

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LA FLEXIBILITÉ MANAGÉRIALE DANS LA GESTION DE PROJETS MINIERES :  
UNE ANALYSE QUALITATIVE PAR L'APPROCHE DES OPTIONS RÉELLES

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN GESTION DE PROJETS

PAR

PAUL NOBERT

OCTOBRE 2014

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

## REMERCIEMENTS

Je désire tout d'abord remercier mon directeur de recherche, Monsieur Skander Ben Abdallah, pour les nombreux conseils ainsi que l'important support qu'il m'a fourni tout au long de la réalisation de ce mémoire. Toujours disponible pour un entretien, j'ai apprécié nos rencontres où chacune de mes nombreuses questions trouvait à chaque fois leur réponse. J'en profite pour remercier les autres membres de mon comité, Madame Hélène Sicotte et Monsieur Pierre Laserre, qui m'ont aussi aidé dans la réalisation de ce mémoire.

Je souhaite également remercier personnellement tous les participants qui ont été interviewés dans le cadre de ce mémoire. Malgré leur emploi du temps chargé, ils ont su trouver une place dans leur horaire pour venir en aide à un étudiant. Sans vous, ce mémoire n'aurait jamais pu être complété. Encore une fois, merci.

J'ai également une pensée pour chacun de mes collègues chercheurs(es) qui à l'heure actuelle, sont en voie ou ont déjà déposé leur mémoire. À tous, je vous lève mon chapeau et vous souhaite la meilleure des chances dans votre future carrière en gestion de projets.

Finalement, j'en profite pour remercier ma famille et mes amis proches qui ont dû supporter mon état d'âme qui fut parfois fragilisé par les événements relatifs à cet important défi académique qu'est la réalisation d'un mémoire.

## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	iii
LISTE DES FIGURES .....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
RÉSUMÉ .....	ix
CHAPITRE 1 .....	1
INTRODUCTION .....	1
CHAPITRE 2.....	7
REVUE DE LITTÉRATURE.....	7
2.1 La flexibilité dans les projets .....	7
2.2 Les options réelles.....	10
2.2.1 L'analogie des options réelles avec les options financières.....	11
2.2.2 Les limites de l'analogie .....	13
2.3 Les leviers de la valeur des options réelles et financières.....	14
2.4 Les différents types d'options réelles.....	17
2.4.1 Les options réelles « sur » les projets.....	17
2.4.2 Les options réelles « dans » les projets .....	19
2.5 Les options réelles : une vue d'ensemble de leur application.....	20
2.5.1 Les options réelles dans les secteurs de l'énergie et des ressources naturelles ....	23
2.5.2 Les options réelles dans le domaine minier .....	24
2.6 Les limites de la théorie des options réelles.....	27
2.6.1 Des limites propres à la théorie.....	27
2.6.2 Des limites observables en pratique.....	28
2.7 Critiques, scepticisme et préoccupations quant à l'application de la théorie des options réelles en pratique .....	30

2.8 Les options réelles selon la perspective « Attention-based view » .....	33
2.9 Conclusions de la littérature.....	34
CHAPITRE 3 .....	37
CADRE CONCEPTUEL .....	37
CHAPITRE 4.....	41
MÉTHODOLOGIE.....	41
4.1 Précisions contextuelles et rappel des intérêts de recherche .....	41
4.2 Méthode de recherche .....	42
4.3 Précisions liées à la nature de l'échantillon .....	43
4.4 Précisions liées à la collecte des données .....	44
4.5 Présentation des participants.....	46
4.6 Précisions liées à l'analyse et à la confidentialité des données.....	48
4.7 Biais méthodologique .....	49
CHAPITRE 5 .....	48
PRÉSENTATION DES RÉSULTATS.....	48
5.2 L'exploitation minière au Québec.....	49
5.2.1 Contexte 2012-2013 .....	49
5.2.2 Le cycle de vie d'un projet minier .....	51
5.3 La flexibilité managériale dans les projets miniers.....	57
5.4 Leviers associés aux options réelles.....	74
5.4.1 L'incertitude.....	74
5.4.2 La fréquence de révision de la stratégie d'exploitation.....	82
5.4.3 La valeur actualisée des flux monétaires .....	84
5.4.4 Le coût de maintien de la flexibilité.....	85
5.4.5 Le coût d'exercice des options réelles .....	87
5.4.6 Le délai d'exercice des options réelles.....	90
5.4.7 Le coût d'acquisition des options réelles .....	92
5.4.8 L'échéance .....	93

5.5 L'importance des sources de flexibilité managériale dans les projets miniers .....	94
CHAPITRE 6 .....	99
DISCUSSION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS .....	99
6.1 L'effet de levier associé à l'incertitude .....	99
6.2 L'effet de levier associé à la fréquence de révision de la stratégie d'exploitation....	101
6.3 L'effet de levier associé à la valeur actualisée des flux monétaires.....	103
6.4 L'effet de levier associé au coût de maintien de la flexibilité.....	104
6.5 L'effet de levier associé au coût d'acquisition et au coût d'exercice des options réelles .....	105
6.6 L'effet de levier associé au délai d'exercice des options réelles.....	108
6.7 L'effet de levier associé à l'échéance .....	109
CHAPITRE 7 .....	110
CONCLUSION.....	110
ANNEXE A .....	114
GUIDE D'ENTREVUE.....	114
RÉFÉRENCES .....	117

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1:</b> Les neuf leviers de la valeur des options réelles dans le domaine minier .....	37
<b>Figure 2:</b> Cycle de vie d'un projet minier .....	51
<b>Figure 3:</b> Sources d'incertitude dans les projets miniers québécois .....	75
<b>Figure 4:</b> Rapport de dualité entre le coût d'acquisition et le coût d'exercice .....	106

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> Types d'options réelles et principales sources de flexibilité managériale dans les projets miniers .....	61
--	----

## RÉSUMÉ

Ce mémoire vise à évaluer qualitativement l'importance des sources de flexibilité managériale dans le domaine minier. Il s'agit également de vérifier comment les gestionnaires peuvent rehausser la valeur de la flexibilité managériale par l'intermédiaire de différents « leviers » associés aux options réelles. En particulier, on étudie les différents leviers (Leslie & Michaels, 1997) qui pourraient accroître la valeur de la flexibilité liée à la gestion des projets miniers. À cet effet, des entrevues semi-directives ont été tenues avec des gestionnaires et professionnels du secteur minier afin de cerner les plus importantes sources de flexibilité managériale en pratique. La première question de recherche est ainsi formulée : *en pratique, quelle est l'importance des sources de flexibilité managériale dans le domaine minier?* Les résultats obtenus démontrent que la flexibilité managériale est omniprésente dans la gestion de projets miniers et que les gestionnaires y ont recours tout au long de la phase de production. Plusieurs exemples cités par les personnes interviewées montrent que la possibilité d'avoir recours à la flexibilité managériale s'est avérée essentielle pour la survie des projets. La deuxième question de recherche est la suivante : *dans quelle mesure les gestionnaires peuvent-ils rehausser la valeur de la flexibilité managériale par l'intermédiaire des leviers associés aux options réelles dans le domaine minier?* Concernant le levier d'incertitude, les gestionnaires ont intérêt à diminuer le niveau d'incertitude lié à l'exécution du projet étant donné qu'une partie importante du coût d'investissement est déjà encourue. La fréquence de révision de la stratégie d'exploitation semble suffisamment élevée pour générer un impact positif sur la valeur de la flexibilité. Les gestionnaires doivent faire en sorte que le mécanisme de prise de décision soit hautement réceptif aux variations dans les variables critiques pour la rentabilité des projets. Les gestionnaires peuvent utiliser le levier de la valeur actualisée des flux monétaires en créant par exemple une séquence d'opportunités d'investissements (option d'investissement séquentiel). Comme l'augmentation de la valeur de la flexibilité résulte en l'augmentation de la valeur du projet minier, la mise en œuvre d'un projet sous-jacent à une option fait augmenter la valeur du projet. Concernant le coût de maintien de la flexibilité, les gestionnaires ont intérêt à identifier les sources de flexibilité dans le but de dresser un inventaire détaillé de ces sources et des coûts qu'elles engendrent. Il faut réduire au minimum le coût de maintien en prenant soin de ne pas nuire à l'existence des sources de flexibilité qui sont essentielles à la « survie » d'options réelles que l'on détient ou désire conserver. Il existe un rapport de dualité entre les leviers du coût d'exercice et du coût d'acquisition. Les gestionnaires tentent de trouver un compromis entre le coût d'acquisition, le coût d'exercice et la probabilité d'exercer l'option. L'impact du délai d'exercice sur la valeur d'une option est généralement important. Un court délai d'exercice s'appuie souvent sur des sources de flexibilité créées au préalable par les gestionnaires, ce qui a généralement pour effet d'augmenter les coûts d'acquisition et de maintien. Finalement, au niveau du levier d'échéance, les gestionnaires préfèrent en particulier s'assurer de « garder en vie » le plus longtemps possible les sources de flexibilité nécessaires à la survie des options réelles qu'ils détiennent ou qu'ils désirent conserver.

