de la manière la plus probable des réservoirs non encore épuisé mais seulement la fraction de se pétrole encore sous terre qui sortira de manière certaine ou quasi certaines des réservoirs exploités *aujourd'hui*, avec les techniques disponibles *aujourd'hui* (ou dans un futur proche et prévisible), et avec un coût d'extraction prévisible qui reste inférieur ou égal au prix de vente présent c'est-à-dire des réserves e théoriquement récupérables et économiquement exploitable.

- **Les réserves probables dites 2P (2P= prouvé + probable)**

Représentent le stock qui pourra être extrait de façon raisonnablement probable, les réserves probables sont connues avec moins de certitude soit 50% de chance d'exister (P50), soit à la valeur moyenne (P moyen) ou modale (P modal). Elles ne sont pas économiquement exploitable à l'instant en raison soit du prix d'énergie, soit des couts de production qui sont trop élevé.

---

<sup>1</sup> Baddour J, « L'industrie pétrolière mondiale : raréfaction, couts de production et surplus pétrolier », revue d'économie industrielle, numéro 86, année 1998, page 7-24.

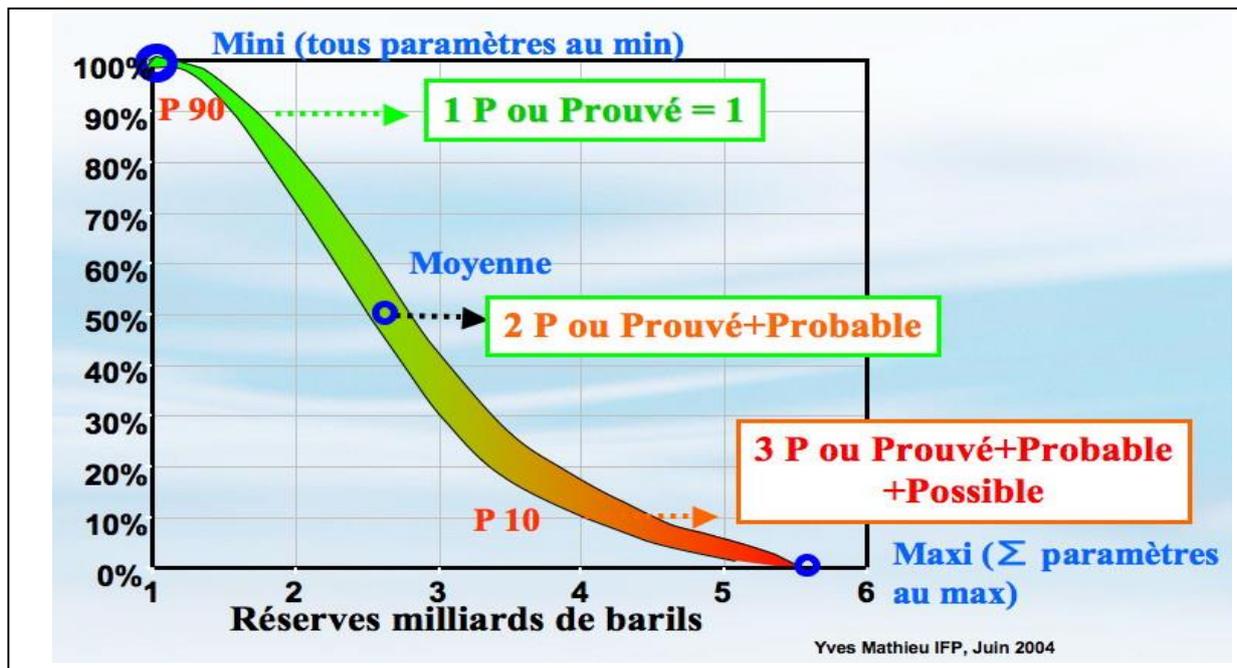
<sup>2</sup> Mathieu Y, « Le dernier siècle du pétrole ? », Édition Technip, paris, 2011.

- Les réserves possibles dites 3P (3P= prouvé + probable + possible)

Elles représentent les réserves n'ayant que 10% de chance d'exister (P10), elles englobent toutes les réserves techniquement inaccessibles et économiquement inexploitable et pour lesquelles nous disposons d'un minimum d'information. En d'autres termes, ces réserves sont la valeur maximale ou la limite supérieure qui peut être obtenue lorsque tous les paramètres sont mis à la valeur la plus favorable possible.

L'évolution des techniques de forage et de récupération, les conditions économiques font que certaines réserves probables et possibles deviennent progressivement des réserves prouvées. Dans ces conditions, on peut conclure que le volume des réserves dépend autant des facteurs économiques et techniques.

**Figure III.03 : Evolution des réserves en fonction des probabilités d'existence**



Source : Yves Mathieu, juin 2004 P14

Ce graphique illustre, sur un cas "pour l'exemple", les différentes valeurs associées aux différentes réserves pour un même gisement. En mettant tous les paramètres aux valeurs les plus défavorables, il sortira 1 milliard de barils, en les mettant tous à la valeur la plus probable, il en sortira 1,7 milliard (soit 70% de plus), et en mettant tous les paramètres à la valeur la plus optimiste possible, il en sortirait 4 milliards de barils (soit 4 fois plus !).

De là, la reproductibilité économique des ressources épuisables est possible. On parle de reproduction économique de pétrole brut que si l'augmentation de réserves prouvées du brut au cours d'une année est supérieure aux prélèvements effectués sur le stock initial.

De plus, le prix du pétrole est étroitement lié à ce concept de reproductibilité économique. En effet, ce dernier a tendance à s'aligner sur le coût marginal à long terme dans le cas où la reproduction économique est assurée. Cependant, le prix sera fonction du coût marginal d'usage (rente de rareté) supporté par le producteur dans le cas contraire, c'est-à-dire en cas d'absence de reproduction économique. Le coût marginal à long terme du pétrole est à son tour lié à la notion de reproductibilité économique, il décroît quand la reproductibilité économique est assurée et augmente tendanciellement si cette reproduction n'est pas assurée.

### **2.3.3.2. L'existence de disparités des conditions de production (des rentes différentielles considérables)**

Nombreuses rentes caractérisent le fonctionnement de l'industrie pétrolière, Chevalier (1995) : la rente différentielle et rente monopolistique.

La rente différentielle ; représente l'excédent de profit sur le profit moyen, elle recouvre :

- Des différences de coût de production ;
- Des différences de qualité entre brut et produit ;
- Des différences dans le coût de transformation tout au long de la chaîne dues à des facteurs géographiques, technologiques.

La rente monopolistique, elle se réfère au caractère non substituable de certains produits (essence), ou au pouvoir de marché de certains producteurs au sein d'une structure de marché non concurrentielle.

Les acteurs du jeu pétrolier visent l'appropriation des deux rentes sous formes de surplus pétroliers.

## **Section 3 : La prise de décision de forage : état des lieux et perspectives**

L'acheminement des hydrocarbures impose de connecter les réservoirs à la surface par des canaux reliés à des systèmes de pompage. Les compagnies pétrolières sont confrontées à une complexité croissante des forages et des opérations de production.

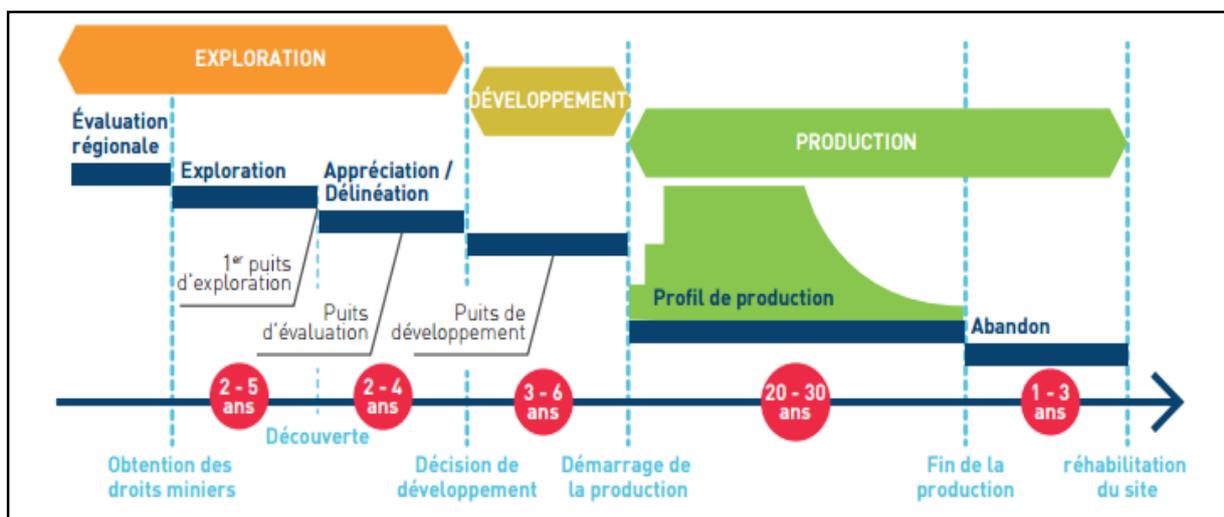
Dans la présente section nous nous pencheront sur la prise de décisions de forage. Nous nous intéresserons à la méthode de valorisation des projets de forage utilisée au sein du groupe pétrolier algérien. En second lieu nous appliquerons la théorie des options réelles à un cas de forage.

### 3.1 Le forage pétrolier

Le pétrole et gaz, deux concepts indissociables de celui du forage, celui-ci consiste à enfoncer un train de tiges dans le sous-sol. Les forages permettent de savoir si les prospects contiennent du pétrole ou du gaz, lesquelles peuvent être enfouis à des profondeurs très variables allant jusqu'à 6000 m.

La décision de forer le premier puits intervient à la fin d'un stade d'évaluation et d'étude appelé phase d'exploration. Ce processus industriel fourni, par l'interprétation de la sismique, une cartographie du sous-sol dont l'interprétation permet la définition aussi précise que possible du volume global du piège, c'est-à-dire l'espace qui pourrait contenir les hydrocarbures accumulés.

**Figure n°III.04 : Cycle de vie des champs pétrolier**



Source : <http://www.ifp-school.com/>

Le forage permet de lever ou de réduire de nombreuses incertitudes portant sur la présence ou non d'hydrocarbures, sa nature et les volumes des réserves. Néanmoins, un certain nombre d'interrogation subsistent toujours sur la forme et l'homogénéité des caractéristiques du gisement d'où la nécessité de forer plusieurs puits pour une meilleure délimitation du gisement et estimer la quantité de pétrole en place.

### **3.1.1 Les différents types de forages**

Nous évoquons brièvement dans ce qui suit les différents types de forage :

#### **3.1.1.1 Le forage d'exploration**

C'est le premier forage à effectuer pour confirmer l'existence des fluides dans la roche réservoir, puis définir la nature de ce dernier. En effet, il a pour objectif de permettre l'acquisition de données utiles pour une meilleure connaissance de la zone prospectée en vue de sa possible exploitation ce qui fait de lui un forage à usage scientifique. Dans le cas où le forage débouche sur gisement du pétrole ou du gaz celui-ci devient un puits de découverte.

#### **3.1.1.2 Le forage d'expertise ou d'appréciation**

Avant d'envisager l'exploitation, il s'agit d'évaluer la rentabilité du gisement. L'objectif d'un forage d'expertise est de préciser ou de compléter les informations fournies par le forage précédent, en procurant des renseignements sur le volume des réserves récupérables, les conditions de production et ses caractéristiques lointaines afin de prendre la décision sur son développement.

Appelés forages de délimitation, ceux-ci sont essentiels pour se prononcer sur l'intérêt du gisement et son caractère commercial.

#### **3.1.1.3 Le forage de développement**

L'objectif d'un forage de développement est d'effectuer des puits en service ou en production. Ils sont réalisés dans le cadre du plan de développement du champ et de phase d'exploitation du gisement.

### **3.1.2. La difficile décision de lancer un forage**

L'industrie pétrolière est caractérisée par une multiplicité de risques (risque naturel, risque technique, contractuel, économique, financier et politique). En effet, elle fait appel à de lourds investissements (amont et aval) rentables seulement à long terme (5 ou 6 ans pour l'huile et 10 ans pour le gaz).<sup>1</sup>

Une fois les cibles potentielles décelées, il faut passer à l'étape du forage. Et là les dépenses deviennent rapidement beaucoup plus élevées. En effet, le forage représente

---

<sup>1</sup> Breton M, « Industrie pétrolière : outils d'aides à la décision et étude de cas : actes », P 99.

l'essentiel du coût total de l'exploration. Son but est d'atteindre un objectif à un prix minimal<sup>1</sup>. Le coût d'un seul forage terrestre à 300 m peut atteindre 2 à 3 million de dollars et 15 à 30 M\$ en mer profondes ou lorsque ces cibles se trouvent dans des zones inhospitalières<sup>2</sup>.

Lorsque le processus de forage est couronné par une découverte d'hydrocarbure exploitable, cet investissement est remboursé par la production de pétrole et de gaz. Dans le cas échéant où aucune réserve exploitable n'est révélée, la compagnie perd l'argent investi. Une campagne de prospection nécessite au minimum 5 à 6 puits et le tout peut se solder par un échec.

C'est pourquoi la décision de forer nécessite une étude économique complète<sup>3</sup>. De nombreuses études techniques et économiques sur le potentiel du « prospect » sont donc menées avant d'engager les travaux. L'estimation des volumes d'hydrocarbures qui pourront être récupérés (fourchette ; valeur minimale/ valeur maximale) permet de faire des simulations de l'exploitation du gisement sur sa durée de vie. Les économistes estiment les revenus de cette simulation et calculent la valeur économique du gisement potentiel en intégrant le prix du baril de pétrole, les conditions fiscales dans le pays concerné, etc. Si cette simulation est négative, le prospect ne sera pas foré.

### **3.2. La décision de forage au sein de la sonatrach**

La décision de forage au sein du groupe pétrolier algérien ne déroge pas à la règle. Celui-ci, conscient de l'envergure d'une telle étape, soit en matière d'investissement soit en matière de conséquences sur la trajectoire du projet (décisive) (voir annexe), lui accorde une importance cruciale et y consacre beaucoup d'attention. La décision de forage est loin d'être arbitraire mais la résultante d'un long processus d'étude.

Tel le souligne la *figure III.04*, l'exploration n'est que la première étape d'un processus composé de trois différentes étapes. A savoir : l'exploration, le développement et la production. celui-ci est caractérisé par les trois paramètres précédemment évoqués (section 2), à savoir :

---

<sup>1</sup> Choquin A, « Paramètres, et contrôle du forage », édition Technip, 1982. P 23

<sup>2</sup> De la tour X, (2004). Op cit.P46.