## CHAPITRE 1

### INTRODUCTION

En gestion de projet, l'incertitude est associée à la présence de risques qui à leur tour, ont tendance à susciter la crainte chez les gestionnaires. Pourtant, l'incertitude peut être perçue comme étant un contexte dans lequel des événements positifs et négatifs peuvent se produire (Perminova, Gustafsson, & Wikstrom, 2007). Ward and Chapman (2003) mentionnent que le terme « risque » réduit la portée d'une saine gestion de l'incertitude, car un contexte d'incertitude peut donner naissance à des opportunités à condition de disposer de sources de flexibilité. Galbraith (1977) définit l'incertitude comme étant la différence entre l'information dont on dispose et l'information qui est nécessaire au moment de prendre une décision. Cependant, les gestionnaires sont souvent forcés de prendre des décisions dans un contexte d'incertitude, mais au fur et à mesure où de nouvelles informations deviennent disponibles, ils ajustent leurs décisions en fonction de leur nouvelle lecture de la réalité (Stinchcombe, 1990 cité dans Winch, 2006). Dans ce sens, Perminova et al. (2007) mentionnent notamment les avantages d'un mécanisme flexible de prise de décision.

La flexibilité dans les projets peut prendre deux formes. Elle peut être intégrée au sein du « produit » d'un projet ou être utilisée dans le processus de prise de décision (Olsson, 2006). Dans le premier cas, il s'agit d'une flexibilité de conception alors que dans le deuxième cas, il s'agit d'une flexibilité managériale. Olsson (2006) mentionne que la flexibilité, bien que rarement planifiée, est souvent utilisée dans les projets. Cependant, il y aurait une certaine dualité entre une approche flexible et une approche efficiente. Olsson (2006) affirme que la flexibilité peut très bien « cohabiter » avec une approche efficiente si la flexibilité est bien circonscrite dans les projets: Dans cette perspective, il peut s'avérer intéressant d'opter pour un processus de prise de décision qui est flexible afin de mieux se positionner dans un contexte d'incertitude, c'est-à-dire de profiter d'éventuelles opportunités tout en limitant l'impact de risques potentiels alors associés à des impacts

négatifs sur le projet. Il s'agit donc d'une flexibilité non improvisée, mais délibérément planifiée et circonscrite dans la gestion et la planification du projet. C'est ce que propose l'approche des options réelles.

Une option réelle donne le droit et non l'obligation d'effectuer une action à un coût déterminé à l'avance à un moment précis ou durant une période donnée. Cet énoncé résulte d'une analogie avec les options financières à partir desquelles les options réelles tirent leur définition. Comme les options financières, les options réelles possèdent un caractère asymétrique, c'est-à-dire qu'elles permettent de maximiser les gains qui y sont associés tout en limitant les pertes. Myers (1977) est reconnu comme étant le premier à avoir formulé le terme « options réelles » par analogie aux options financières (Blum, 2012; Lautier, 2001; Triantis, 2005). Myers (1984) est également l'un des premiers à avoir reconnu que le calcul de la valeur actualisée nette (VAN) est limité quant à la prise en compte des options stratégiques rattachées aux décisions d'investissement. Les options réelles permettent justement d'évaluer la flexibilité et d'en tenir compte lors de la prise de décision dans un contexte d'incertitude. Toujours par analogie envers les options financières, Leslie and Michaels (1997) identifient différents « leviers<sup>1</sup> » qui influencent la valeur des options réelles. Contrairement aux options financières, les leviers propres aux options réelles peuvent être influencés par leurs détenteurs, offrant ainsi la possibilité d'effectuer une gestion proactive des options réelles en augmentant leur valeur (Leslie & Michaels, 1997).

Bien que le concept soit intéressant, les options réelles demeurent encore peu utilisées dans les organisations notamment à cause de certaines difficultés qui subsistent quant à leur application en pratique (Triantis et Borison, 2001; Triantis, 2005; Block, 2007). Colwell, Henker, and Ho (2003) affirment notamment que la contribution des études empiriques à la littérature des options réelles est assez faible, mais que les quelques études réalisées supportent généralement la validité de l'approche.

---

<sup>1</sup> L'échéance, l'incertitude reliée aux flux monétaires, la valeur actuelle des flux monétaires, le coût de maintien relié à l'existence de l'option, le taux d'intérêt sans risque et le coût d'exercice de l'option.

Le domaine de l'exploitation minière regroupe toutes les conditions essentielles à la mise en application des options réelles, à savoir la présence d'incertitude, la flexibilité reliée à l'exercice d'une option et l'irréversibilité dans la prise de décision (Lautier, 2001). Le domaine de l'exploitation minière évolue dans un environnement où les sources d'incertitude sont multiples, justifiant ainsi l'intérêt d'opter pour une gestion managériale flexible (Kazakidis & Scoble, 2003). À première vue, les opérateurs miniers bénéficient d'une certaine flexibilité lorsqu'ils exploitent une mine. À titre d'exemple, ils peuvent décider de la date de démarrage de l'exploitation, de la capacité de la mine, d'un arrêt temporaire, d'une fermeture définitive, etc. Cette flexibilité dont disposent les opérateurs miniers n'est pas prise en compte par les méthodes d'évaluation financière traditionnelles (Colwell et al., 2003).

Le domaine minier recèle peu d'études empiriques concernant l'application des options réelles. Colwell et al. (2003) affirment que la principale difficulté relève de la nature privée des investissements qui sont effectués dans cette industrie, rendant ainsi les données nécessaires à la réalisation d'études empiriques difficiles d'accès. Colwell et al. (2003) sont d'ailleurs les auteurs de l'une de ces rares études empiriques. Ayant obtenu leurs données par l'entremise d'un consultant britannique, leurs travaux concernent l'utilisation des options réelles dans la valorisation de mines d'or australiennes. Slade (2000) est également l'auteure d'une étude empirique sur l'utilisation des options réelles afin d'évaluer la flexibilité managériale dans le domaine minier en utilisant des données provenant de 21 mines de cuivre canadiennes. Les données ont été obtenues à partir de sources publiques. Dimitrakopoulos and Abdel Sabour (2007) affirment que l'applicabilité des options réelles ainsi que leur capacité à améliorer le processus de prise de décision dans le domaine minier ne sont toujours pas clairement démontrées. L'article de Dimitrakopoulos and Abdel Sabour (2007) concerne l'application des options réelles dans une mine d'or australienne. Principalement, les auteurs visent à démontrer les avantages de la méthode quant au processus de prise de décision. Leurs résultats sont d'ailleurs concluants : ils démontrent que les options réelles permettent d'identifier et d'évaluer des plans d'exploitation où la gestion managériale constitue une réponse à l'évolution incertaine de l'environnement propre à l'exploitation. La méthode traditionnelle (VAN) ne

permet pas de refléter la valeur de la gestion managériale et son impact sur la valeur de tels projets (Dimitrakopoulos & Abdel Sabour, 2007).

Afin de répondre aux préoccupations quant à la difficulté de mettre la théorie des options réelles en pratique, soit plus précisément la problématique qui entoure la complexité de la théorie, Triantis (2005) prône notamment le développement d'heuristique ou d'approches plus simplifiées en matière de création, d'exercice et d'évaluation d'options réelles. Peu d'efforts ont été déployés en vue de rendre la théorie plus accessible en matière d'évaluation des options réelles ainsi que des stratégies d'exercices qui y sont rattachées (Triantis, 2005). Leslie and Michaels (1997) affirment que le véritable pouvoir des options réelles peut être capté comme « façon de penser », soit en tant qu'outil de gestion stratégique. Il s'agit notamment de l'une des principales applications en pratique des options réelles recensées également par Triantis and Borison (2001).

Dans le présent mémoire, il est question de s'interroger sur les sources et la valeur de la flexibilité managériale compte tenu des implications contextuelles qui sont liées à la création d'options réelles dans les projets miniers. C'est là que le cadre conceptuel proposé par Leslie and Michaels (1997) devient intéressant, car celui-ci se base sur une approche qualitative qui permet aux gestionnaires de comprendre la structure des options réelles sans se heurter à l'aspect complexe de la théorie en question. Plus précisément, le cadre conceptuel de Leslie and Michaels (1997) sert d'outil de référence aux gestionnaires afin d'évaluer les impacts des différents leviers sur la valeur de la flexibilité managériale dans le domaine minier. Cet exercice permet de cerner l'importance des diverses sources de flexibilité managériale et de rehausser leur valeur en activant les différents leviers. Il s'agit donc d'effectuer une gestion proactive des options réelles lors de la gestion de projets miniers. Ainsi, à partir de ce cadre conceptuel, ce mémoire vise à évaluer qualitativement l'impact de ces différents leviers sur la valeur de la flexibilité managériale dans le domaine minier. L'approche des options réelles fait partie d'un cadre conceptuel qui permet non seulement d'évaluer l'importance des sources de flexibilité managériale, mais aussi de voir comment les gestionnaires peuvent rehausser la valeur de la flexibilité

par l'intermédiaire des leviers. Ultimement, il s'agit de répondre aux deux questions de recherche suivantes :

- 1) *En pratique, quelle est l'importance des sources de flexibilité managériale dans le domaine minier?*
- 2) *Dans quelle mesure les gestionnaires peuvent-ils rehausser la valeur de la flexibilité managériale par l'intermédiaire des leviers associés aux options réelles dans le domaine minier?*

Le reste du présent mémoire est organisé comme suit :

Le chapitre 2 est consacré à la revue de littérature. On aborde ainsi de façon générale la flexibilité dans les projets, les options réelles ainsi que leur lien conceptuel avec les options financières. Ce lien comporte certaines limites qui sont aussi exposées. Par la suite, on décrit les différents leviers ou facteurs qui déterminent la valeur des options réelles. On propose ensuite une vue d'ensemble de l'utilisation des options réelles dans le monde corporatif pour enfin citer quelques exemples de leur application dans plusieurs domaines. La revue de littérature s'achève sur les limites et les critiques adressées à l'endroit de la théorie des options réelles. Les principales conclusions de la revue de littérature permettent ensuite d'introduire le cadre conceptuel de ce mémoire ainsi que la méthodologie appliquée afin de répondre aux questions de recherche.

Le chapitre 3 présente le cadre conceptuel qui est développé en vue de répondre aux questions de recherche de ce mémoire. Le cadre conceptuel est élaboré à partir des six leviers qui influencent la valeur des options réelles selon Leslie and Michaels (1997). On observe comment l'approche des options réelles est utilisée afin d'évaluer de façon qualitative l'importance des sources de flexibilité managériale dans le domaine minier.

Le chapitre 4 décrit l'approche méthodologique qui est utilisée dans ce mémoire. On note en particulier qu'il s'agit d'une démarche qualitative d'enquête par entrevues selon

laquelle un guide d'entrevue est mis à contribution dans le cadre d'entretiens semi-directifs.

Le chapitre 5 fait office de présentation des résultats. Ce chapitre décrit les principales sources de flexibilité qui sont à la portée des gestionnaires dans les projets miniers ainsi que les circonstances selon lesquelles les gestionnaires ont recours à ces sources de flexibilité. Ce chapitre vise à répondre à la première question de recherche c'est-à-dire de connaître l'importance des sources de flexibilité managériale dans les projets miniers.

Les résultats sont discutés et interprétés au chapitre 6. Ici, il est spécifiquement question de voir comment les gestionnaires peuvent influencer la valeur de la flexibilité managériale par l'intermédiaire des leviers associés à l'existence des options réelles. Ce chapitre constitue une réponse à la deuxième question de recherche.

Ce mémoire se termine par une conclusion où on résume les principaux résultats obtenus. On expose ensuite leurs limites et on suggère des pistes de recherches futures.

## CHAPITRE 2

### REVUE DE LITTÉRATURE

#### 2.1 La flexibilité dans les projets

La flexibilité dans les projets peut prendre deux principales formes : un processus de prise de décision flexible ou un produit flexible. Bien qu'elle soit rarement planifiée, la flexibilité est fréquemment utilisée ou mise en application dans les projets (Olsson, 2006). Un processus de prise de décisions flexible se caractérise par une approche fondée sur le principe que les décisions et les engagements propres à la réalisation des projets sont effectués de façon séquentielle dans le temps. Un processus de prise de décision flexible évite l'engagement accéléré et favorise plutôt la création d'une « marge de manœuvre » en matière de prise de décision (ex : plans de contingence). Un produit flexible comportera des usages alternatifs à celui pour lequel il a été initialement créé. Olsson (2006) mentionne cependant que les deux perspectives entrent en relation. À titre d'exemple, lorsqu'un processus de prise de décision comporte un niveau de flexibilité élevé, mais que le produit comporte un faible niveau de flexibilité, la stratégie de gestion à adopter consiste à retarder le plus possible la prise de décision afin de disposer d'un maximum d'information au préalable. Les gestionnaires ont donc la possibilité d'opter pour un processus de prise de décision flexible qui compense pour un produit qui ne l'est pas. L'auteur met ensuite en évidence le rapport entre l'efficacité, l'efficience et la flexibilité managériale. Il affirme que l'efficience est directement liée à « l'*output* » d'un projet et que par conséquent, il s'agit d'une mesure « interne ». Répondre aux attentes concernant les livrables en termes d'envergure, de qualité, d'échéancier et de coûts correspond à une approche efficiente. L'efficacité serait quant à elle associée à une mesure « externe » du projet, et ce selon la contribution du résultat du projet à la valeur ajoutée aux yeux du client (Eikland, 2001, cité dans Olsson, 2006). La flexibilité serait reconnue comme étant

antagoniste à l'endroit de l'efficience dans les projets, puisqu'une approche efficiente exige qu'un projet soit défini le plus exactement possible dans la phase d'initiation et que son exécution soit effectuée selon les plans. Cependant, une approche suffisamment flexible peut permettre de limiter les pertes tout en profitant des opportunités. La valeur du projet peut alors augmenter du point de vue de l'utilisateur qui perçoit alors le projet comme étant plus efficace (Kreiner, 1995; Olsson, 2006). Même si l'efficience en matière de gestion de projets est importante et qu'il est préférable de minimiser la flexibilité au-delà de la phase d'initiation, Olsson (2006) constate que la flexibilité est souvent utilisée, et ce même après cette phase. Il apparaît alors non seulement nécessaire de se questionner sur l'importance de la flexibilité, mais il semble aussi opportun de vouloir étendre l'utilisation de la flexibilité au-delà de la phase d'initiation.