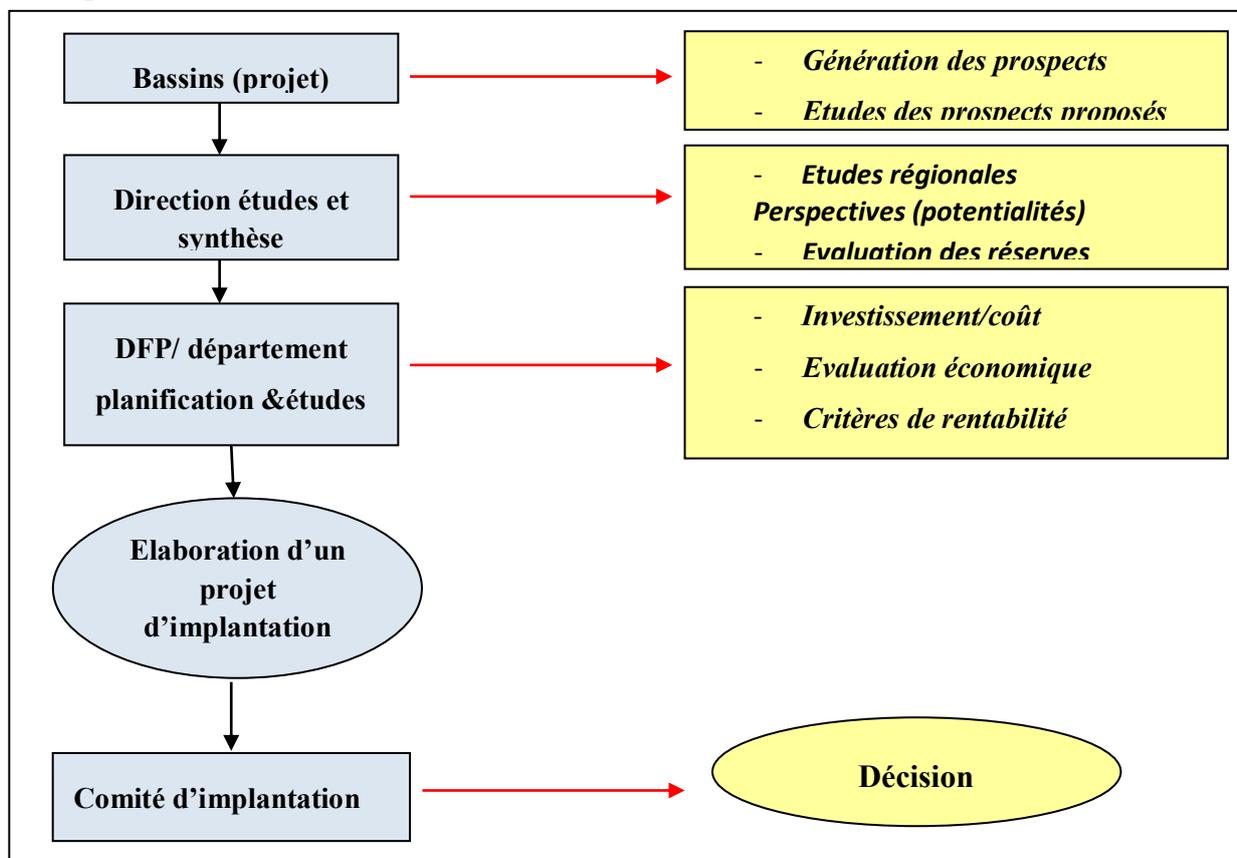
<sup>3</sup> <http://www.planete-energies.com/>

- La mise de l'investissement : il est lié aux deux premières phases quant au retour sur investissement intervient qu'au cours de la dernière phase (production) ;
- Le risque : celui-ci se manifeste sous différents types (voir section 2) exerce une influence sur la trajectoire des projets ;
- l'enjeu : il est lié non seulement à la découverte mais à la valeur commerciale de celle-ci.

Aujourd'hui la notion de prise de décision a tendance à être de plus en plus formalisé. La figure suivante montre le cheminement que suit l'entreprise algérienne des hydrocarbures pour la prise de décision de forage. Il s'agit d'une succession d'étapes élémentaires pour assurer une meilleure adéquation à la stratégie de l'entreprise et optimisation de la décision.

Pour ce qui est de notre travail, il se focalise sur la troisième étape de la *figure III.05* les études portant sur l'évaluation économique des prospects d'exploration pour la prise de décision concernant des éventuelles implantations des puits de forage.

**Figure n° III.05 : Processus de prise de décision d'implantation d'un prospect d'exploration**



Source : documents de la sonatrach

Un forage est un ouvrage complexe. Au cours de ce qui suit nous nous penchons sur la procédure d'étude de faisabilité d'un forage d'exploration. Nous allons passer en revue la procédure de valorisation des prospects pétroliers.

### **3.2.1 La procédure étude technico économique**

L'aide à la décision présente, à nos jours, un instrument essentiel pour la gestion des entreprises et également dans tous les domaines différents tel que le domaine pétrolier. Une bonne prise de décision ne se fait pas sans l'utilisation des outils d'aide à la prise de décision. La sonatrach, pour mener ses études d'évaluations économiques, utilise un ensemble de critères. Avant de relater ces derniers il s'avère, à notre sens, plus pertinent d'évoquer en premier lieu les dispositions fiscales du cadre législatif qui ont marqué la procédure.

- **Les dispositions fiscales**

Le modèle économique a été élaboré selon les dispositions fiscales du cadre législatif en vigueur de la loi 05-07. Celle-ci impose une fiscalité très complexe, très diverses et compte de nombreuse particularités pour l'industrie pétrolière. En effet, l'importance de l'intensité capitalistique de la recherche pétrolière, évoquée précédemment (section 2), a irrigué la spécificité de son système d'imposition.

Une société pétrolière effectue quatre sortes de versement à l'Etat, à savoir :

- **Taxe superficière**

C'est le paiement fait au propriétaire du sous-sol en contre partie d'un droit d'exploiter un gisement. Cette taxe est calculée sur la base de la superficie du périmètre d'exploration à la date de l'échéance annuelle. Elle est versée au trésor et elle est en dehors de toute notion de bénéfice. Le montant à payer diffère selon les zones et les périodes de recherche et d'exploitation, ils varient de 4000 à 16000DA par Km<sup>2</sup> en période de recherche et de 16000 à 32000 DA par Km<sup>2</sup> en période d'exploitation.

- **Taxe sur le revenu pétrolier**

Cette taxe est payable mensuellement par la Sonatrach. Elle est égale au produit de la valeur de production par le taux de la TRP.

- **Impôt complémentaire sur le résultat**

Impôt complémentaire sur le résultat (ICR) s'applique aux résultats réalisés par le participant sur les contrats de recherche et d'exploitation.

- **La redevance**

La redevance est un vieil impôt pétrolier<sup>1</sup>. Elle est assise sur la production et intervient qu'après la découverte du gisement. La redevance est due à partir du moment où le pétrole est sorti de la terre, son montant est calculé chaque mois et est égal à la somme des valeurs de chaque tranche de production multipliée par le taux de redevance applicable à la dite tranche. En effet, la loi 05-07 a élargi le spectre des taux variables retenus selon, non seulement les zones qui sont désormais A, B, C, D mais également selon les niveaux de production par jour (les taux de redevance varient entre 5,5 à 23%). la redevance est déductible du calcul de l'ICR et de la TRP.

Le décideur opère le choix en matière de stratégie d'investissement en se basant sur deux types d'analyse : analyse technique et analyse économique.

L'étude technique consiste en toutes les méthodes et procédures permettant d'analyser le risque, le quantifier ou l'estimer. Les techniques les plus utilisées pour estimer le risque exploratoire sont principalement la simulation de Monte Carlo et l'arbre de décision.

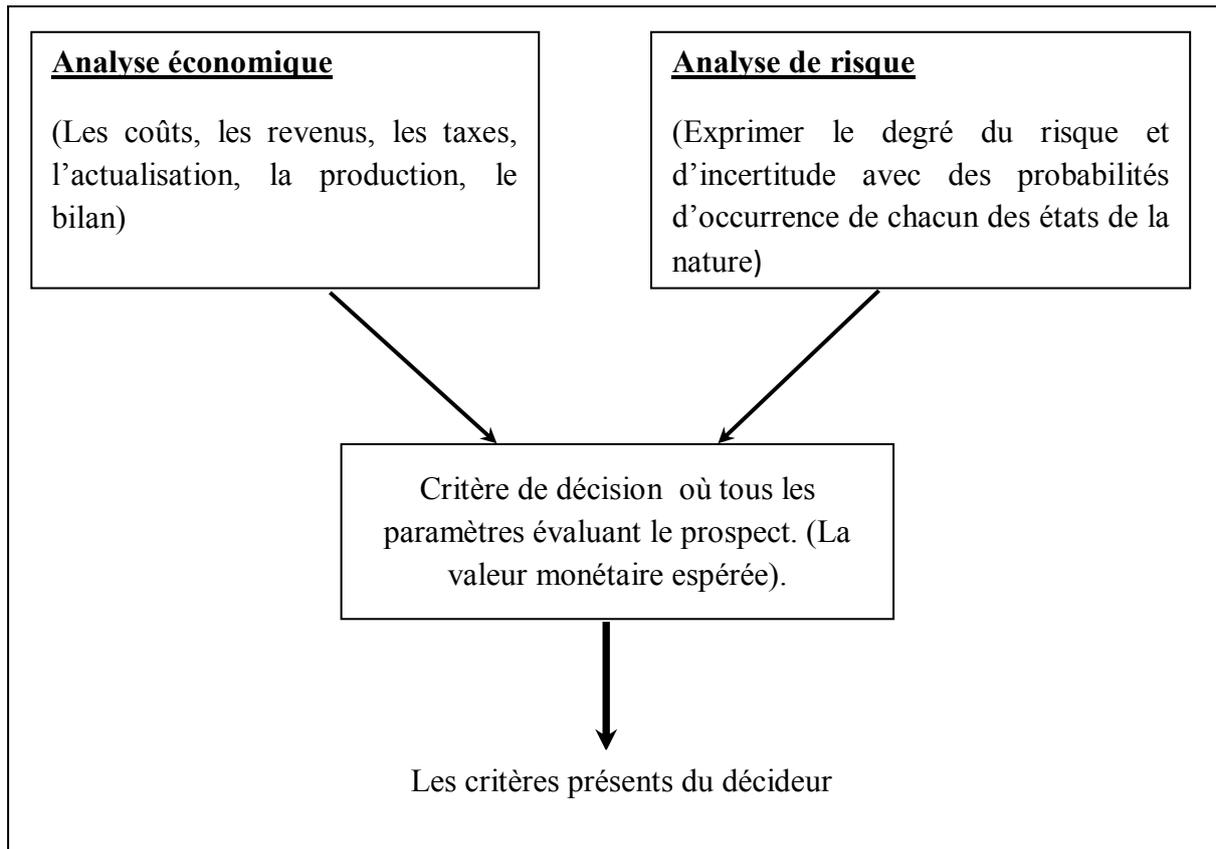
L'étude économique contribue dans l'évaluation de la rentabilité du projet d'investissement en procédant par deux méthodes : approche déterministe et l'approche probabiliste.

La démarche est illustrée par la figure qui suit :

---

<sup>1</sup> Benchikh M, « La nouvelle loi pétrolière algérienne : direction publique et économie de marché », revue l'année du Maghreb, numéro II, 2007.

**Figure n°III.06: l'image générale d'analyse de la décision de forage des prospects**



Source : document de sonatrach

### 3.2.1 Les critères économiques

Les critères économiques utilisés pour prendre une décision sont:

#### 3.2.1.1 L'approche déterministe

La modélisation déterministe représente les relations fonctionnelles qui existent entre les divers éléments d'un problème (décisions, paramètres et conséquences). Elle permet d'évaluer les conséquences d'intérêt dès lors qu'on a spécifié des valeurs pour toutes les décisions et tous les événements incertains.

Cet ensemble de valeurs défini sous forme de scénario, constitue l'intrant d'un modèle déterministe et les indicateurs mesurant les conséquences en constituent l'extrait.

Un scénario est une combinaison cohérente de valeurs des variables<sup>1</sup> et l'analyse de scénarios part du constat que les variables d'un projet ne sont pas indépendantes. Celles-ci, ou les intrants de l'approche sont des estimations, des prévisions (prix de brut) ou encore des bases de données (coûts d'investissement).

<sup>1</sup> Farber A et al, « Finance », édition Pearson, 2 eme édition, 2009. P 229.

L'approche déterministe consiste à déterminer les indicateurs économiques du projet, à savoir :

- La valeur actuelle nette (VAN)  
C'est le cumul des cash-flows actualisés
- Le taux de rentabilité interne (TRI)  
C'est la Valeur du taux d'actualisation qui annule la VAN.
- Délai de récupération  
C'est le temps nécessaire à la récupération des investissements engagés. Il mesure également la durée d'exposition des mises de fonds.
- Les seuils de rentabilité minimums :
  - Le prix minimum pour lequel la valeur actuelle nette s'annule (VAN=0)
  - Le volume minimum des ressources pour lequel la valeur actuelle nette s'annule (VAN=0).

#### **3.2.1.2 L'approche probabiliste**

Une probabilité étant une valeur numérique qui mesure un événement incertain selon la vraisemblance de sa réalisation<sup>1</sup>. L'évaluation du risque associé à un projet se précise généralement en estimant les probabilités de réalisation de divers événements possibles. L'approche probabiliste permet essentiellement de quantifier des événements possibles pour essayer d'analyser le risque dans le but de prendre une décision.

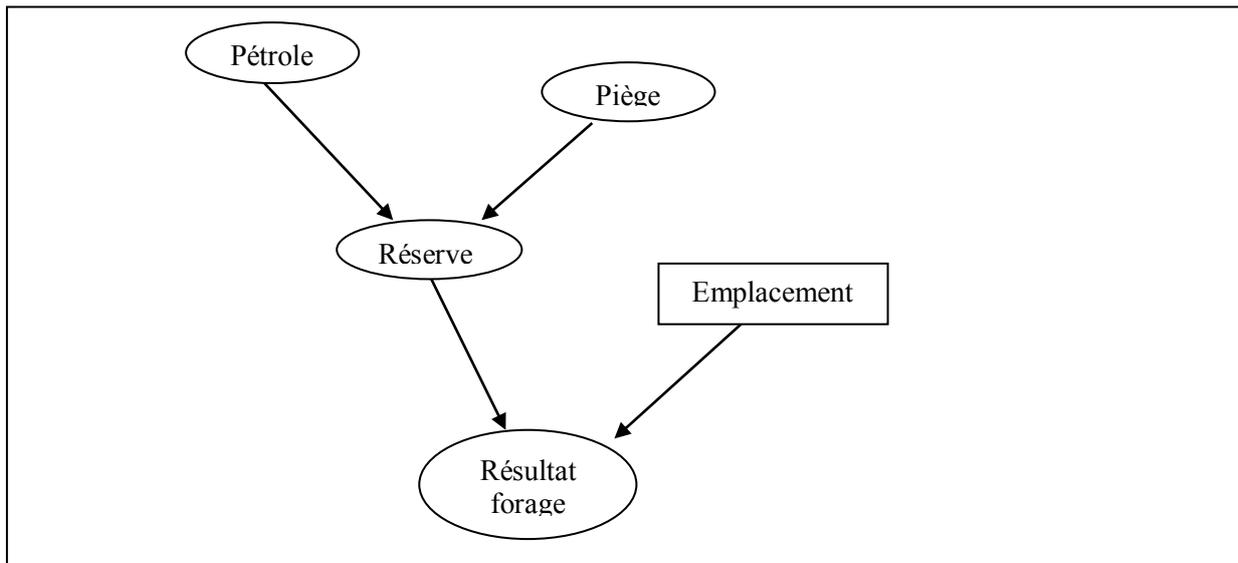
La probabilité de succès est un moyen de mesurer le risque géologique. Pour ce type de problème, les probabilités sont presque subjectives. C'est la probabilité d'existence d'hydrocarbures, en tenant compte d'un certain nombre de paramètres comme l'existence d'une géométrie favorable, l'existence de la roche mère, réservoir, couverture et du type de piège et la possibilité que les hydrocarbures générés puissent venir remplir la structure<sup>2</sup>. Elle peut changer avec la réalisation de certains autres événements subséquents. La figure qui suit représente les relations de dépendance au niveau des probabilités.

---

<sup>1</sup> Breton M, Zaccour G, « Industrie pétrolière, outils d'aide à la décision et d'étude de cas », édition Technip, Paris, 1993.P07.

<sup>2</sup> <http://fr.slideshare.net/francecours/ptroleb2-m> consulté Mars 2016.

**Figure III.07: Diagramme d'influence**



**Source :** Breton M, Zaccour G, « Industrie pétrolière, outils d'aide à la décision et d'étude de cas », édition Technip, Paris ,1993 p08.