Eisenhardt, Furr, and Bingham (2010) s'intéressent également à la façon dont les gestionnaires gèrent le rapport conflictuel entre flexibilité et efficience. Les auteurs cherchent à clarifier les « microfondations » de la performance organisationnelle dans un environnement dynamique. Le terme « microfondation » fait référence aux actions entreprises tant au niveau individuel qu'à l'échelle d'un groupe d'individus et qui dans leur ensemble, constituent la stratégie de l'organisation qui vise à accroître sa performance. Eisenhardt et al. (2010) considèrent que la capacité des gestionnaires à gérer le rapport conflictuel entre l'efficience et la flexibilité influence le niveau de performance des organisations qui évoluent dans un environnement dynamique. Eisenhardt et al. (2010) font état de deux catégories de moyens qui permettent de réaliser une telle combinaison : l'ambidextrie et les semi-structures. Duncan, 1976, cité par Eisenhardt et al. (2010) affirme que selon le concept d'ambidextrie, la flexibilité et l'efficience sont deux éléments contradictoires et que par conséquent, ils sont mutuellement exclusifs. D'un point de vue organisationnel, l'ambidextrie consiste à faire coexister « efficience » et « flexibilité » au sein de deux structures organisationnelles distinctes et séparées afin de les « protéger » l'une de l'autre. La deuxième catégorie de moyens permettant de combiner « efficience » et « flexibilité » est regroupée sous l'étiquette des « semi-structures » (Eisenhardt et al., 2010). Contrairement au concept d'ambidextrie, les semi-structures prônent l'utilisation d'une approche hybride selon laquelle l'efficience et la flexibilité vont de pair. Eisenhardt

and Brown (1998) avancent le concept de « *competing on edge* » afin d'illustrer les entreprises qui sont à la fois flexibles et efficaces. Afin de clarifier les « microfondations » du processus par lequel les gestionnaires arrivent à balancer l'efficacité et la flexibilité afin d'élever le niveau de performance de leur organisation, Eisenhardt et al. (2010) se fondent sur la théorie organisationnelle et psychologique et avancent trois arguments théoriques. Ces trois arguments théoriques constituent à leurs yeux les « microfondations » du processus « d'équilibre » entre l'efficacité et la flexibilité. Premièrement, dans un contexte d'environnement instable, les gestionnaires devraient balancer « flexibilité » et « efficacité » afin d'élever le niveau de performance de leur organisation. Deuxièmement, à mesure que l'instabilité de l'environnement augmente, les gestionnaires auraient avantage à opter pour un maximum de flexibilité. Troisièmement, les gestionnaires devraient accorder beaucoup d'importance au raisonnement cognitif contradictoire inhérent au rapport conflictuel entre l'efficacité et la flexibilité. En effet, balancer « efficacité » et « flexibilité » représente un défi cognitif de taille pour les gestionnaires. Les gestionnaires doivent donc apprendre à penser de façon abstraite (Eisenhardt et al., 2010).

Ebben and Johnson (2005) ont quant à eux étudié le lien entre la flexibilité et l'efficacité en analysant celui-ci selon les stratégies adoptées par les petites entreprises dans leur offre de produits. Les auteurs considèrent que l'offre de produits est intimement liée à la stratégie opérationnelle des petites entreprises et que selon ce concept, le rapport entre la flexibilité et l'efficacité se manifeste dans une offre de produits standards (efficacité) ou sur mesure (flexibilité). Ebben and Johnson (2005) se basent sur la théorie de configuration afin de comparer la performance des petites entreprises qui poursuivent une stratégie de flexibilité ou d'efficacité en comparaison avec celles qui combinent les deux. Les auteurs se basent sur les travaux de Doty, Glick, and Huber (1993) et affirment que chacune des stratégies opérationnelles des petites entreprises, qu'elle soit flexible ou efficace, correspond à une « configuration » particulière. Les entreprises peuvent ainsi être « configurées » de façon flexible ou efficace, tandis que la poursuite d'une stratégie qui combine « efficacité » et « flexibilité » correspond à une « configuration » de type hybride (Ebben & Johnson, 2005). Les auteurs utilisent l'envergure des entreprises

(petites ou grandes) à titre de variable de contrôle, car ils estiment que cette dernière influence leur stratégie et configuration respective et par conséquent, leur performance. Ils mettent ainsi en perspective les stratégies de flexibilité et d'efficience sur la base d'une croyance populaire qui veut que les petites entreprises aient intérêt à opter pour la flexibilité, quoique des arguments permettent également d'affirmer le contraire (Ebben & Johnson, 2005). Étant donné que les aspects de « configuration » de flexibilité et d'efficience entrent en conflit, les auteurs émettent le postulat que les entreprises qui optent pour une stratégie hybride sont sujettes à connaître des difficultés. Ainsi, c'est sur la base de ce postulat que les auteurs ont confirmé leur hypothèse à l'égard du fait que les petites entreprises qui optent pour une stratégie hybride, soit à la fois « efficiente » et « flexible », performent moins que les petites entreprises qui optent pour l'une ou l'autre des stratégies. Aucune différence du point de vue de la performance n'a été décelée entre les petites entreprises qui optent pour une stratégie de flexibilité et celles qui optent pour une stratégie d'efficience (Ebben & Johnson, 2005). Il est important de noter qu'en termes de limites à leur étude, Ebben and Johnson (2005) mentionnent que les entreprises étudiées sont toutes issues du secteur manufacturier où les stratégies de flexibilité et d'efficience sont facilement identifiables. De ce fait, on ne peut généraliser ces résultats à tous les secteurs.

## 2.2 Les options réelles

Par analogie avec les options financières, la définition du terme « option réelle » est la suivante : « *Une option réelle constitue un droit et non une obligation d'effectuer une action à un prix déterminé à l'avance à une date précise ou durant une période donnée*<sup>2</sup> » (Wang, 2005 p.96). Les fondements de l'intégration des options réelles au sein des mécanismes de prise de décision sont assez récents. Ceux-ci remontent aux travaux de Black and Scholes (1973) qui pour la première fois, développèrent un modèle permettant de valoriser une option financière. C'est Stewart Myers (1977) qui fit la première analogie entre une option financière et une option réelle proposant du même coup une approche

---

Traduction libre<sup>2</sup>

permettant de valoriser cette option réelle (Lautier, 2001). D'ailleurs, dans son article publié dans le *Journal of Financial Economics*, Stewart C. Myers écrit :

*Many corporate assets, particularly growth opportunities, can be viewed as call options. The value of such 'real options' depends on discretionary future investment by the firm (Myers, 1977 p.1).*

Dixit and Pindyck (1994) ont mis en lumière l'irréversibilité rattachée à la plupart des décisions d'investissements qui sont prises dans un contexte d'incertitude, attribuant ainsi une valeur à l'option d'attendre de disposer de plus d'information avant de prendre des décisions. Dixit and Pindyck (1994) affirment également que les opportunités d'affaires et les projets sont des options. Trigeorgis (1996) parvient à vulgariser et à rendre plus accessible la théorie des options réelles pour les non-spécialistes. Le concept derrière la théorie des options réelles provient des options financières d'où l'analogie des options réelles avec les options financières (Blum, 2012; Lautier, 2001; Wang, 2005).