En matière d'approche déterministe, la sonatrach introduit le facteur risque dans le calcul des indicateurs économiques qui suit :

- **Valeur monétaire espérée du projet (EMV)**

La valeur monétaire espérée est définie comme étant l'espérance mathématique associée aux possibilités de succès et d'échec :

$$EMV = P_s * VAN + (1 - P_s) * (-I)$$

La décision d'investir dans l'exploration sera déterminée par cette valeur (EMV), qui doit être positive.

- **Les seuils de rentabilité minimum**

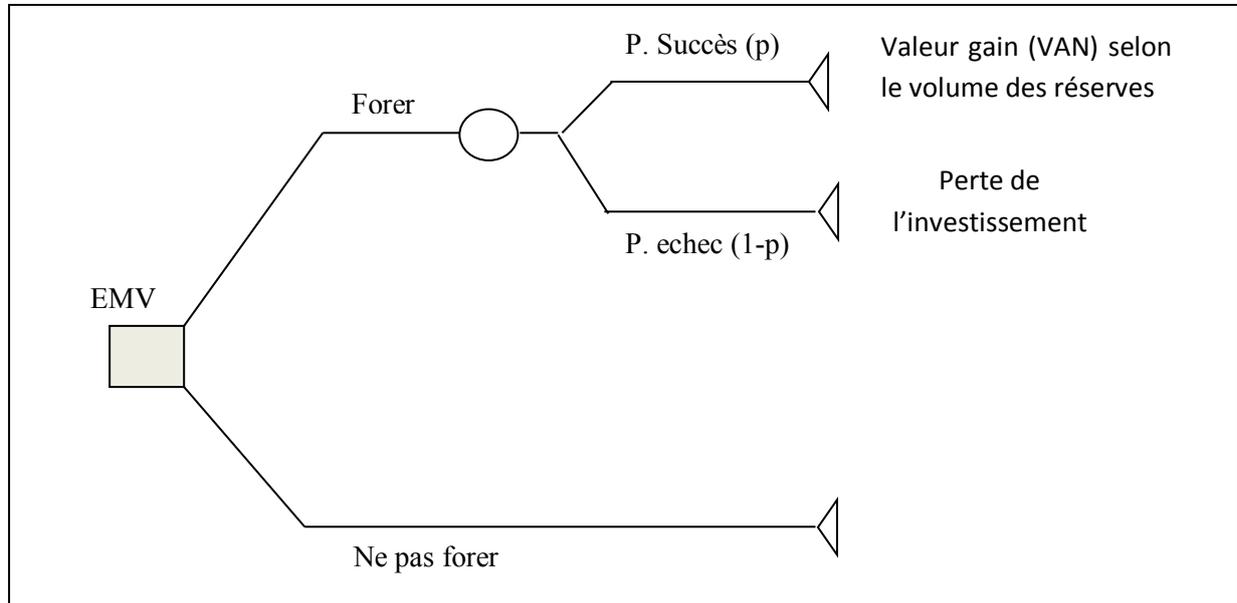
Le seuil de rentabilité est atteint quand on obtient un résultat nul entre les ventes et le coût de production. Selon l'approche probabiliste, les seuils de rentabilité minimum s'expriment par les valeurs suivantes :

- Le prix minimum pour lequel la valeur monétaire espérée s'annule (EMV=0)
- Le volume minimum des ressources pour lequel la valeur monétaire espérée s'annule (EMV=0).

Au terme des études, on passe à une représentation chronologique en constituant l'arbre de décision. Il s'agit de représenter l'ensemble des scénarios envisageables au cours

de l'horizon. C'est une représentation explicative de toutes les étapes et de toutes les options de décision (très efficace pour la communication entre les différents participants à la prise de décision).

**Figure n° III. 08 : L'arbre de décision du prospecteur**



*Source* : document de la Sonatrach

En premier lieu, il consiste à évaluer les conséquences pour tous les chemins de l'arbre. La seconde étape résume le processus de décision en une séquence de choix à partir de la fin de l'horizon, où et pour chaque étape, l'ensemble des décisions et des événements à venir est agrégé en un seul critère.

Au terme de la procédure, Les résultats économiques obtenus permettront aux managers :

- D'apprécier la rentabilité économique du projet ;
- D'accepter ou de reporter le prospect proposé pour être foré;
- Décider de développer ou non les découvertes antérieures.

### **3.2.2. Résultats des évaluations des projets**

Les prospects pétroliers sont évalués sous différents volets, à savoir : le volet développement, volet exploitation et le volet économique.

En se basant sur les données techniques fournies par la division exploration, les profils de production établis par la division petroleum engineering development (PED) et les montants d'investissement de développement émanant de la division engineering

construction (ENC), le département planification procède à l'évaluation l'étude sous le volet économique.

Les hypothèses technico- économiques utilisées se résume aux valeurs suivantes :

- Taux d'actualisation 10%
- Année de base 2009
- Prix de base du brut : 40 \$us/bbl.
- Taux d'inflation des prix 0 %
- Taux d'inflation des Opex & Capex 0 %
- Fiscalité : selon les dispositions de la loi 05-07.

Sur la base des hypothèses technico-économiques considérées, l'étude a abouti aux résultats suivants selon les deux approches suivantes :

### 3.2.2.1 L'approche déterministe

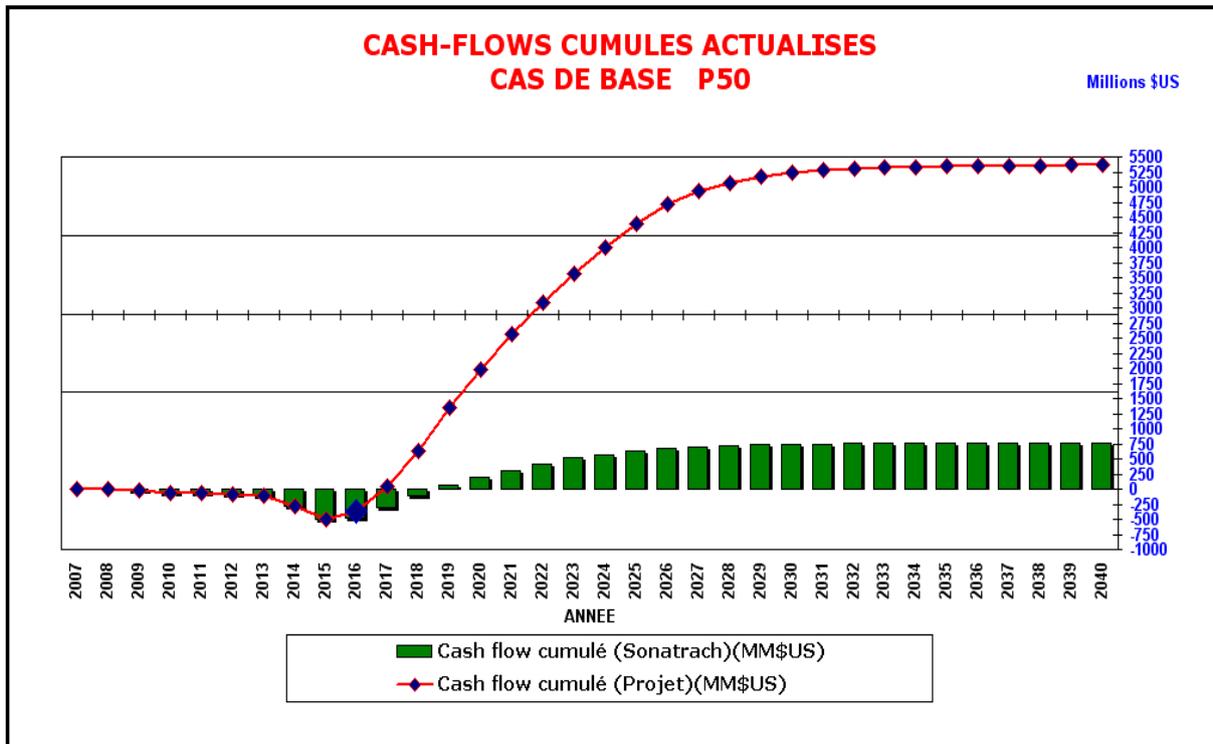
La figure qui suit illustre les résultats économiques du projet, les variations de la valeur actuelle nette (MMUS\$) en fonction du taux d'actualisation. Les répercussions du projet en matière de création de valeur pour la Sonatrach et l'Etat.

**Figure n°III.9 : les résultats économiques**

RESULTATS ECONOMIQUES														
Variation de la Valeur Actuelle Nette (MMUS\$)														
SONATRACH en fonction du taux d'Actualisation														
	CAS P90	CAS P50	CAS P10		Unité	Indicateurs Economiques								
						Projet			Sonatrach			Etat		
						P90	P50	P10	P90	P50	P10	P90	P50	P10
0%	2 566	3 338	4 618	VAN(@10%)	MM\$	3 796	5 365	7 916	573	764	1 087	3 223	4 601	6 829
5%	1 216	1 591	2 215	TRI	%	50%	56%	63%	25%	27%	29%			
10%	573	764	1 087	Payout Time (Année/Mois)	Année/Mois	9,1	10,9	10,6	10,8	12,6	12,4			
12%	418	565	811	ERC @ 10%	MM\$/MM\$	7,1	8,8	11,0	1,1	1,2	1,5			
15%	251	351	518	Exposition Financière (@ 10%)	MM\$	-445	-503	-582	-447	-505	-584			
20%	84	138	225	Limite Economique		pas de limite économique			à partir de			2009		
25%	-3	26	69											
COUTS UNITAIRES CAS P50														
Coût de découverte	(\$/BOE)	0,2												
Coût de développement	(\$/BOE)	1,5												
Coût Opérateur	(\$/BOE)	1,5												
Coût Technique	(\$/BOE)	3,2												

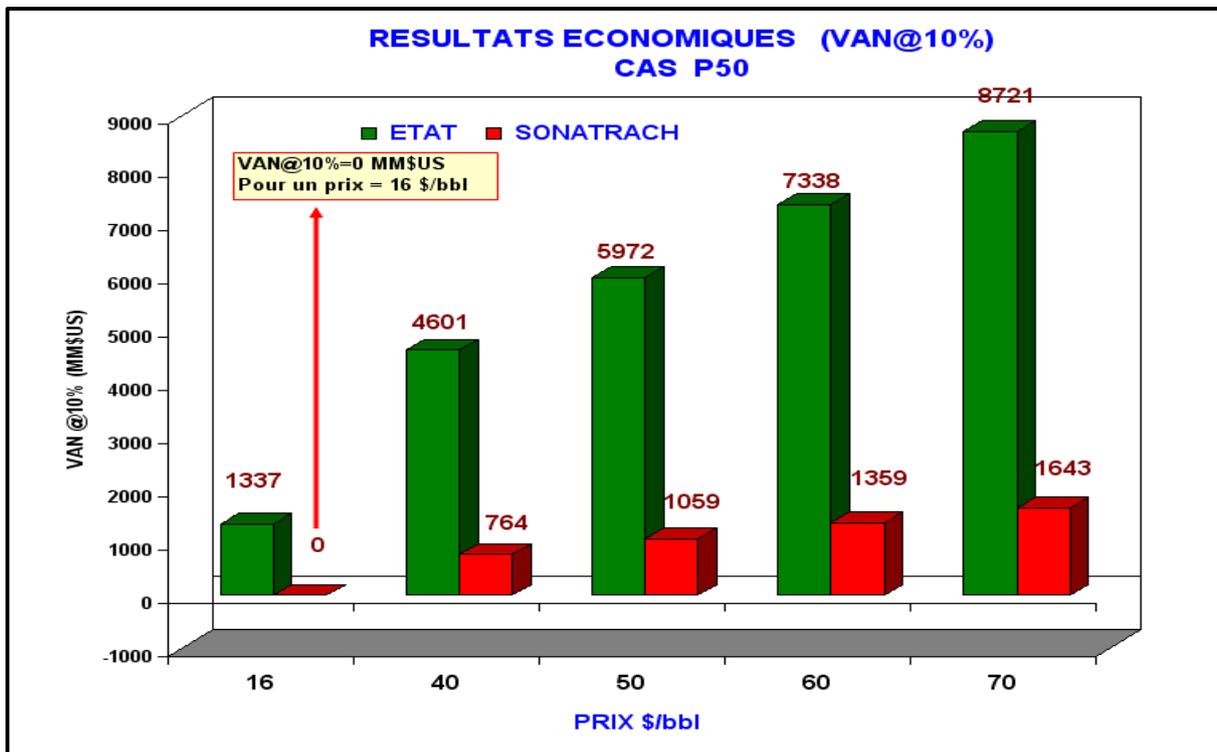
Les cash- flows cumulés du projet et ceux de la Sonatrach sont représentés dans la figure suivante.

**Figure n° III.10 : les cash- flows cumulés**



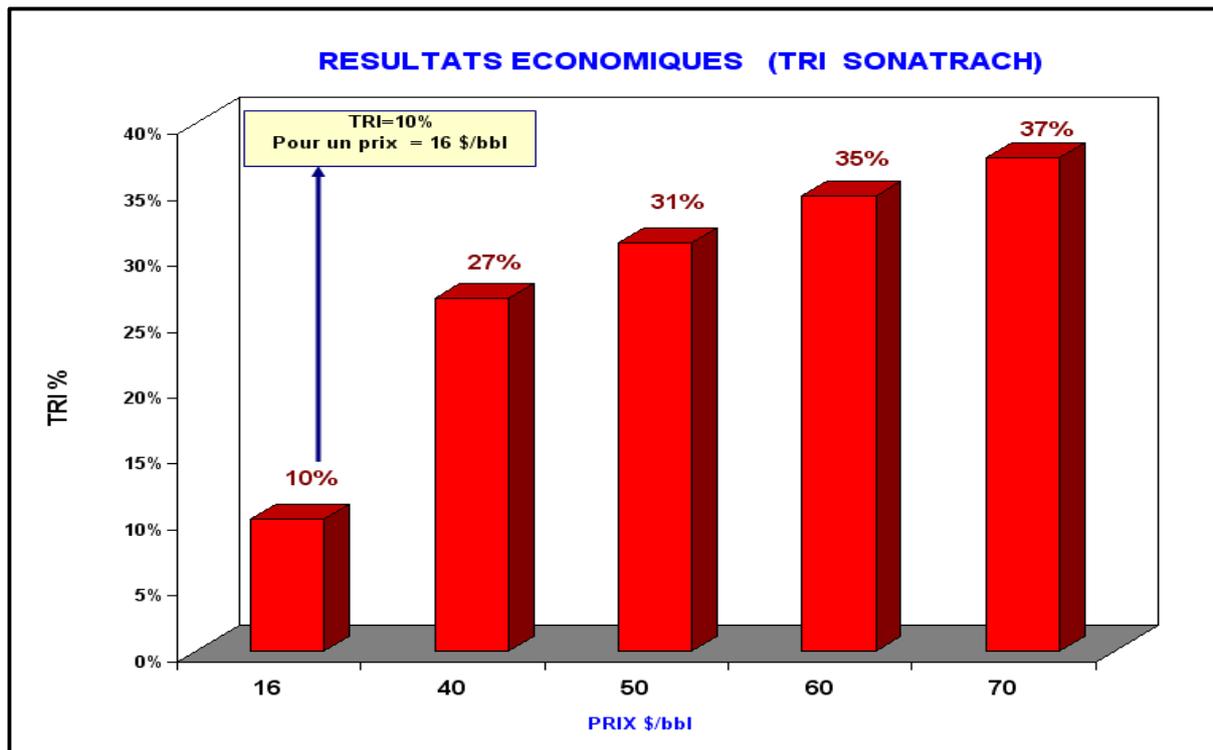
Source : documents fournis par l'organisme d'accueil

**Figure n° III. 11 : les résultats économiques (VAN)**



Source : documents fournis par l'organisme d'accueil

**Figure n° III. 12 : les résultats économiques (TRI Sonatrach)**



**Source :** documents fournis par l'organisme d'accueil

### 3.2.2.2 L'approche probabiliste

L'analyse des résultats économiques selon cette approche est basée sur le cas des réserves P90, P50 et P10. Elle se présente comme suit :

A partir des hypothèses de travail retenues, les managers élabore à l'aide d'un logiciel l'arbre sur lequel sont exposés les différents cas de figures et de la trajectoire que peut prendre un prospect pétrolier. Ce logiciel permet l'utilisation de modèle défini sur chiffrier et effectuent le remplacement systématique des valeurs des paramètres selon les scénarios définis dans l'arbre.