### 2.2.1 L'analogie des options réelles avec les options financières

L'analogie avec les options financières constitue la base nécessaire à la bonne compréhension de ce que sont les options réelles. Les options financières sont regroupées selon deux catégories bien distinctes : les options d'achats et les options de ventes. Les options d'achats (*call options*) permettent à leur détenteur de disposer du droit d'acquérir un actif à un coût spécifique à l'intérieur d'une période donnée ou à une date précise. Les options de ventes (*put options*) suivent la même logique, mais au lieu de disposer du droit d'acheter, le détenteur dispose d'un droit de vente. La notion temporelle est également importante. Si le détenteur d'une option d'achat ou de vente peut exercer son droit à une date précise, il s'agit ici d'une option européenne. Par contre, si le détenteur d'une option d'achat ou de vente peut exercer son droit jusqu'à son échéance, il s'agit alors d'une option américaine. L'élément central des options est donc le caractère asymétrique des gains à réaliser par rapport aux pertes possibles. Moyennant un coût d'acquisition relativement faible, si les conditions sont jugées défavorables, le détenteur d'une option

aura la possibilité de limiter ses pertes en s'abstenant de l'exercer. Dans le cas contraire, si de bonnes conditions se concrétisent, celui-ci aura l'occasion de maximiser ses gains en exerçant son option.

L'analogie des options réelles avec les options financières s'explique d'abord par le fait que comme les options financières, les options réelles peuvent être de deux types : les options réelles de vente et les options réelles d'achat. Les options réelles possèdent également un caractère asymétrique qui suit la même logique que celle décrite plus haut. De plus, contrairement aux options financières, une option réelle se rapporte à un actif réel et non financier. L'option réelle correspond essentiellement à la possibilité d'investir ou encore de se départir d'un investissement. Une option réelle d'achat donne ainsi le droit à son propriétaire d'investir selon un coût fixé d'avance (prix d'exercice ou *strike price*) durant une période donnée (option américaine) ou à une date précise (option européenne). Selon Lautier (2001), on peut par exemple imaginer qu'un individu découvre qu'il dispose d'une certaine quantité de pétrole sur sa propriété. L'individu se retrouve alors devant une option d'achat, quoiqu'il dispose également d'une option de vente. L'option d'achat est cependant ici plus appropriée. Il s'agit d'une option réelle, car le propriétaire du gisement de pétrole dispose d'un actif réel sur lequel repose un droit d'exploiter ou non ce gisement. Le prix d'exercice de l'option est équivalent à l'investissement qui sera nécessaire pour extraire ce pétrole. Bien sûr, en admettant ici que l'individu est propriétaire de cette ressource, il peut entreprendre cet investissement à n'importe quel moment (option américaine). Il est à noter que plusieurs options réelles n'ont pas une date d'échéance bien définie.

Comme le mentionne Lautier (2001), à l'instar des options financières, une option réelle est à la fois un produit dérivé et un actif asymétrique. Dans le cas de l'individu possédant le gisement de pétrole, l'option réelle d'achat dont il dispose est un produit dérivé, car sa valeur dépend d'un autre actif (actif sous-jacent ou actif de support). Dans ce cas précis, l'actif sous-jacent est le projet d'exploitation du gisement et la valeur de l'option réelle dépend de la valeur de ce projet d'exploitation. L'individu possède donc le droit et non l'obligation d'investir en vue d'initier le processus d'exploitation. En admettant que celui-

ci décide d'investir, car le prix de marché du baril de pétrole observe une forte hausse depuis quelque temps, l'individu voit ses pertes limitées au prix d'exercice (décision d'investir pour initier la production) initial alors que ses gains peuvent être beaucoup plus importants que celui-ci. Cette situation reflète alors le caractère asymétrique de l'option réelle d'achat dont dispose cet individu.

### 2.2.2 Les limites de l'analogie

L'analogie des options réelles avec les options financières comporte certaines limites. Lautier (2001) soutient que le caractère asymétrique des options réelles ainsi que la nature de l'actif de support (sous-jacent) diffèrent par rapport aux options financières.

Contrairement aux options financières, le caractère asymétrique des options réelles n'est pas relié à l'existence d'une relation entre un acheteur et un vendeur. En effet, les options financières sont acquises sur le marché et leur existence est attribuable à la présence de ces deux acteurs. Dans le cas des options réelles, il n'est souvent question que d'un seul de ces acteurs, soit l'acheteur de l'option (Lautier, 2001). Toujours selon Lautier (2001), cette limite soulève deux principales préoccupations. La première concerne l'établissement de la valeur d'une option réelle alors que l'on sait qu'elle ne se transige pas sur le marché. La deuxième préoccupation concerne la création des options réelles. Contrairement à une option financière, le détenteur d'une option réelle n'acquiert pas son option sur le marché, il la crée au moyen d'une ou plusieurs actions concrètes qui lui permettront d'exercer son option dans le futur. Ces deux préoccupations sont discutées dans la section 2.3 qui traite des leviers influençant la valeur des options réelles et financières.

Le caractère asymétrique que l'on attribue aux options réelles possède une autre limite. Le coût d'acquisition d'une option financière sur le marché peut sembler dérisoire par rapport aux gains potentiels que son détenteur peut réaliser. Advenant des conditions non favorables, s'abstenir d'exercer l'option en question comporte peu de conséquences. Par

ailleurs, Garvin and Ford (2012) remarquent que le fait de s'abstenir d'exercer une option réelle a pour effet de diminuer la valeur des projets, puisque les sommes encourues par l'acquisition d'une option réelle (ex : technologie plus dispendieuse) afin de bénéficier de la flexibilité peuvent être importantes. Ainsi, ne pas exercer l'option réelle correspond à un investissement effectué inutilement. Tout dépend alors de la valeur que l'on accorde au simple fait de bénéficier de la flexibilité. Cela sous-entend que si l'on doit investir dans la création d'une option réelle afin de pouvoir l'exercer dans le futur, celle-ci doit en théorie être exercée pour véritablement apporter une valeur ajoutée au projet.

On se rappelle que les options financières s'appuient sur un sous-jacent purement financier (ex : action d'une entreprise) alors que dans le cas des options réelles, le sous-jacent correspond à un actif réel (ex : un projet). Selon Lautier (2001), cette importante différence soulève au moins deux faits. Premièrement, les actifs financiers peuvent être échangés assez facilement sur le marché alors que cela n'est pas toujours aussi évident dans le cas d'un actif réel. Deuxièmement, les informations qui concernent un actif financier sont relativement faciles à obtenir contrairement aux actifs réels.

### 2.3 Les leviers de la valeur des options réelles et financières

Leslie and Michaels (1997) se questionnent sur les raisons derrière le faible taux d'utilisation des options réelles dans les entreprises. On aura l'occasion de discuter davantage de cette question dans les prochaines sections de ce mémoire. Néanmoins, Leslie and Michaels (1997) croient que la théorie des options réelles est difficile à mettre en œuvre. La littérature fait état d'un niveau de complexité qui devient de plus en plus important à mesure que l'on décide d'aller plus loin que la simple compréhension et l'application de son concept. L'application la plus simple des options réelles en pratique est leur utilisation comme « façon de penser » (Triantis & Borison, 2001). Cependant, le niveau de complexité dont font état Leslie and Michaels (1997) concerne davantage l'utilisation des options réelles comme outil d'analyse ou comme pratique intégrée aux

processus organisationnels (Triantis & Borison, 2001). On aura également l'occasion de couvrir cet aspect un peu plus loin dans la section 2.5 de ce mémoire.

Leslie and Michaels (1997) notent que les gestionnaires n'ont pas nécessairement à maîtriser les aspects techniques de valorisation des options réelles pour mettre en application l'essentiel de la théorie. En effet, les options réelles peuvent servir à titre d'outil de gestion stratégique et c'est là où réside leur « véritable pouvoir » (Leslie & Michaels, 1997). Dans ce sens, peu d'attention est portée à l'endroit d'une gestion proactive des options réelles qu'est la possibilité dont disposent les gestionnaires d'entreprendre des actions dans le but d'influencer leur valeur (Leslie & Michaels, 1997).

Afin d'illustrer la gestion proactive de la flexibilité, Leslie and Michaels (1997) proposent un cadre théorique qui décrit les différents leviers qui permettent d'influencer la valeur de la flexibilité (ou des options réelles). Les auteurs proposent une série d'actions associées à chaque levier qui permet aux gestionnaires d'influencer la valeur des options réelles. Il s'agit ici d'exploiter une différence fondamentale entre les options réelles et les options financières. En effet, contrairement aux détenteurs d'options financières, les gestionnaires peuvent influencer la valeur de la flexibilité (ou des options réelles) en « actionnant » les différents leviers. Il est important de mentionner que les gestionnaires doivent apprendre à choisir leurs leviers en fonction du contexte dans lequel ils se trouvent. Les leviers n'ont pas nécessairement les mêmes impacts sur la valeur de la flexibilité, et ce d'une organisation et même d'un projet à l'autre. La possibilité d'actionner l'un ou l'autre des leviers varie aussi selon le contexte propre à l'organisation (Leslie & Michaels, 1997). Ces leviers sont créés par analogie aux options financières, c'est-à-dire que l'on retrouve les mêmes leviers qui influencent la valeur des deux types d'options. Cependant, certaines nuances subsistent. Les prochaines lignes visent à décrire les différents « leviers » et à montrer les nuances qui existent entre les leviers associés aux options réelles et ceux associés aux options financières selon Leslie and Michaels (1997).

Le premier levier concerne le prix du stock (ex : action d'une entreprise). L'option financière est acquise sur la base de ce stock. Dans cette perspective, ce levier correspond

alors à la valeur actualisée des flux monétaires qui sont associés à l'opportunité d'investir. Ce levier a une influence positive sur la valeur d'une option réelle. Si on augmente la valeur actualisée des flux monétaires associés à l'opportunité d'investir, l'option rattachée à cette opportunité prend de la valeur.

Le deuxième levier concerne le coût d'exercice. Dans le cas des options réelles, ce levier correspond à la valeur actualisée de l'ensemble des coûts fixes rattachés à une opportunité d'investir. Ces coûts correspondent alors à l'exercice de l'option réelle ou aux sommes encourues afin de transformer l'opportunité en un projet. Ce levier a un impact négatif sur la valeur d'une option réelle.

Le troisième levier est l'incertitude. Dans le cas des options financières, ce levier correspond à l'incertitude liée au prix de l'actif financier. Dans le cas des options réelles, ce levier fait cette fois-ci référence à un actif réel, soit plus précisément à l'incertitude liée aux flux monétaires générés par cet actif. Ce levier a un impact positif sur la valeur d'une option réelle. Ceci s'explique intuitivement par le fait que le détenteur d'une option réelle ne subit théoriquement que les « impacts positifs » d'une augmentation de l'incertitude.

Toujours selon Leslie and Michaels (1997), le quatrième levier est l'échéance. Pour les options financières, l'échéance correspond à la date d'expiration de l'option avant laquelle l'option se doit d'être exercée. Après cette date, l'option perd instantanément sa valeur. Dans le cas des options réelles, l'échéance n'est pas aussi bien définie que dans le cas d'une option financière. Ce levier correspond néanmoins à la période durant laquelle l'opportunité d'investir demeure active. Ce levier a un impact positif sur la valeur des options.

Le cinquième levier concerne les dividendes. Dans le cas des options financières, les dividendes sont des sommes payées de façon régulière au détenteur du stock. Pour une option financière d'achat (call), reporter l'exercice de l'option afin de préserver plus longtemps la flexibilité implique un report de l'obtention des dividendes, soit un coût en termes de revenus reportés. Dans le cas des options réelles, les dépenses qui sont

nécessaires au « maintien en vie » d'une option réelle peuvent être considérées comme des dividendes payés par le détenteur de l'option. Ainsi, ce levier a un impact négatif sur la valeur de l'option réelle.

Le sixième et dernier levier identifié par Leslie and Michaels (1997) est le taux d'intérêt sans risque. L'impact du taux d'intérêt sur la valeur des options réelles suscite la controverse (Dixit & Pindyck, 1994; Ingersoll Jr & Ross, 1992). En effet, un plus grand taux d'intérêt fait augmenter la valeur de l'option en réduisant la valeur actualisée du coût d'exercice. Par contre, un plus grand taux d'intérêt réduit également la valeur actualisée des revenus futurs ce qui a pour effet de faire diminuer la valeur de l'option.

## 2.4 Les différents types d'options réelles

On peut aussi classer les options réelles en deux catégories selon le type de flexibilité qu'elles offrent : les options « dans » les projets et les options « sur » les projets (de Neufville, 2004; Wang, 2005).

### 2.4.1 Les options réelles « sur » les projets

Dans le présent mémoire, on s'intéresse aux options « sur » les projets. En effet, les options « sur » les projets font essentiellement référence à la flexibilité du mécanisme de prise de décision en gestion de projet. Elles font l'objet de la majorité des études publiées dans la littérature sur les options réelles et font surtout référence à la valorisation d'opportunités d'investir. Les options « sur » les projets sont identifiées et perçues de façon holistique et sont applicables sur l'ensemble d'un projet. Plus faciles à identifier que les options « dans » les projets, les options « sur » les projets requièrent souvent le déploiement de modèles de valorisation complexes pour assister les gestionnaires dans la prise de décision (Wang, 2005). Trigeorgis (2002) décrit les principaux types d'options

« sur » les projets en prenant pour exemple un projet d'exploitation minière. Voici les principales options réelles « sur » les projets.

Tout d'abord, l'option de reporter une décision (*defer option*) correspond à une approche de type « *wait and see* ». Dans le cas d'un site d'exploitation minière, l'option de reporter une décision peut correspondre à l'acquisition d'un bail d'exploitation par l'entreprise qui exploite la mine. Le bail donne ainsi la possibilité à l'entreprise de bénéficier d'une marge de manœuvre quant au moment de démarrer l'exploitation. Par analogie aux options financières, cette option réelle correspond à une option d'achat américaine, puisqu'elle peut être exercée à n'importe quel moment jusqu'à échéance (durée du bail).

Toujours selon Trigeorgis (2002), l'option d'investissement séquentiel (*time-to-build option*) consiste à fragmenter un investissement majeur en plusieurs investissements de moins grande envergure qui sont étalés dans le temps. Dans un contexte d'incertitude, l'entreprise qui exploite la mine pourrait entreprendre un projet d'expansion en investissant de façon séquentielle dans le but de s'assurer que les conditions de marché demeurent optimales. L'entreprise se donne ainsi la possibilité d'abandonner ou de suspendre son projet à chaque fois que la décision d'investir davantage se présente. Ce type d'option « sur » les projets correspond à plusieurs options d'achats réparties dans le temps. Si on tient pour acquis que la décision de poursuivre le projet se présente à chacune des nouvelles phases de ce projet (décision de poursuivre l'investissement), cette option réelle est plutôt européenne, car la décision de poursuivre l'investissement devra être prise en pratique à des dates plus ou moins précises et ponctuelles.

Par la suite, les options d'expansion ou de contraction (*scaling, growth or contract option*) peuvent être créées lorsque l'entreprise d'exploitation minière décide, avant même d'entreprendre ses activités, de se munir d'une technologie « ajustable ». Suivant les conditions de marché, l'entreprise peut ainsi choisir d'ajuster sa capacité de production selon par exemple les conditions du marché. Advenant de mauvaises (ou bonnes) conditions de marché, l'entreprise peut choisir d'exercer l'option de contraction (ou d'expansion) dans le but de limiter ses pertes (ou augmenter ses gains).