En première étape d'évaluation de l'arbre, il consiste à remplacer la séquence de chaque chemin, dans notre cas, deux scénarios sont admissible en premier lieu, ils sont lié aux possibilités de forer et de ne pas forer et d'en évaluer les conséquences.

La deuxième étape consiste à se focaliser sur les conséquences du forage en faisant des estimations des probabilités de succès, des quantités et du cas échéant l'échec et déduire la valeur de l'objectif pour chacune de ces combinaisons.

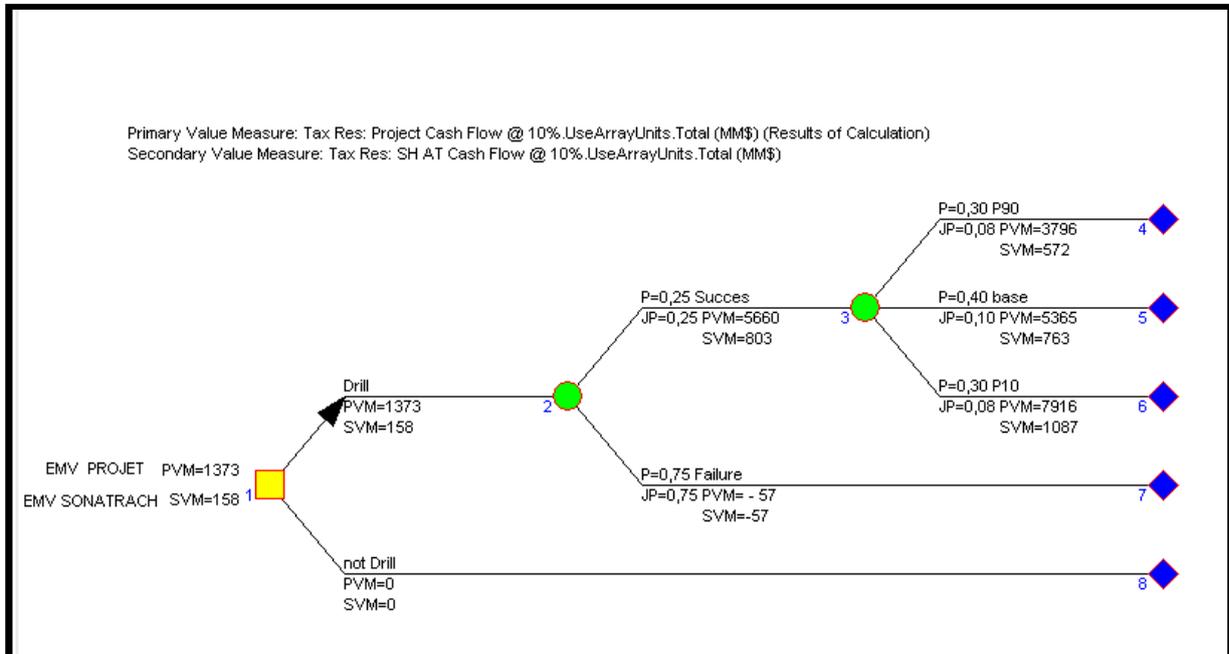
L'analyse de scénarios permet d'affiner la modélisation de l'incertitude en se concentrant sur ses éléments les plus essentiels.

### Chapitre III: L'applicabilité de l'évaluation par les options réelles (Cas Sonatrach)

L'étude économique dans l'incertain effectuée sur la base d'une probabilité de succès 0,25 dégage les résultats suivants :

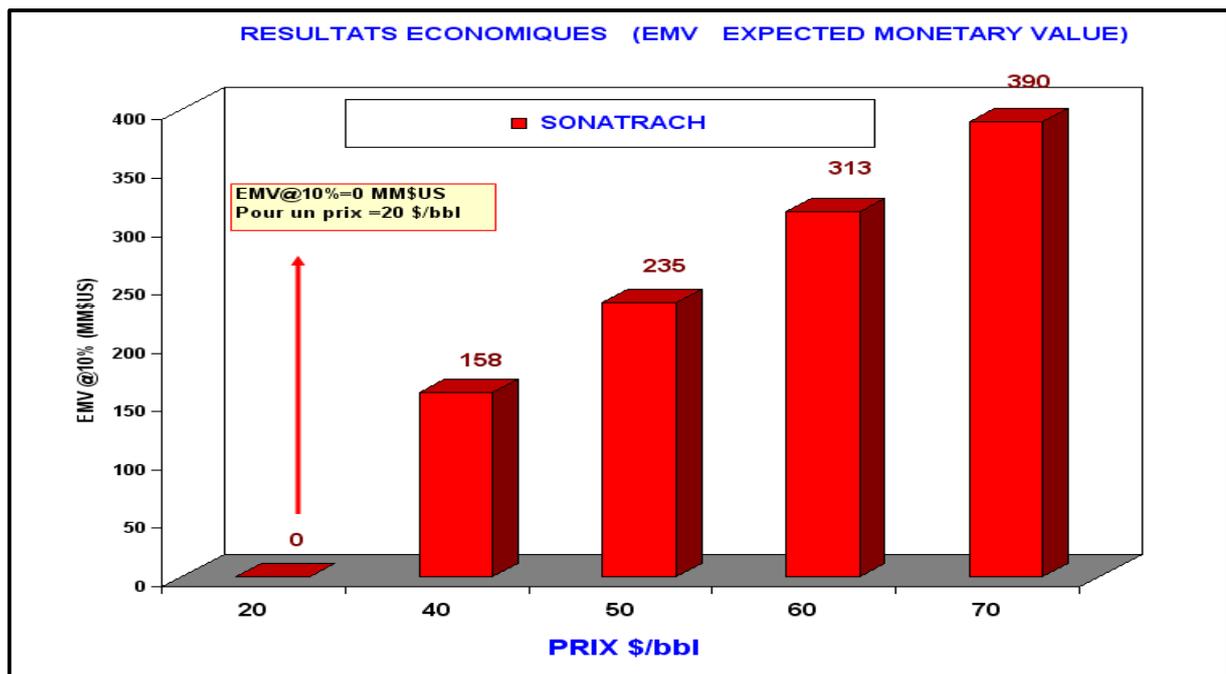
La valeur monétaire espérée du projet (EMV) est de l'ordre de 1373 MM\$US. pour Sonatrach, la valeur monétaire espérée est de 158 MM\$US.

Figure n° III.13 : Valeur monétaire espérée " Sonatrach"



Les ressources en place économique minimales espérées (EMV =0) sont de l'ordre de 93 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> dont 19 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> récupérables. Elle est égale à 0 lorsque le du prix brut est égale à 20 \$/bbl.

Figure n° III.14: Resultats économiques (EMV Expected monetary value)



Les projets d'investissement à long terme comportent souvent une grosse part d'incertitude, les cash-flows prévisionnels « ex ante » sont rarement identiques aux cash-flows réels « ex post ». Les décideurs ont tendance à ajuster leur projet tant bien même leur stratégie d'investissement de manière à tenir compte des informations nouvelles et la résolution des paramètres d'incertitudes. Par une simple analyse statique de la valeur actuelle nette, les évaluations ne refléteront non pas seulement la valeur de la flexibilité, mais l'entreprise risque également de faire le mauvais choix entre les différents projets d'autant plus si ces derniers diffèrent en matière de flexibilité.

Le point suivant mettra en évidence la méthode d'évaluation par les options réelles en se basant sur l'étude faite sur la prise de décision de forage.

### **3.3. L'évaluation des prospects pétroliers par les options réelles**

Les décisions stratégiques impliquent des coûts élevés et comportent une grosse part d'incertitude. De même pour la décision de forage, l'essentiel des coûts d'un programme d'exploration est constitué par les coûts de forages. Les options réelles sous-entendent l'évaluation explicite d'opportunités liées à la modification d'une décision suite au changement des circonstances. Dans ce qui suit, nous montrons l'apport, l'intérêt et la portée de la théorie des options réelles lorsqu'elle est appliquée à la valorisation d'un gisement pétrolier.

#### **3.3.1. La notion du risque lors de l'évaluation d'un projet pétrolier**

Un risque est un événement ou une situation susceptible de se produire et qui pourrait avoir un impact positif ou négatif sur le projet.<sup>1</sup>Le risque est génériquement une mesure de la variabilité des résultats, sa gestion exige l'adoption de mesures financières, technologiques et organisationnelles.

« Mieux connaître le risque, c'est mieux se prémunir contre ses conséquences éventuelles » (jean Charles Dubois)<sup>2</sup> ; hélas cette situation n'est réalisable dans l'absolu, certains risque sont aléatoires et ne peuvent être prédit même avec les meilleures précautions, le mieux serait de miser sur la vigilance et d'être à l'écoute des nouvelles informations et conjonctures pour saisir les opportunités qui peuvent germer. L'art d'évaluation des options réelles consiste à modéliser efficacement l'incertitude et à servir de bon outil d'estimation de la valeur.

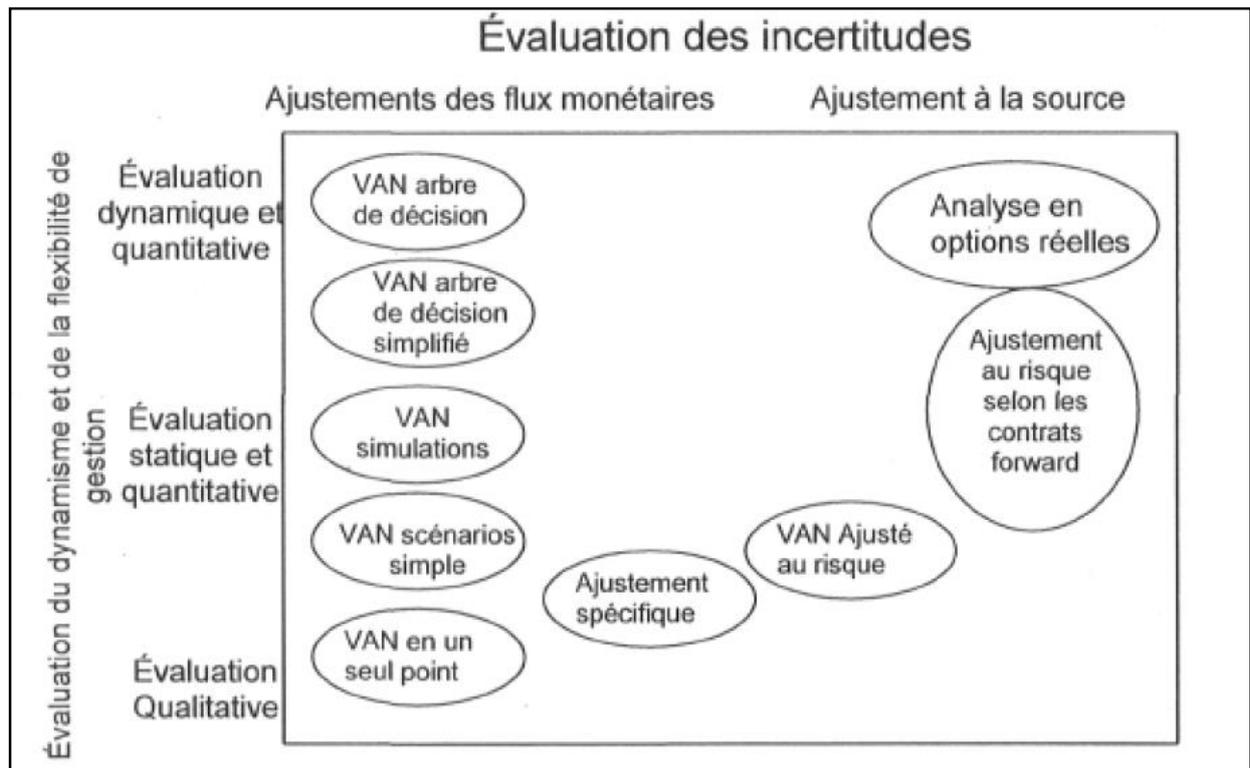
---

<sup>1</sup> Project management institute 2000

<sup>2</sup> Corriveau G, « Faisabilité de projets », Presses de l'université du Québec, 2012.P62.

La figure qui suit nous présente un diagramme décrivant la transition d'un contexte de certitude vers une évaluation dans un contexte dynamique. En bas du diagramme, on retrouve les modèles qui ne prennent pas en compte les incertitudes comme la VAN en un seul point. La partie gauche du diagramme inclut les modèles qui appliquent l'ajustement face au risque aux flux monétaires comme la VAN. Enfin, la partie droite représente les méthodes qui appliquent les ajustements face au risque.

**Figure n° III.15 : Les modèles d'évaluation de la rentabilité des projets**



Source : Allard S, (2007)

Ce basculement est très significatif dans l'industrie pétrolière. Elle s'inscrit dans un univers de forte incertitude et c'est dans ce contexte que se définit l'approche des options réelles.

### 3.3.2. Passage d'une décision de forage vers les options réelles

L'évaluation financière d'un projet pétrolier constitue un problème important pour une société pétrolière qui fait des investissements impliquant un engagement de capital, de main d'œuvre et de technologie. Le secteur pétrolier a fait l'objet de plusieurs études en ce qui a trait à l'utilisation de l'approche des options réelles. En effet, Paddock, Siegel et Smith (1988) <sup>1</sup> ont mené une étude pour examiner empiriquement la théorie des options réelles, basé sur un

<sup>1</sup> Abaoub E, Ben Said H, « evaluation of an option to defer: case of Tunisian Oil Reserve », University of Tunis 2008.

échantillon de 21 champs pétroliers. Ils concluent que les résultats trouvés sont fortement corrélés avec les valeurs réelles sur le marché.

En raison de la forte volatilité des prix de l'énergie (pétrole, gaz naturel, électricité) et du caractère optionnel de plusieurs actifs produisant ou utilisant de l'énergie (stockage, génératrices de pointe, etc.), la «valorisation options réelles» (VOR) intéresse de plus en plus les décideurs de l'industrie énergétique. En effet, Tourinho (1979) était le premier qui a appliqué la théorie des options réelles à l'évaluation des ressources naturelles et Cortazar & Schwartz (1998) développent un modèle d'option permettant de valoriser un gisement d'option non développé, et de déterminer la date optimale d'investissement.

Le projet pétrolier est un projet séquentiel qui intègre un portefeuille d'option. La phase d'exploration est décrite comme une option de payer les dépenses d'exploration et recevoir les réserves non développées.

Ce caractère de séquentialité est associé aux plusieurs phases successives d'investissement (l'exploration, le développement des champs et l'extraction proprement dite) entreprises dans le but de mise en valeur de la ressource pétrolière. Chacune de ces séquences permet d'améliorer l'information relative au niveau et à la qualité des réserves. Une information favorable incite à poursuivre l'investissement et l'inverse pour une information défavorable.

De plus le forage est un investissement irréversible, une fois les ressources ont été déployé il est plus possible de revenir sur la décision et récupérer les dépenses d'investissement. Comme l'opération de forage est régie d'une grande prise de risque, l'enjeu associé à la possibilité de reporter s'en trouve accrue. La flexibilité du timing est analogue à celle d'une option d'achat en ce qui concerne le rendement du gisement.

La prise de décision de forage peut donc s'apparenter à l'achat d'un *call*, c'est-à-dire à la possibilité (mais pas à l'obligation) de réaliser un investissement. Comme la décision de forage peut être prise à n'importe quelle date, l'option étudiée est de type américain. L'option réelle est valorisable car elle fournit aux décideurs la flexibilité de prendre avantage des opportunités dans l'ordre d'augmenter les profits ou de diminuer les pertes.

#### **3.3.3. Notre cadre d'analyse**

Nous définissons d'abord le cadre dans lequel s'inscrit notre étude.

### **3.3.3.1. Source d'incertitude**

Nous retenons pour notre cas le prix du pétrole brut comme le facteur sous-jacent affectant la valeur de l'actif dérivé. Il est supposé qu'une seule source d'incertitude exogène affecte la valeur du projet. En effet, nous allons ignorer l'incertitude technique relative à la quantité des hydrocarbures existants dans le réservoir et supposer que les réserves, les coûts d'extractions et les coûts de développement connus.

Le prix du pétrole affecte donc de façon cruciale la décision d'investissement. La source d'incertitude est un facteur exogène sur lequel l'opérateur n'a aucun pouvoir d'action. Néanmoins, une attention particulière est accordée à la représentation de l'évolution de ce prix dans le temps.

### **3.3.3.2. Flexibilité managériale**

La source d'incertitude retenue pour notre étude est l'évolution du cours du pétrole. La compagnie pétrolière a la possibilité de reporter le développement du gisement dans le cas où le cours du pétrole est trop bas. Malgré que la détention d'un gisement pétrolier est synonyme de plusieurs options selon la phase sur la chaîne pétrolière seule l'option de reporter la décision de forage d'un gisement est prise en considération.

L'option de report est la plus simple des options réelles. Elle représente la possibilité offerte à un opérateur de différer son investissement, dans le but de collecter de nouvelles informations. Celle-ci, dans notre cas, concerne la variation favorable du cours du sous-jacent (prix du pétrole brute). De plus la valorisation d'un projet comportant plusieurs options devient délicate et peut faire l'objet d'un autre travail de recherche.

Il est donc possible d'utiliser les techniques d'évaluation du prix des options pour évaluer l'option et déterminer la valeur d'un gisement de pétrole, puis décider s'il faut exercer l'option et quand.

### **3.3.4. Evaluation de l'option**

La valeur des options réelles peuvent contribuer significativement à l'amélioration de la valeur totale de l'opportunité d'investissement. L'évaluation des projets pétroliers est particulièrement difficile à cause du degré élevé de l'incertitude des quantités de l'output. Pour notre cas nous avons adopté des hypothèses simplificatrices tel mentionné plus haut (réserves connus et homogènes, coûts connus) en matière d'évaluation nous avons approché,

d'après la conjoncture de prise de décision au sein de la sonatrach, pour procéder à évaluer l'option de report avec la méthode analytique de Black & Scholes. La présence de solution analytique constitue un avantage considérable face à la lenteur des méthodes numériques.

La première étape de la valorisation d'une option, consiste donc à déterminer le comportement dynamique du prix du support, pour représenter la façon dont celui-ci va évoluer entre la date d'acquisition de l'option et sa date d'exercice. Ce comportement est par la somme de deux éléments, à savoir : une composante déterministe qui représente la tendance du prix et le taux de croissance anticipé du prix de l'actif support, et une composante aléatoire, exprimant le caractère au moins partiellement imprévisible de la trajectoire suivie par le prix. Black & Scholes (1973) concluent que le taux de rendement de la marchandise en question «  $\delta$  » constitue un ingrédient important dans l'analyse. Cette conclusion a été soutenue aussi par Gibson et Schwartz (1991)<sup>1</sup> en analysant les contrats pétroliers.

#### **3.3.4.1. Identification et mesure des variables**

Avant de procéder au calcul de la valeur de l'option de reporter nous allons identifier et/ ou calculer les valeurs des variables qui interviennent dans la formule de black et scholes.

L'exploitation d'un gisement de pétrole n'est pas limité dans le temps, la compagnie peut toujours le faire dans l'avenir (à défaut de la durée du permis ou du contrat d'exploitation). Pour notre cas nous avons choisi de faire des évaluations jusqu'à la 5<sup>ème</sup> année. Notons que la décision de forage se prend lors de la réunion annuelle du comité implantation exploration dans le cadre de la préparation du budget. Pour s'inscrire dans leur démarche nous avons opté pour une évaluation annuelle pour une durée de 5ans.

Le taux d'internet sans risque ( $r$ ) retenu correspond au taux d'actualisation utilisé par la sonatrach et égal à 10 %.

Le prix d'exercice ( $X$ ), d'après le tableau de correspondance entre les paramètres des options financières et options réelles, correspond au montant d'investissement à effectuer pour réaliser le projet. Pour notre, cas ce dernier concerne le coût estimatif de forage qui s'élève à 512 302 MM\$.

Le prix du sous-jacent ( $S$ ) de chaque période est calculé en utilisant la formule élaboré par Black (1976) pour le calcul des options sur contrat à terme. Nous commencerons

---

<sup>1</sup> Lautier D, « La structure par terme des prix des commodites : analyse théorique et applications au marché pétrolier », thèse de doctorat : science de gestion, université Paris IX- Dauphine, 2000.

par calculer la valeur nominale de S qui servira de base de calcul des cours du sous-jacent de chaque période en suivant le raisonnement suivant :

$$VAN = VAE - I \quad \text{VAE (valeur actuelle d'exploitation)}$$

$$VAE = VAN + I$$

$$VAE = 5365 + 512\,302$$

$$VAE = S = 517667$$

La formule de Black (1976) est comme suit pour chaque année de la durée d'échéance

$$S = 517667 e^{-rt}$$

Après le remplacement on a les valeurs suivantes de S :

$$S_1 = 468\,404.47$$

$$S_2 = 423\,829.89$$

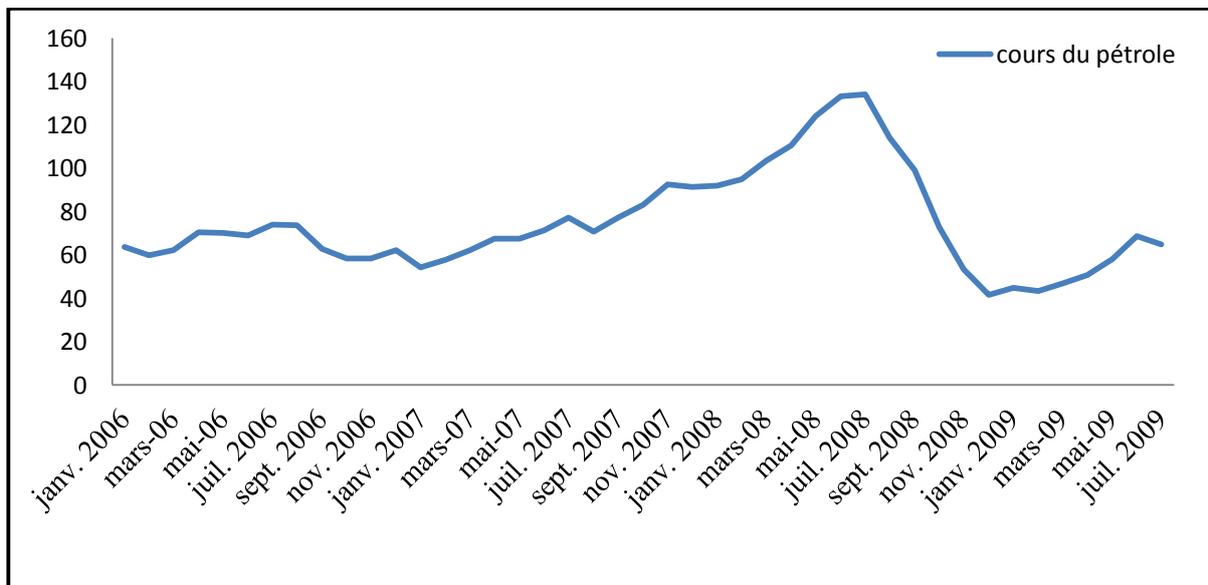
$$S_3 = 383\,497.14$$

$$S_4 = 347\,002.57$$

$$S_5 = 313\,980.9$$

Nous avons pu recueillir les prix mensuels du pétrole brut de la période allant de janvier 2006 au juillet 2009. Ceux-ci sont illustrés par le graphe suivant.

**Figure n° III.16 : le cours du pétrole en \$**



*Source* : conçu par nos soins

A partir des cours du pétrole brut nous avons calculé la volatilité historique du sous-jacent de l'option de report. A l'aide d'un tableur (Excel) nous avons estimé la volatilité mensuelle en appliquant la loi de la volatilité historique suivante :

$$\sigma = \ln \left( \frac{s_t}{s_{t-1}} \right)$$

Au terme, les calculs ont abouti, en utilisant les propriétés du théorème central limite, à une volatilité ( $\sigma$ ) dont la valeur est de 38%.

### 3.3.4.2. Résultats et Discussion

On remplace les variables précédemment énumérés dans la formule de black & scholes comme suit :

$$C = SN(d1) - Xe^{-rt} N(d2)$$

$$d1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{s}{x}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T \right]}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d2 = d1 - \sigma\sqrt{T}$$

#### • la valeur optionnelle de report de forage

Nous procédons au calcul des valeurs de l'option de reporter le forage à différentes dates de la durée d'échéance retenue ainsi qu'au

- Première année

$$C = 468\,404.47 N(d1) - 512\,302 e^{-0.1(1)} N(d2)$$

$$d1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{468404.47}{512302}\right) + \left(0.1 + \frac{0.38^2}{2}\right) 1 \right]}{0.38\sqrt{1}} = 0.21$$

$$N(d1) = 0.58$$

$$d2 = 0.21 - 0.38\sqrt{1} = -0.17$$

$$N(d2) = 1 - N(0.17) = 1 - 0.57 \quad (\text{propriété de la loi normale})$$

$$N(d2) = 0.43$$

On remplace dans la formule :

$$C = 468\,404.47(0.58) - 512\,302 e^{-0.1(1)} (0.43)$$

$$C = 72\,381.1$$

• Deuxième année

$$C = 423\,829.89 N(d1) - 512\,302 e^{-0.1(2)} N(d2)$$

$$d1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{423\,829.89}{512\,302}\right) + \left(0.1 + \frac{0.38^2}{2}\right) 2 \right]}{0.38\sqrt{2}} = 0.27$$

$$d1 = 0.27$$

$$N(d1) = 0.60$$

$$d2 = 0.27 - 0.38\sqrt{2} = -0.27$$

$$N(d2) = 1 - N(0.27) = 1 - 0.60 \quad (\text{propriété de la loi normale})$$

$$N(d2) = 0.4$$

On remplace dans la formule :

$$C = 423\,829.89 (0.6) - 512\,302 e^{-0.1(2)} (0.4)$$

$$C = 86\,555.36$$

• Troisième année

$$C = 383\,497.14 N(d1) - 512\,302 e^{-0.1(3)} N(d2)$$

$$d1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{383\,497.14}{512\,302}\right) + \left(0.1 + \frac{0.38^2}{2}\right) 3 \right]}{0.38\sqrt{3}} = 0.33$$

$$d1 = 0.33$$

$$N(d1) = 0.63$$

$$d2 = 0.33 - 0.38\sqrt{3} = -0.33$$

$$N(d2) = 0.37$$

La valeur de l'option est :

$$C = 383\,497.14 (0.63) - 512\,302 e^{-0.1(3)} (0.37)$$

$$C = 101\,206.96$$

• Quatrième année

$$C = 347\,002.57 N(d1) - 512\,302 e^{-0.1(4)} N(d2)$$

$$d1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{347\,002.57}{512\,302}\right) + \left(0.1 + \frac{0.38^2}{2}\right) 4 \right]}{0.38\sqrt{4}} = 0.39$$

$$N(d1) = 0.65$$

$$d2 = 0.39 - 0.38\sqrt{4} = -0.37$$

$$N(d2) = 1 - N(0.37) = 1 - 0.64 \quad (\text{propriété de la loi normale})$$

$$N(d2) = 0.36$$

On remplace dans la formule :

$$C = 347\,002.57 (0.65) - 512\,302 e^{-0.1(4)} (0.36)$$

$$C = 101\,925.42$$

- Cinquième année

$$C = 313\,980.9 N(d1) - 512\,302 e^{-0.1(5)} N(d2)$$

$$d1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{313980.9}{512302}\right) + \left(0.1 + \frac{0.38^2}{2}\right) 5 \right]}{0.38\sqrt{5}} = 0.43$$

$$N(d1) = 0.67$$

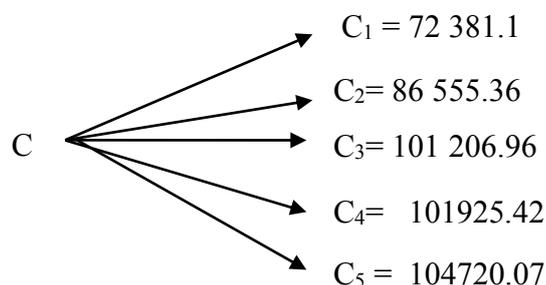
$$d2 = 0.43 - 0.38\sqrt{5} = -0.42$$

$$N(d2) = 1 - N(0.42) = 1 - 0.66$$

$$N(d2) = 0.34$$

$$C = 313\,980.9 (0.67) - 512\,302 e^{-0.1(5)} (0.34)$$

$$C = 104\,720.07$$



Nous constatons que la valeur de l'option de report d'investissement de forage augmente tout au long de la période. De ce fait, le gestionnaire a la possibilité de reporter l'exercice de l'option. Voir même, cette dernière aura plus de valeur dans le futur, il serait donc plus avantageux de reporter l'exercice de l'option.

#### ***♣ Calcul de la valeur actuelle nette augmentée VANA***

Le principal apport de l'approche des options réelles concerne l'introduction d'une vision dynamique dans la prise de décision et en rompre avec le principe de fonctionnement des méthodes classiques. La prise de décision selon cette logique se focalise non pas sur la valeur de la VAN mais sur celle de la VANA. Nous reprenons la formule de la VANA, évoqué au chapitre II, pour calculer la valeur ou l'apport du projet pour chaque période jusqu'à l'échéance.

$$VANA_1 = VAN + C_1 = 5365 + 72\,381.1 = 77746.1$$

$$VANA_2 = VAN + C_2 = 5365 + 86\,555.36 = 91920.36$$

$$VANA_3 = VAN + C_3 = 5365 + 101\,206.96 = 106571.96$$

$$VANA_4 = VAN + C_4 = 5365 + 101925.42 = 107290.42$$

$$VANA_5 = VAN + C_5 = 5365 + 104720.07 = 110085.07$$

Nous avons additionné la valeur de la VAN avec les différentes valeurs de l'option. Dans tous les cas, la valeur options réelles est supérieure à la valeur obtenue par les méthodes classiques. La première constatation des résultats est que la VANA du projet a augmenté considérablement tout au long de la durée étudiée, c'est-à-dire que le facteur temps a eu un effet positif sur la valeur de celle-ci. Les résultats obtenus indiquent que les possibilités que présentent l'option s'avèrent importantes. Ceci confirme en grande partie le résultat trouvé par la VAN classique, soit 5365 MM\$, c'est-à-dire une VAN positive montrant des signes réels de rentabilité du projet mais celui-ci est d'autant plus rentable si son exercice est retardé. En effet, la comparaison entre les différentes valeurs du projet sur la période 91920.36 MM\$, 106571.96 MM\$, 107290.4 MM\$..... indique plus on retarde l'investissement du forage plus le projet augmente en valeur. On peut donc conclure que L'analyse par les options réelles a permis de quantifier la valeur d'un scénario dynamique.