L'option d'échange (*switch option*) peut par exemple correspondre à la possibilité qu'a l'entreprise minière de développer un marché secondaire en lien avec son exploitation. Lorsque les conditions se dégradent dans ses activités principales, l'entreprise peut alors exercer son option d'échange en misant sur l'exploitation de son marché secondaire. Cette option entretient un rapport de similitude à l'endroit d'une option d'achat de type américaine, puisque celle-ci peut être exercée à n'importe quel moment durant le cycle de vie du projet.

Wang (2005) fait également état de l'existence d'options composées et d'options parallèles (*compound option, multiple interacting option*). Dans le cas d'une option « sur » les projets, ce type d'option concerne les interdépendances qui existent entre différentes options réelles. Une option composée correspond à une option sur une option. Wang (2005) cite l'exemple de l'opportunité qu'a une entreprise de R&D d'amener un nouveau produit en production de masse. Cette opportunité correspond à une option identifiée « sur » un projet de R&D dont la valeur dépendra fortement de l'opportunité de démarrer le projet de R&D en question. Wang (2005) insiste sur l'importance de pouvoir valoriser les options composées afin de promouvoir l'applicabilité de la théorie des options réelles dans le « vrai monde ». Cependant, il avoue que cette valorisation se heurte à plusieurs difficultés, dont le nombre souvent élevé d'options interdépendantes et la multitude de paramètres qui les accompagnent.

#### 2.4.2 Les options réelles « dans » les projets

Les options réelles « dans » les projets étaient encore peu explorées dans la littérature (Wang, 2005), mais ont commencé à émerger récemment (Cardin & de Neufville, 2009). Cette famille d'options réelles provient du domaine de l'ingénierie. Comme le nom de leur famille l'indique, les options réelles « dans » les projets font référence à des options qui sont incorporées au sein même des composantes des « produits ». de Neufville (2004) affirme notamment que le concept derrière ce type d'options réelles consiste à générer de la flexibilité en intégrant des composantes particulières lors de la conception d'un produit.

de Neufville (2004) cite notamment l'exemple du pneu de secours qui est inclus dans toute nouvelle voiture produite et vendue sur le marché et qui permet de bénéficier de la flexibilité de pouvoir faire face à une crevaison lorsqu'elle se produit. L'option est exercée lorsque l'on installe le pneu de secours suite à la crevaison. Les options réelles « dans » les projets peuvent ainsi prendre plusieurs formes, si bien qu'elles sont difficiles à identifier ou à classer de la même façon que les options « sur » les projets. Créer ou identifier des options réelles « dans » les projets requiert souvent l'assistance de ressources spécialisées en ingénierie (de Neufville, 2004; Martinez Cesena, Mutale, & Rivas-Davalos, 2012; Wang, 2005). Wang (2005) affirme que les options réelles « dans » les projets consistent à aider à prendre des décisions de type « *GO* » ou « *NO GO* » contrairement aux options réelles « sur » les projets où la valorisation est beaucoup plus importante. La notion d'interdépendance est une préoccupation majeure en ce qui concerne les options « dans » les projets, puisque d'un point de vue technologique, certaines contraintes peuvent rendre difficiles l'identification et la conception de ce type d'option (Wang, 2005).

## 2.5 Les options réelles : une vue d'ensemble de leur application

L'approche des options réelles, bien qu'elle comporte certaines limites et que son utilisation ne soit pas généralisée, s'est solidement ancrée dans le milieu corporatif depuis près d'une dizaine d'années (Triantis & Borison, 2001). Block (2007) présente les résultats d'un sondage auprès d'entreprises listées et classées dans le *Fortune 1000*, liste des mille plus grandes entreprises américaines publiée par la revue américaine *Fortune*<sup>3</sup>. Parmi les mille entreprises auxquelles le sondage était destiné, 279 ont répondu à l'appel. L'objectif de ce sondage était de constater l'ampleur de la pratique des options réelles. Parmi les 279 répondants, seulement 40 entreprises utilisent les options réelles. Cependant, parmi les 239 entreprises qui n'utilisent pas les options réelles, 43,5% d'entre elles affirment prévoir utiliser les options réelles dans un avenir rapproché alors que 15,9% ont démontré un intérêt envers le concept sans pour autant spécifier si elles allaient

<sup>3</sup> <http://www.fortune500-app.com/>

décider un jour de passer à l'acte. Seulement 26,3% des 239 entreprises qui n'utilisent pas les options réelles rejettent totalement l'idée de reconsidérer la question.

L'élément sans doute le plus pertinent en ce qui concerne les options réelles est le fait que, contrairement aux approches traditionnelles, elles permettent de tenir compte de la valeur qui est associée à la flexibilité dont disposent les gestionnaires lorsqu'ils prennent des décisions en situation d'incertitude. La flexibilité dont il est question ici peut notamment correspondre à la possibilité de reporter un projet d'investissement, d'investir en vue d'augmenter la capacité de production voire même d'abandonner un projet d'investissement en cours de réalisation. Les options réelles visent donc à tenir compte de l'incertitude dans la prise de décision palliant ainsi la lacune des approches traditionnelles qui, en ne tenant pas compte de la valeur de la flexibilité, sous-estiment souvent la valeur des projets.

Comme mentionné précédemment, Myers (1987) fut l'un des premiers auteurs à affirmer que l'approche traditionnelle basée sur l'actualisation des flux monétaire (DCF : *discount cash flow*) ou la VAN présente certaines limites lorsqu'il s'agit d'évaluer la valeur des investissements présentant notamment plusieurs options stratégiques (Wang, 2005). La valeur actuelle nette (VAN) qui résulte d'un tel calcul risque de sous-estimer la valeur réelle des projets (Lautier, 2001). Dans ce même ordre d'idée, Yeo and Qiu (2003) affirment que l'approche DCF assume implicitement qu'un projet se déroulera de façon stable à travers le temps durant une période prédéfinie. Bien qu'étant simpliste, une telle approche a au moins le mérite de donner une bonne idée de la rentabilité d'un projet. Néanmoins, elle ne tient pas compte de la valeur de la flexibilité managériale puisqu'on peut à tout moment altérer la décision planifiée afin d'augmenter les chances de profitabilité tout en limitant les pertes.

Triantis and Borison (2001) proposent une vue d'ensemble de l'utilisation de l'approche des options réelles et dressent un portrait simple des motivations et des méthodes d'applications de cette approche dans le monde corporatif. L'intérêt principal qu'ont les entreprises à utiliser les options réelles se fonde d'abord sur leur propriété à faire face et

même à tirer profit du contexte d'incertitude. Le fait de pouvoir attribuer une valeur plus précise aux projets d'investissement ainsi que la possibilité de lier concrètement le processus de prise de décision à des sources d'incertitude internes et externes sont les deux autres principales motivations qui poussent les entreprises à choisir l'approche des options réelles. Toujours selon Triantis and Borison (2001), les options réelles sont appliquées selon trois concepts qui sont intimement liés à ces différentes motivations.

La première méthode d'application identifie les options réelles comme étant une « façon de penser ». La logique des options réelles dresse ainsi les bases d'un langage permettant d'aborder la prise de décision de façon qualitative. Les gestionnaires deviennent ainsi plus habiles à identifier les choix stratégiques rattachés à chaque décision. Cette application des options réelles ne concerne pas l'aspect de valorisation. Par conséquent, il s'agit essentiellement de comprendre les prémisses de base derrière la théorie des options réelles.

La deuxième méthode d'application concerne l'utilisation des options réelles comme outil d'analyse. Cette application concerne spécifiquement l'aspect de valorisation des options réelles. Les gestionnaires s'appuient sur la valeur des différentes options réelles qu'ils créent ou identifient afin de les aider à prendre des décisions. Cette méthode d'application requiert le développement de modèles de valorisation mathématiquement complexes. Il s'agit ici d'aller beaucoup plus loin qu'une simple utilisation des options réelles comme « façon de penser », et ce, d'autant plus que les paramètres qui doivent être modélisés afin de valoriser les options en fonction d'une vraie lecture de la réalité sont parfois difficiles à identifier ou à modéliser.