#### ***⊙ Valeur de l'option de reporter l'exploitation du gisement***

Avant d'appliquer cette méthode de valorisation à l'option réelle de reporter l'exploitation du gisement, on tient à préciser que nous retenons les valeurs des variables telles utilisées pour le calcul de la valeur de l'option de report d'investissement de forage à l'exception du prix d'exercice et du cours du sous-jacent. Ces derniers seront comme suit :

Le prix d'exercice (X) est égal à 5365 MM\$.

### Chapitre III: L'applicabilité de l'évaluation par les options réelles (Cas Sonatrach)

Le cours du sous-jacent sera déterminé selon la méthode de Black (1976).

$$S = 5365 e^{-rt}$$

Après le remplacement on a les valeurs suivantes de S :

$$S_1 = 4854.45$$

$$S_2 = 4392.5$$

$$S_3 = 3974.49$$

$$S_4 = 3596.27$$

$$S_5 = 3254.04$$

- Première année

$$C = 4854.45 N(d_1) - 5365 e^{-0.1(1)} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{4854.45}{5365}\right) + \left(0.1 + \frac{0.38^2}{2}\right) 1 \right]}{0.38\sqrt{1}}$$

$$d_1 = 0.18$$

$$N(d_1) = 0.57$$

$$d_2 = 0.18 - 0.38\sqrt{1}$$

$$d_2 = -0.2$$

$$N(d_2) = 1 - N(0.2) = 1 - 0.58 \quad (\text{propriété de la loi normale})$$

$$N(d_2) = 0.42$$

On remplace dans C :

$$C = (4854.45)(0.57) - 5365 e^{-0.1(1)} (0.42)$$

$$C = 776.64$$

- Deuxième année

$$C = 4392.5 N(d_1) - 5365 e^{-0.1(2)} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{4392.5}{5365}\right) + \left(0.1 + \frac{0.38^2}{2}\right) 2 \right]}{0.38\sqrt{2}} = 0.26$$

$$N(d_1) = 0.60$$

$$d_2 = 0.26 - 0.38\sqrt{2} = -0.28$$

$$N(d_2) = 1 - N(0.28) = 1 - 0.61$$

$$N(d_2) = 0.39$$

On remplace dans C :

$$C = (4392.5) \cdot (0.60) - 5365 e^{-0.1(2)} (0.39)$$

$$C = 922.43$$

• Troisième année

$$C = 3974.49 N(d_1) - 5365 e^{-0.1(3)} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{3974.49}{5365}\right) + \left(0.1 + \frac{0.38^2}{2}\right) 3 \right]}{0.38\sqrt{3}} = 0.33$$

$$N(d_1) = 0.63$$

$$d_2 = 0.33 - 0.38 \sqrt{3} = -0.33$$

$$N(d_2) = 0.37$$

On remplace dans la formule

$$C = 3974.49 (0.63) - 5365 e^{-0.1(3)} (0.37)$$

$$C = 1033.37$$

• Quatrième année

$$C = 3596.26 N(d_1) - 5365 e^{-0.1(4)} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{3596.26}{5365}\right) + \left(0.1 + \frac{0.38^2}{2}\right) 4 \right]}{0.38\sqrt{4}} = 0.38$$

$$N(d_1) = 0.65$$

$$d_2 = 0.38 - 0.38 \sqrt{4} = -0.38$$

$$N(d_2) = 0.35$$

On remplace dans la formule

$$C = 3596.26 (0.65) - 5365 e^{-0.1(4)} (0.35)$$

$$C = 1078.8$$

- Cinquième année

$$C = 3254.04 N(d1) - 5365 e^{-0.1(5)} N(d2)$$

$$d1 = \frac{\left[ \ln\left(\frac{3254.04}{5365}\right) + \left(0.1 + \frac{0.38^2}{2}\right) 5 \right]}{0.38\sqrt{5}} = 0.42$$

$$N(d1) = 0.66$$

$$d2 = 0.42 - 0.38\sqrt{5} = -0.43$$

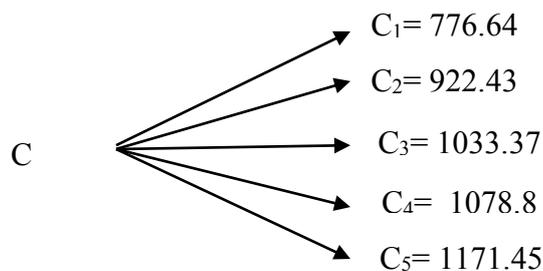
$$N(d2) = 0.3$$

Après le remplacement dans la formule :

$$C = 3254.04 (0.66) - 5365 e^{-0.1(5)} (0.3)$$

$$C = 1171.4$$

Les valeurs de l'option de report pour les



La valeur de l'option de report d'exploitation du gisement augmente d'une année à l'autre. Le décideur a la possibilité de différer l'investissement en procédant par étape. Même si la VAN est positive il se peut qu'il soit optimal d'attendre avant d'investir car le passage du temps révèle de l'information supplémentaire sur l'état du marché.

Dans la littérature on parle généralement d'une seule option de report. Celle de reporter l'investissement. Celle-ci se subdivise en deux : l'option de reporter l'investissement et l'option de reporter l'exploitation du gisement. Pour notre cas cette situation nous permet de combiner ces types pour mieux asseoir la vision stratégique de la prise de décision et en offrir un champ de manœuvre plus élargi en matière de prise de décision. En effet, la Sonatrach peut opter pour l'exercice de l'option de report de forage vu que la VAN est positive et augmente sur toute la période et jouer sur l'option d'exploitation. Cette dernière peut se justifier par les délais de réalisation d'investissement. Sachant qu'en matière de forage, la tige traverse quelque mètre par heure en moyenne selon la dureté des roches traversées. Pour

atteindre une profondeur de 3000 m, les équipes de foreur travaillent pendant 2 à 3 mois. La littérature traditionnelle considère que l'investissement est instantané et sous estime la notion de délais d'investissement. Cette piste peut faire l'objet d'un autre travail de recherche.

## **Conclusion**

Cette étude de cas a fait l'objet de l'exposition de la procédure de Sonatrach en matière de prise de décision de forage et révèle l'utilité et l'importance de la valorisation des projets pétroliers par les options réelles. Ces dernières sont en mesure de prendre en compte les interactions entre l'incertitude, l'irréversibilité de l'investissement et la possibilité de le différer dans le temps. Ce travail tisse des liens la notion de prise de décision en matière de forage au sein de la Sonatrach et l'approche des options réelles. En effet, Les réservoirs de matières premières sont aussi des réservoirs d'options.

Nous avons fais l'hypothèse que la source d'incertitude se résume aux prix du pétrole pour procéder à l'évaluation de l'option de report du forage et celle d'exploitation du gisement pétrolier en se basant sur les montants de l'étude technico- économique recueillis au sein de la sonatrach.

Nous avons évalué le projet sur une échéance de cinq années en utilisant le modèle de black & Scholes. Les résultats de l'étude sur les cinq périodes retenues permettent de corroborer la capacité de la théorie d'offrir une vision plus réaliste et surtout une vision dynamique de la décision pétrolière. La valeur de l'option augmente durant toute la période étudiée et le gisement pétrolier gagne de la valeur avec le temps.

Comme le note Kemna (1993)<sup>1</sup>, l'un des principaux apports des options réelles est de renouveler le cadre conceptuel de l'analyse d'une décision d'investissement. L'acceptation et la mise en œuvre par la Sonatrach exigeront une adoption prudente et graduelle.

---

<sup>1</sup> Schier G, (2005), op.cit.

# **Conclusion générale**

L'accroissement de la volatilité et l'incertitude de l'environnement n'arrêtent pas de stimuler les agents économiques à gérer le risque du marché, les risques de change et le taux d'intérêt. La gestion de ces risques est une activité stratégique qui est entrain de connaître un essor considérable et un gain d'intérêt de plus en plus important de la part des institutions financières et des entreprises.

Les insuffisances des méthodes classiques d'évaluation des investissements ont forgé le développement d'une nouvelle approche. La théorie des options réelles est extrêmement novatrice a dès lors fait l'objet d'une attention naissante et d'un intérêt croissant.

La " valeur actuelle nette " calcule la valeur d'un projet en prédisant ses retombées, en les ajustant au risque et en soustrayant les dépenses d'investissement. Cependant, elle résume les possibilités du futur en un seul scénario, la VAN ne tient pas compte de la capacité des dirigeants de réagir à des circonstances, par exemple, dépenser un peu au départ, voir comment les choses se déroulent et ensuite, soit annuler, soit s'engager à fond. (Business Week, 7 juin 1999). L'analyse des options réelles récompense la flexibilité. Il est important de mentionner l'utilité et l'importance de la valorisation des projets par les options, dans un univers incertain.

Les options réelles est une démarche, un processus, Bowman et Hurry (1993) figurent parmi les rares auteurs à remarquer que les options réelles doivent être identifiées avant d'être évaluées, et éventuellement dans un troisième temps être exercées, si l'évaluation est satisfaisante.

L'évaluation de la valeur de l'option est une question fondamentale car elle détermine si l'option va être exercée ou non. L'entrée de l'option dans une phase de production correspond à un processus de décision managériale. Cette dernière dépend d'un arbitrage entre entrer sur un marché avec les connaissances actuelles ou attendre pour obtenir de nouvelles connaissances et implicitement une meilleure capacité de production.

La dimension technique de l'évaluation des options est importante. La percée conceptuelle sous-jacente a été reconnue par l'attribution en 1997 du Prix Nobel de sciences économiques à Robert C. Merton et Myron S. Scholes pour " une nouvelle méthode pour déterminer la valeur des produits dérivés". Bien que, pour l'approche des options réelles l'accent passe de l'évaluation pure à l'analyse et l'optimisation de la décision.

Cependant, tenons compte de notre sujet de recherche, nous pouvons témoigner à travers nos lectures et notre stage au sein du groupe pétrolier algérien que l'approche des options réelle est séduisante d'où son caractère universel et le foisonnement des travaux consacré. Néanmoins, l'approche est peu utilisée ou éloigné par les dirigeants des entreprises et méconnue par les cadres de la Sonatrach. Hayes et Garvin<sup>1</sup> déclarent que les décideurs ne prennent pas en compte les possibilités de variation de la valeur de l'option au fil du temps.

Cette hésitation s'explique par le degré de technicité de l'outil et sa démarche analytique exigeant un niveau de formalisation souvent rebutant pour les décideurs. Cette image négative est causée par la référence fréquente à la technique la plus connue de Black & Scholes.

La méthodologie des options réelles apparaît comme un outil potentiel puissant pour les dirigeants. Cependant, ce potentiel sera atteint que par les preneurs de décision qui combinent " l'état d'esprit " option réelles avec des compétences techniques poussés et un bon système d'information. L'approche des options réelles est surtout une façon de penser et d'ajuster son comportement.

La Sonatrach se base sur les méthodes d'évaluation classiques pour la prise de décision de forage. Le volet économique de la décision est élaboré sur la base de deux approches. Une approche déterministe dont les critères sont purement financiers et une approche probabiliste qui inclut la notion de risque géologique (probabilité de succès et d'échec) dans le calcul de la valeur monétaire espérée. Nous avons constaté, à partir des entrevues, l'absence de l'esprit options réelles. De plus, la compagnie s'inscrit dans une structure qui peut freiner leur utilisation. La centralisation et formalisation de la décision d'investissement de forage dans l'espace et dans le temps entrave la réaction et l'exploitation aux opportunités émergentes

L'évaluation du projet pétrolier a été faite à travers la formule de Black & Scholes. Elle essaye d'étudier le moment opportun de la décision de forage en tenant compte seulement de l'incertitude du marché en supposant que le prix du pétrole suit un processus Brownien géométrique. Ce qui nous a fourni un aperçu sur l'obtention de la valeur de l'option ainsi que son interprétation. Le résultat empirique oriente la société pétrolière vers

---

<sup>1</sup> Bjursten O, Kottenauer M, Lundell, « *valuing investments using real option theory* », Thesis, Stockholm University, 1999.

le report du forage des prospects. D'après les valeurs, il serait plus intéressant de garder l'option de report vivante.

Au terme, nous avons montré l'apport d'un raisonnement options réelles. Leur utilisation affecte différemment la décision de forage ou d'exploitation du gisement. La flexibilité inhérente aux projets pétroliers offre un champ de manœuvre élargi et permet une prise de décision échelonnée dans le temps. La théorie des options réelles modifie, en particulier, la perception du risque. En effet, dans le domaine des options, actifs dérivés donnant la possibilité de profiter d'évolution favorables sans souffrir d'évolution défavorable, la volatilité n'est plus considérée comme un désagrément, mais plutôt comme un désavantage. Cet outil émet des prévisions sur les possibilités de gains ou de pertes permettant d'élaborer une stratégie de réponse face aux mutations que nous observons sur les marchés énergétiques.

La mise en place d'une approche options réelles n'est cependant pas facile. Elle peut être envisagée qu'avec des versions plus simples de l'outil, de logiciels faciles à utiliser pouvant modéliser la complexité des investissements. La Sonatrach doit passer d'une logique de rentabilité vers la logique d'optimisation de la décision. Cette façon de penser repose sur les éléments suivant

- ▶ Reconnaître que l'incertitude crée des opportunités et de la valeur ;
- ▶ Reconnaître que cette valeur nécessite des décisions adéquates pour se matérialiser ;
- ▶ Identifier les sources de l'incertitude et recueillir l'information ;
- ▶ Identifier des décisions (options) qui favorisent l'exposition à des résultats favorables ;
- ▶ Identifier des décisions qui diminuent l'exposition au risque baissier ;
- ▶ Établir des règles de décision optimales.

# **Bibliographie**

# Bibliographie

## 1. Ouvrages

- Aboura S, « Le marché d'option », édition Economica, Paris, 2008.
- Amelon J L, Cardebat J. M, « Les nouveaux défis de l'internationalisation », édition De Boeck, Bruxelles, 2010.
- Amelon TL, Cardebat JM, « Les nouveaux défis de l'internationalisation », édition De Boeck, Bruxelles, 2010.
- Aubert B A, Bernard J-G, « Mesure intégrée du risque dans l'organisation », Presse de l'université de Montréal, 2004.
- Aubert B. A, Bernard J.G, « Mesure intégrée du risque dans les organisations », les Presses de l'Université de Montréal, 2004
- Augros J-C, « FINANCE, options et obligations convertibles », édition Economica, 1997.
- Bossu S, Henrotte P, « finance des marchés », édition DUNOD, Paris,2008.
- Boyer M et al, « Création de valeur, gestion de risque et options réelles », CIRANO, 2003.
- Breton M, Zaccour G, « Industrie pétrolière, outils d'aide à la décision et d'étude de cas », édition Technip, Paris ,1993.
- Chrissos J, Gillet R, « Décision d'investissement », édition Pearson, Paris, 2012.
- Copinschi P, « Le pétrole, une ressource stratégique », la documentation française, Paris, 2012.
- Corriveau G, « faisabilité de projets », Presses de l'université du Québec, 2012.
- Cossé R, « Le gisement », édition Technip, Paris, 1988.
- Damodaran A, « Pratique de la finance d'entreprise : A user'smanua », édition De Boeck, 2010.
- Damodaran. A, « Finance d'entreprise : théorie et pratique », édition De Boeck université, Bruxelles, 2006.
- Damodran A, « Finance d'entreprise », édition De Boeck Université, 2006.
- Dubois S, « les hydrocarbures dans le monde, état des lieux et perspectives », édition ellipses, paris 2007.
- Dodge Y, Melfi G, « Premiers pas en simulation », Springer, 2008.

- Dossogne S, « Valorisation et cession d'entreprise », édition des CCI, 2eme édition(2003).
- ESCH.L, « Asset & Risk Management ; la finance orientée risques », édition De Boeck, 1ere édition, Bruxelles, 2003.
- Farber A et al, « Finance », édition Pearson, 2 eme édition, 2009.
- Favennec J.P, « Exploitation et gestion de la raffinerie », édition Technip, Paris, 1998.
- Goumiri M., Zitouni B, Laras M, « Sonatrach un groupe pétrolier international », édition Régie sud méditerranée.
- Gullmann S, « Le rôle de la communication pour le développement de produits nouveaux », Peter Lang, Bern, 2010.
- Kmad A, Elhjjami M, « Evaluation d'un projet en utilisant les options réelles », édition Universitaires européennes, 2014.
- Louafa T, Perret F-L, « Créativité & innovation », presses polytechniques et universitaires romandes, 1ere édition, 2008.
- Magdy GA, « *Review of management accounting research* », edition Palgrave Macmillan,2011.
- Malti H, « Histoire secrète du pétrole algérien », édition la découverte, paris 2010.
- Mandou C, « Procédures de choix d'investissement », édition de Boeck, Bruxelles, 2009.
- Marion. A, Brach, «*Real option in practice*», edition Wiley, Canada, 2002.
- Mathieu Y, « Le dernier siècle du pétrole ? », Édition Technip, paris, 2011.
- Moulin S, « Notions de mathématiques financières », édition Lulu, Paris, 2012.
- Nguyen J.P, « Le forage », édition Technip, paris, 1993.
- Parienté S, « Analyse financière et évaluation d'entreprise », 2eme édition, 2009.
- Pham H, « Optimisation et le contrôle stochastique appliqué à la finance », édition Springer, 2007.
- Pierrat C, « La gestion financière de l'entreprise », édition la découverte, Paris, 2006.
- Rassi F, « Gestion financière à long terme », Presses de l'Université du Québec, 2008.
- Racicot F-E, Theoret R, « Traité de gestion de portefeuille », Presses de l'université du Québec, 4eme édition, 2004.
- Racicot F-E, Theoret R, « Finance computationnelle et gestion des risques », Presses de l'université du Québec, 2006.
- Sahut J-M, « Finance d'entreprise et finance de marché », Lavoisier, 2007.

- ST-Pierre J, Beaudoin R, « Les décisions d'investissement dans les PME », Presses de l'université du Québec, Canada, 2003.
- Taverdet-Popiolek N, « Guide du choix d'investissement », édition d'Organisation, Paris, 2006.
- Thauvron A, « Evaluation d'entreprise », édition Economica, 3ème édition, 2010.
- Thiriez H, « La modélisation du risque », édition Economica, 2004.
- Tudor C D, « Gestion de portefeuille et modélisation des séries temporelles », édition Publibook, Paris, 2012.

## 2. Thèses et mémoires

- Bey. B, « Options réelles : une application aux banques canadienne », mémoire MBA, 2009.
- Bjursten O, Kottenauer M, Lundell, « *valuing investments using real option theory* », Thesis, Stockholm University, 1999.
- El ayadi ME ; « application d'un modèle de simulation et d'analyse de sensibilité à l'évaluation d'un projet de numérisation des dossiers patients » mémoire de Maitrise, université du Québec, 2008.
- Ezzobaier D, « Les options réelles : options de croissance et de contraction pour l'évaluation d'un projet d'investissement », mémoire à l'université du Québec à Montréal, 2008.
- Fumey M, « Méthode d'Evaluation des Risques Agrégés : application au choix des investissements de renouvellement d'installations », thèse de doctorat : systèmes industriels, l'institut national polytechnique de Toulouse, 2001.
- Jerbi Y, « Evaluation des options et gestion des risques financiers par les réseaux de neurones et par les modèles à volatilité stochastique », thèse de doctorat : mathématiques appliquées, université Paris 1 panthéon –Sorbonne, 2006.
- Krychowski C, « Apport et limites des options réelles à la décision d'investissement stratégique : une étude appliquée dans le secteur des télécommunications », thèse de doctorat, EHEC, 2007.
- Lautier D, « la structure par terme des prix des commodités : analyse théorique et applications au marché pétrolier », thèse de doctorat : science de gestion, université Paris IX- Dauphine, 2000.

- Letifi N, « Politique optimale d'investissement et d'emploi d'une firme : une approche par les options réelles », thèse de doctorat : sciences de Gestion, université de Cergy-Pontoise, 2013.
- Levyne O, « Les options réelles », Master II Recherche, université de Cergy Pontoise.
- Martin D, « Les options fondamentales de la finance moderne », thèse de doctorat, université Toulouse le Mirail, 2007.
- Mnasri M, « La valeur a risque et ses Applications », Maitrise en Finance, Université du Québec a Montréal, 2008.
- Patard P-A, « Essais sur les méthodes de simulation numériques et sur la modélisation des données de marché », thèse de doctorat, ingénierie des produits structurés université Claude Bernard Lyon 1,2008.
- Segueni F, « L'analyse de la démarche knowledge management au sein de l'entreprise publique algérienne. Cas de l'entreprise Sonatrach », mémoire de magister, université Mouloud MAMMERI de TIZI OUZOU.

### 3. Articles et revues

- Aliouat B, Bensahel W, « Création de valeur à travers l'approche d'option réelles : l'état pratique. Application au secteur de biotechnologie. » Recherche économiques et Managériales, numéro 01, 2007.
- Amram. M., Kulatika. N, « *Real Options-Managing Strategic Investment in an uncertain world* », Harvard Business School Press, Boston, MA, 1999.
- Baddour J, « L'industrie pétrolière mondiale : raréfaction, coûts de production et surplus pétrolier », revue d'économie industrielle, numéro 86, année 1998.
- Benchikh M, « La nouvelle loi pétrolière algérienne : direction publique et économie de marché », revue l'année du Maghreb, numéro II, 2007.
- Black F, « *Fact and Fantasy in the Use of Options* » Financial Analysts Journal, Juillet – août, 1975.
- Blum Véronique, « Options réelles : métamorphoses d'une méthode d'évaluation capturant le risque », Gestion 2000, 2012/4 Volume 29.
- Boucher C, « La valorisation des sociétés de la nouvelle économie par les options réelles : vertiges et controverses d'une analogie » université Paris Nord.
- Boyer M, Gravel E, « Evaluation des projets : la valeur actualisée nette optimisée (VAN –O) », revue assurance et gestion des risques, volume 74, numéro 2, 2006.

- Burger-helmechen T, « Les dangers d'une approche financière des options réelles », Revue Française de Gestion, numéro 170, 2007.
- Bowman E. H, Moskowitz G.T, « *Real Options Analysis and Strategic Decision Making* », Organization Science, Vol. 12, No. 6, 2001.
- Dubocage E, « Les options réelles : Un outil théorique adapté à l'évaluation des start-up financées par le capital-risque ? », université- paris 13, 2003.
- Idabouk G, « Marché Financiers, Mouvement Brownien, Arbitrage Et Martingales : Naissance D'un Corpus De Finance Mathématique A Partir De 1973 », Université Paris 7, 2008.
- Lautier D, Cereg, « Les options réelles : une idée séduisante- un concept utile et multiforme-un instrument facile à créer mais difficile a valoriser » université paris IX, 2001.
- Malinvaud E, « Capital productif, incertitude et profitabilité » annales d'économie et de statistique, n°5, 1987, P 1-36.
- Mekideche M, « Le secteur des hydrocarbures en Algérie, piège structurel ou opportunité encore ouverte pour une croissance durable », revue confluences Méditerranée, numéro 71, 2009.
- Perez M, Mchawrab S, « Les apports de l'approche optionnelle à la valorisation : le cas d'eBay », revue Gérer et comprendre, numéro 98, 2009.
- Poulard B, Fromont E, « L'évaluation des stocks options par le modèle de Black & Scholes ou le modèle Binomial : des dispositions théoriques aux difficultés opérationnelles », Revue française de comptabilité N°435, septembre 2010.
- Schier G, « Apports et limites des options réelles a l'évaluation des projets d'investissement », Revue Vie & science de l'entreprise, Numéro 168-169,2005.
- Scott T et al, « *Using system dynamics to extend real options use: insights from the oil & gas industry* », Texas A&M University.2005.
- Trigeorgis L, « *Real option and Interaction with financial flexibility*», Financial Management, autumn, 1993.

#### **4. Rapports et autres documents**

- Abaoub E, Ben Said H, « evaluation of an option to defer: case of Tunisian Oil Reserve », University of Tunis 2008.
- Antraigue D, « Gestion des investissements – rentabilité économique »IUT GEA.

- Augros J-C, « Evaluation des options négociables par l'interpolation des arbres de prix », bulletin français d'actuariat, Vol. 2, numéro 03, 1998.
- Auroux D, « Méthodes numériques pour le pricing d'option », polytech'nice- sophia, 2010-2011.
- Avadikyan A, « Transition technologique, stratégies d'investissement et options réelles Le cas des véhicules hybrides » bureau économique théorique et appliquée (BTA), 2009.
- Boyer M, Christoffersen P, Pavlov A, « Création de valeur, gestion de risque et options réelles », rapport Bourgogne, 2003.
- Clarinval D, « les options réelles », 2012.
- Cleary S, Malleret T, « RISQUES, perception, évaluation, gestion », du world economic forum 2006, édition maxima.
- Documentation de l'entreprise SONATRACH.
- E-CUBE Strategy Consultants, « Evaluation de différents scénarios de transition énergétique », juin 2012.
- El Karoui N, « Couverture des risques dans les marchés financiers », Ecole Polytechnique, 2004.
- Grouard M-H et al, « La volatilité boursière: des constats empiriques aux difficultés d'interprétation », banque de France, 2003.
- Guillet B, « Méthodes numériques, résolution de l'équation de Black & Scholes en utilisant le schéma d'Euler implicite », université Nice, 2012.
- Ladas E, Wang S, « Méthode de Monte Carlo pour le calcul d'option », juin 2013.
- Mun J, « *Real option analysis versus traditional DCF valuation in layman's terms* », 2006. Document de travail.
- Pezet A, « Le management stratégique de l'investissement : contenu, paradigme et instrumentalisation de la stratégie une perspective historique », Conférence, 1999.
- Scott T et al, « *Using system dynamics to extend real options use: insights from the oil & gas industry* », Texas A & M University.2005.

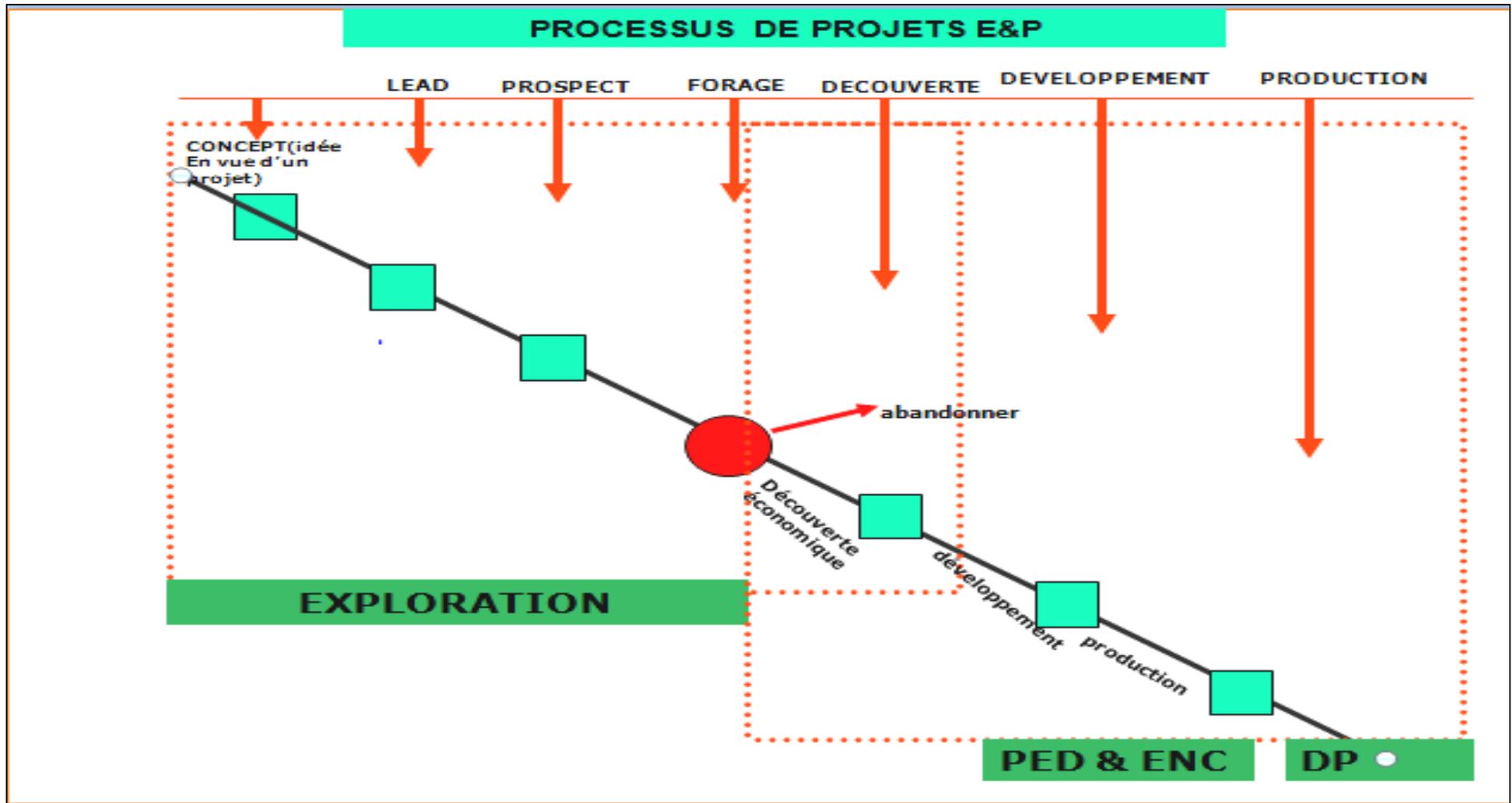
## 5. Sites internet

- <http://revue.sesamath.net>
- <http://www.mindxpansion.com>
- <http://cgo-moliere2010.e-monsite.com>,
- <http://samuel.benoit.online.fr>

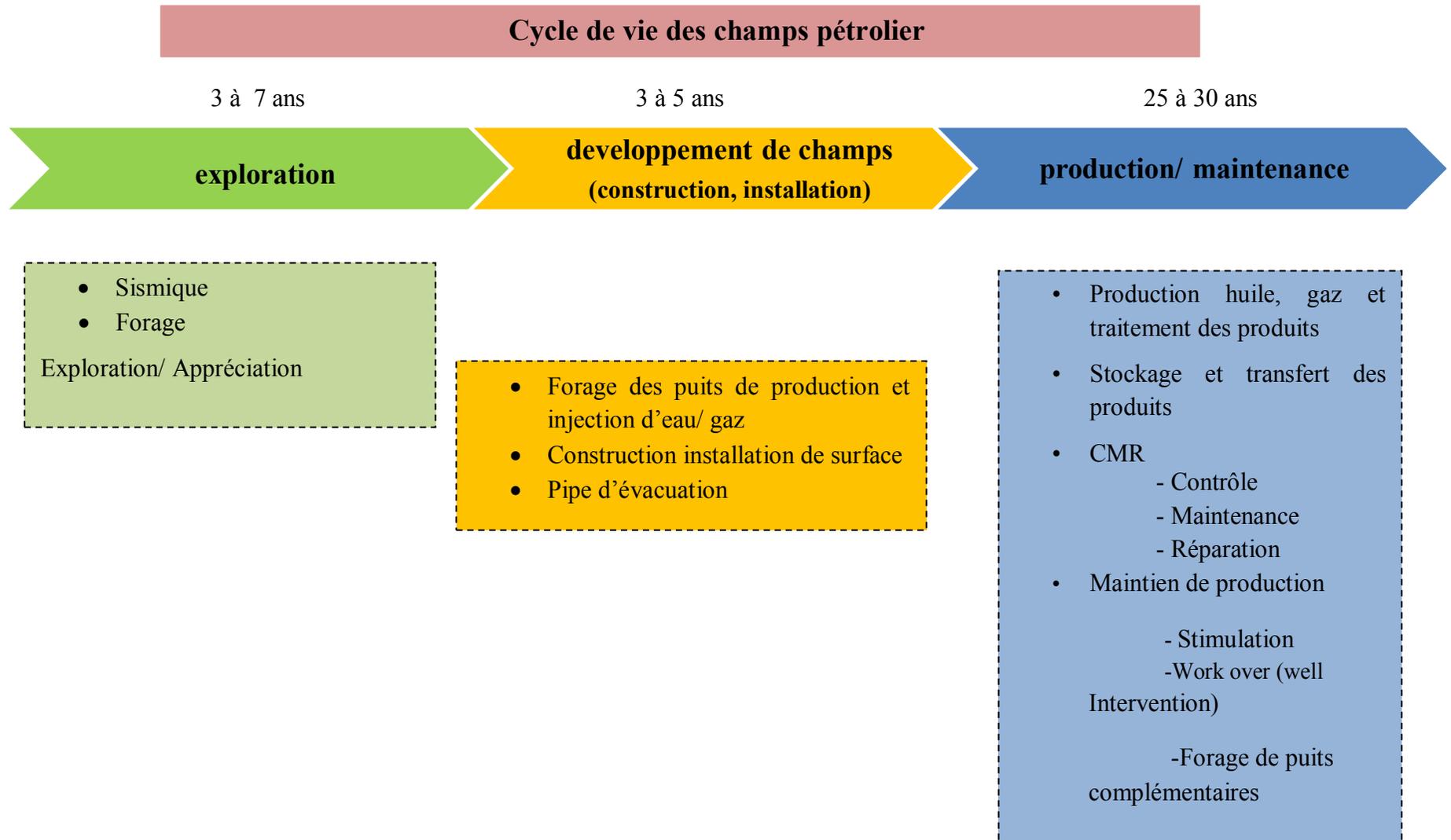
- [www.amuel.benoit.online.fr](http://www.amuel.benoit.online.fr)
- [www.numilog.com](http://www.numilog.com)
- [www.newtrading.fr](http://www.newtrading.fr)
- [www.boursedeparis.fr](http://www.boursedeparis.fr)
- [www.financedemarche.fr](http://www.financedemarche.fr)
- [www.horizons-dz.com](http://www.horizons-dz.com)
- [www.iotafinance.com](http://www.iotafinance.com)
- [www.mataf.net](http://www.mataf.net)
- [www.m-x.ca](http://www.m-x.ca)
- [www.planete-energies.com](http://www.planete-energies.com)
- [www.sonatrach.com](http://www.sonatrach.com)
- [www.trading-school.eu](http://www.trading-school.eu)

# **Annexes**

# Annexe 1



## Annexe 2



### Annexe 3

Mois	prix de pétrole	variation	ln
janv. 2006	63,57		
févr. 2006	59,92	0,94	-0,05913132
mars-06	62,25	1,04	0,038148196
avr. 2006	70,44	1,13	0,123602748
mai-06	70,19	1,00	-0,00355543
juin-06	68,86	0,98	-0,01913039
juil. 2006	73,9	1,07	0,07063737
août-06	73,61	1,00	-0,00393194
sept. 2006	62,77	0,85	-0,15930363
oct. 2006	58,38	0,93	-0,07250389
nov. 2006	58,48	1,00	0,00171145
déc. 2006	62,31	1,07	0,063437111
janv. 2007	54,3	0,87	-0,1375977
févr. 2007	57,76	1,06	0,061772268
mars-07	62,14	1,08	0,073093409
avr. 2007	67,4	1,08	0,081255114
mai-07	67,48	1,00	0,00118624
juin-07	71,32	1,06	0,055345535
juil. 2007	77,2	1,08	0,079222664
août-07	70,8	0,92	-0,08654046
sept. 2007	77,13	1,09	0,085633309
oct. 2007	83,04	1,08	0,073830109
nov. 2007	92,53	1,11	0,108210497
déc. 2007	91,45	0,99	-0,01174054
janv. 2008	91,92	1,01	0,005126259
févr. 2008	94,82	1,03	0,031061724
mars-08	103,28	1,09	0,085463389
avr. 2008	110,44	1,07	0,067028641
mai-08	123,94	1,12	0,11532519
juin-08	133,05	1,07	0,07092742
juil. 2008	133,9	1,01	0,006368255
août-08	113,85	0,85	-0,16221146
sept. 2008	99,06	0,87	-0,13915607
oct. 2008	72,84	0,74	-0,30746047
nov. 2008	53,24	0,73	-0,31345526
déc. 2008	41,58	0,78	-0,24719071
janv. 2009	44,86	1,08	0,075927247
févr. 2009	43,24	0,96	-0,03678054
mars-09	46,84	1,08	0,079971546

avr. 2009	50,85	1,09	0,082142584
mai-09	57,94	1,14	0,13052787
juin-09	68,59	1,18	0,168738759
juil. 2009	64,92	0,95	-0,05499101

**Moyenne** = 74,5672093

**$\sigma$**  = 0,114331562

## Table des matières

Remerciements .....	I
Sommaire.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des tableaux.....	VI
<b>Introduction générale .....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I : La transition des méthodes classiques vers une nouvelle approche financière.....</b>	<b>07</b>
Introduction.....	07
Section I: Les méthodes classiques d'évaluation d'investissements.....	09
1.1 La décision d'investir.....	09
1.1.1. Définition de l'investissement.....	09
1.1.2. Les raisons d'investissement.....	10
1.1.3. Les types d'investissement.....	10
1.1.4. Les conséquences de l'exploitation d'un investissement.....	11
1.2. La démarche du processus de choix d'investissement.....	12
1.2.1. Le choix de l'investissement.....	12
1.2.2. Les méthodes traditionnelles d'évaluation de projet.....	14
1.2.2.1. La valeur actuelle nette (VAN).....	15
1.2.2.2. L'indice de profitabilité (IP).....	18
1.2.2.3. Le taux de rentabilité interne (TRI).....	20
1.2.2.4. Le délai de récupération.....	22
1.3. Les insuffisances des modèles classiques.....	23
1.3.1. Détermination exhaustive du coût du projet.....	24
1.3.2. Savoir évaluer les bénéfices futurs.....	24
1.3.2.1. l'incertitude liée aux prévisions.....	24
1.3.2.2. l'incertitude liée à l'horizon.....	26
1.3.2.3. l'incertitude liée au choix du taux d'actualisation.....	26
1.3.3. La distribution statistique des flux de trésorerie.....	27
1.3.4. Non valorisation des actions stratégiques des dirigeants.....	27
Section 2 : les options financières.....	30
2.1. Définition et caractéristiques d'une option.....	30

2.2. Les types d'options.....	33
2.2.1. Selon le droit d'achat ou de vente.....	33
2.2.1.1. L'option d'achat.....	33
2.2.1.2. L'option de vente.....	34
2.2.2. Selon les styles d'exercice.....	36
2.2.2.1. Une option européenne.....	36
2.2.2.2. Une option américaine.....	36
2.2.2.3. Une option Bermudeenne.....	36
2.2.3. Selon l'actif sur lequel elle porte.....	37
2.3. Historique des options.....	37
2.4. Les stratégies d'options.....	41
2.4.1. Achat d'une option d'achat (call).....	41
2.4.2. Achat d'une option de vente (Put).....	42
2.4.3. Vente d'une option d'achat (call).....	42
2.4.4. Vente d'une option de vente (put).....	43
2.5. La valeur d'une option.....	44
2.5.1 Les composantes de la valeur d'une option.....	44
2.5.1.1 La valeur intrinsèque.....	44
2.5.1.2 La valeur temps.....	45
2.5.2 Les déterminants des options.....	47
2.5.2.1. Le cours du sous-jacent.....	47
2.5.2.2. Le prix d'exercice.....	47
2.5.2.3. Date d'échéance.....	48
2.5.2.4. Taux d'intérêt.....	49
2.5.2.5. La volatilité.....	49
2.5.2.6. Les dividendes.....	50
Conclusion.....	51
<b>Chapitre II : La théorie des options réelles</b> .....	<b>52</b>
Introduction.....	53
Section I : l'émergence des options réelles.....	54
1.1. Les options réelles : une idée séduisante.....	54
1.1.1. La genèse des options réelles.....	54
1.1.1.1. Définition des options réelles.....	55
1.1.1.2. Options réelles: contexte d'émergence et de développement.....	56

1.1.2. L'apport de la méthode des options réelles.....	59
1.1.3. Domaine d'application des options réelles.....	61
1.2. Présentation des principaux types d'options réelles.....	63
1.2.1. L'option de croissance.....	64
1.2.2. L'option d'apprentissage.....	66
1.2.3. L'option de contraction.....	66
1.2.4. L'option de report ou d'attente.....	67
1.2.5. L'option d'abandon.....	68
1.2.6. L'option d'arrêt temporaire.....	70
1.2.7. L'option de choix d'input.....	71
1.2.8. L'option de choix d'output.....	71
Section 2 : les fondements de l'approche des options réelles.....	72
2.1. Les options réelles : une nouvelle règle de décision.....	72
2.2. Les conditions d'utilisation des options réelles.....	73
2.2.1. L'incertitude.....	73
2.2.2. L'irréversibilité.....	75
2.2.3. La flexibilité.....	76
2.3. Des options financières vers les options réelles.....	78
2.3.1. Les similitudes.....	79
2.3.2. Les différences.....	81
Section 3 : l'évaluation des options.....	83
3.1 Les différents modèles d'évaluation.....	84
3.1.1 Le modèle de Black & Scholes.....	85
3.1.1.1 les hypothèses du modèle Black et Scholes.....	85
3.1.1.2 la formule de Black et Scholes.....	85
3.1.1.3 le mouvement Brownien.....	88
3.1.1.4 L'absence d'opportunité d'arbitrage.....	89
3.1.1.5 la volatilité.....	90
3.1.1.6 les différentes extensions du modèle.....	91
3.1.2 Le modèle binomial.....	93
3.1.2.1 les hypothèses du modèle binomial.....	93
3.1.2.2 le principe du modèle.....	94
3.1.3 La méthode de Monte Carlo.....	97
3.1.3.1 Définition et émergence de la méthode.....	98
3.1.3.2 Le fonctionnement de la simulation Monte Carlo.....	99

3.1.3.3 Les étapes de la simulation Monte Carlo.....	100
Conclusion.....	103
<b>Chapitre III: L'applicabilité de l'évaluation par les options réelles (Cas Sonatrach)</b>	
Introduction.....	105
Section 1 : Présentation de l'organisme d'accueil.....	106
1. 1 Aspects méthodologiques.....	106
1.1.1 Le recueil des données.....	106
1.1.2 Le choix du terrain de recherche.....	107
1.2.la création et le développement de la sonatrach.....	107
1.2.1. Période 1962- 1971.....	108
1.2.2. Période 1971/1985.....	109
1.2.3. Période 1986/ 2005.....	110
1.3. Les missions de Sonatrach.....	112
1.4. Sonatrach en chiffre.....	113
1.5. Organisation de la macrostructure Sonatrach.....	114
1.5.1. La direction générale.....	116
1.5.2. Les directions fonctionnelles.....	116
1.5.3. Les structures opérationnelles.....	118
1.5.3.1. L'activité amont.....	118
1.5.3.2. Activité transport par canalisation.....	122
1.5.3.3. Activité Aval.....	123
Section 2 : le secteur des hydrocarbures, entre réalités et défis.....	124
2.1. Le pétrole entre mythe et réalité.....	124
2.2. Le secteur des hydrocarbures en Algérie.....	126
2.3.Les enjeux et spécificités du secteur des hydrocarbures.....	127
2.3.1. Les caractéristiques de l'industrie pétrolière.....	127
2.3.2. Les différents risques de l'industrie pétrolière.....	129
2.3.2 .1 Le risque géologique.....	129
2.3.2.2 Le risque économique.....	129
2.3.2.3 Le risque politique (pays) .....	131
2.3.2.4 Le risque associé .....	131
2.3.3. Le caractère spécifique de l'industrie pétrolière.....	132
2.3.3.1. L'exploitation d'une ressource naturelle non reproductible.....	132

2.3.3.2. L'existence de disparités des conditions de production (des rentes différentielles considérable).....	134
Section 3 : La prise de décision de forage ; état des lieux et perspectives.....	134
3.1 Le forage pétrolier.....	135
3.1.1 Les différents types de forages .....	136
3.1.1.1 Le forage d'exploration.....	136
3.1.1.2 Le forage d'expertise ou d'appréciation.....	136
3.1.1.3 Le forage de développement.....	136
3.1.2. La difficile décision de lancer un forage.....	136
3.2. La décision de forage au sein de la sonatrach.....	137
3.2.1 La procédure étude technico économique.....	139
3.2.1 Les critères économiques.....	141
3.2.1.1 L'approche déterministe.....	141
3.2.1.2 L'approche probabiliste.....	142
3.2.2. Résultats des évaluations des projets.....	144
3.2.2.1 L'approche déterministe.....	145
3.2.2.2 L'approche probabiliste.....	147
3.3. L'évaluation des prospectifs pétroliers par les options réelles.....	149
3.3.1. La notion du risque lors de l'évaluation d'un projet pétrolier.....	149
3.3.2. Passage d'une décision de forage vers les options réelles.....	150
3.3.3. Notre cadre d'analyse .....	151
3.3.3.1. Source d'incertitude.....	152
3.3.3.2. Flexibilité managériale.....	152
3.3.4. Evaluation de l'option.....	152
3.3.4.1. Identification et mesure des variables.....	153
3.3.4.2. Résultats et Discussion .....	155
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>164</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>168</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>176</b>



## **Résumé**

Ce travail de recherche porte sur la valorisation et l'évaluation des projets d'investissement. Il met en évidence la portée et les limites des méthodes classiques de choix d'investissement. Ces dernières, dans un contexte d'incertitude, ne sont guère suffisantes et capable de fournir une image correcte de celui-ci.

L'émergence de la théorie des options a permis aux managers la flexibilité de prendre davantage les opportunités dans l'ordre d'augmenter les profits ou de diminuer les pertes : leur valeur peut contribuer significativement à l'amélioration de la valeur totale de l'opportunité d'investissement.

Appliquée à la valorisation d'un gisement pétrolier, notre travail met en lumière l'apport de l'approche. Effectivement, la théorie des options réelles est un moyen de structuration et d'évaluation de la flexibilité managériale face à la forte volatilité des prix des hydrocarbures. Néanmoins, son application se conjugue avec des compétences techniques poussées, un bon système d'information et la présence de " l'état d'esprit " options réelles, ceci n'est pas vérifié chez le groupe pétrolier Algérien, Sonatrach.

**Mots clés** : Prise décision, investissement, options réelles, flexibilité, incertitude, volatilité

## **Abstract**

The current work comes on the valuation and assessment of investment projects. It offers the extent and limitations of investment selection methods. The net present value (NPV) method does not give a correct picture of the investment.

The development of the valuation of options by Black & Scholes (financial assets) and Myers (real assets) provide managers the flexibility to take advantage of opportunities in order to increase profits or reduce losses: their value may significantly contribute to the improvement of the total value of the investment opportunity.

Applied to the valuation of an oil field, our work clarifies or shows the contribution of the approach. Effectively real options theory is one of means of structuring and valuing managerial flexibility to address oil price uncertainty. However, its application is combined with advanced technical skills, a good information system and the presence of "state of mind " real options, which is not checked in the Algerian oil company, Sonatrach.

**Keywords**: Investment, real options, volatility, uncertainty, flexibility