Finalement, la troisième méthode d'application traite de l'utilisation des options réelles comme partie intégrante des processus organisationnels. À ce stade, l'entreprise identifie et crée des options tant à l'échelle de ses projets qu'au niveau de son portefeuille de projets. Les projets sont donc sélectionnés et priorisés en fonction d'une analyse basée sur l'application des options réelles. Cette méthode concerne autant l'aspect de valorisation des options réelles que la maîtrise de leur concept. Étant donné que les options réelles

augmentent la valeur des projets, les entreprises utilisent parfois les options réelles afin d'augmenter à la fois la valeur de leurs investissements ainsi que la valeur de l'avoir des actionnaires de l'entreprise (Triantis & Borison, 2001).

### 2.5.1 Les options réelles dans les secteurs de l'énergie et des ressources naturelles

L'application de l'approche des options réelles dans les secteurs de l'énergie et de l'exploitation des ressources naturelles a également été très populaire, et ce, depuis la fin des années 80. Wang (2005) recense plusieurs cas où l'approche des options réelles est utilisée dans ces secteurs. Par exemple, Siegel, Smith, and Paddock (1987) estiment la valeur de baux pétroliers et démontrent que l'utilisation des options réelles est plus convenable que l'approche traditionnelle d'évaluation financière de projet. Un autre exemple est celui de Cherian, Patel, and Khripko (2000) qui déterminent à l'aide des options réelles le taux d'extraction optimal de ressources non renouvelables en fonction des coûts accumulés.

Le milieu forestier comporte également plusieurs applications. À titre d'exemple, Conrad (1997) utilise les options réelles afin de comparer la valeur de l'option d'exploiter la *Forêt de Headwaters* de l'État de Californie aux États-Unis par rapport à celle de sa préservation. Celui-ci démontre que la valeur d'aménité de la forêt doit être supérieure à un certain seuil afin de justifier sa préservation. Insley (2002) utilise l'approche des options réelles afin d'optimiser la coupe des arbres où la source de l'incertitude est le prix du bois. Kassari and Lasserre (2004) proposent une approche d'options réelles afin d'évaluer la valeur de la biodiversité ainsi que la préservation d'espèces. Ils supposent que l'extinction d'une espèce est irréversible et que la valeur future liée à leur utilisation ou consommation est incertaine.

Yepes Rodríguez (2008) propose un modèle fondé sur la théorie des options réelles afin d'évaluer la valeur de la flexibilité en termes de choix d'une destination finale dans un projet d'oléoduc d'approvisionnement de gaz naturel liquide. Il démontre que la flexibilité

dans la prise de décision constitue une partie importante de la valeur d'un tel projet. Fan and Zhu (2010) appliquent quant à eux la théorie des options réelles en vue de mesurer la valeur des investissements pétroliers chinois en prenant soin d'intégrer dans leur modèle des variables incertaines telles que le prix du pétrole et le taux de change. Ces auteurs soulignent la généralité de leur modèle, car celui-ci peut également s'appliquer à tout autre pays qui désire faire des investissements pétroliers à l'étranger.

### 2.5.2 Les options réelles dans le domaine minier

Le secteur d'exploitation minière a également fait l'objet de nombreuses études en ce qui a trait à l'utilisation de l'approche des options réelles. Bien que la littérature comporte plusieurs exemples de modèles théoriques, les applications réelles et les études empiriques demeurent assez rares. Colwell et al. (2003) expliquent que l'une des raisons pour lesquelles il est difficile de réaliser de telles études dans le domaine minier est la difficulté d'obtenir des données pertinentes et complètes, car les investissements effectués dans ce domaine sont souvent privés et confidentiels.

Le haut niveau de risque ainsi que le climat d'incertitude en général font de l'industrie d'exploitation minière un milieu qui se prête bien à l'approche des options réelles. Kazakidis and Scoble (2003) reconnaissent que le milieu de l'exploitation minière est sujet à un niveau d'incertitude élevé. Les sources d'incertitude peuvent être internes, c'est-à-dire que celles-ci sont directement liées à l'exploitation elle-même, dont la qualité du gisement exploité et les conditions environnementales. Les projets miniers sont également sujets à des sources d'incertitude externes. Celles-ci proviennent entre autres des conditions de marché propres au minerai exploité telles que le prix, les différentes conditions liées à l'environnement telles que le contexte politique, l'aspect légal ou toutes relations impliquant diverses parties prenantes ou facteurs externes au projet qui sont susceptibles d'influencer son déroulement. À la lumière de ces différentes sources d'incertitude, Kazakidis and Scoble (2003) affirment qu'il est non seulement utile, mais souhaitable d'opter pour une gestion managériale flexible.

Colwell et al. (2003) ont utilisé l'approche des options réelles pour évaluer empiriquement des mines d'or en Australie. Les auteurs ont obtenu leurs données par l'entremise d'un consultant britannique *Brook Hunt mining and metal*. Les données concernent la période de 1992 à 1995. Leurs résultats supportent la validité des options réelles en tant qu'approche permettant de tenir compte de la flexibilité dans les projets miniers. Cependant, Colwell et al. (2003) affirment que la valeur attribuée aux options réelles de fermeture, d'ouverture et d'abandon de la mine est considérablement affectée par les erreurs de modélisation des différents paramètres liés à l'incertitude. Dimitrakopoulos and Abdel Sabour (2007) ont proposé un modèle d'évaluation d'un projet d'exploitation minière en Australie par l'approche des options réelles. Leur modèle, basé sur une simulation Monté Carlo, tient non seulement compte des multiples sources d'incertitude (prix du minerai, le taux de change, etc.), mais aussi de la variabilité intrinsèque des paramètres qui influencent les flux monétaires que l'on observe dans les projets miniers tels que la qualité du gisement et le coût de son extraction. Dimitrakopoulos and Abdel Sabour (2007) affirment que l'utilisation de l'approche des options réelles peut avoir des impacts sur la profitabilité des projets miniers, et ce, puisqu'elle permet d'optimiser le processus de prise de décision. Ils ont démontré que la méthode basée sur l'analyse des options réelles est plus performante notamment pour identifier la meilleure conception initiale d'un complexe minier, soit la conception offrant plus de flexibilité pour une meilleure exploitation dans un contexte d'incertitude. Ils démontrent qu'une telle conception permet d'augmenter la valeur des projets miniers de 11-18%.

Cardin, de Neufville, and Kazakidis (2008) ont développé un modèle théorique permettant de valoriser la possibilité d'exercer une option d'expansion ou de contraction au cours de la durée de vie d'un projet minier. Ces auteurs ont mis de l'avant le concept du « catalogue » de plans d'action qui se caractérise par l'identification de quelques scénarios majeurs d'exploitation. Cardin et al. (2008) constatent que les gestionnaires du secteur minier disposent de la possibilité de concevoir plusieurs plans d'exploitation qui dépendent d'un grand nombre de variables incertaines. Ils ont également constaté qu'en pratique, les gestionnaires mettent en place des plans d'exploitation basés sur un seul scénario déterministe. Pour remédier à cette situation, les auteurs proposent la conception

d'un plan d'exploitation flexible défini à partir d'un « catalogue » de plans d'action majeurs prédéfini. Ces plans d'action seront mis en œuvre dépendamment de l'évolution des plus importantes variables incertaines.

À titre d'illustration, l'application proposée par Cardin et al. (2008) considère l'incertitude par rapport au prix de marché du minerai exploité; on propose alors trois plans d'action majeurs dont la mise en œuvre dépend de l'évolution du prix de marché du minerai. Ces scénarios (statu quo; positif; négatif) correspondent respectivement à une exploitation inchangée, à l'exercice de l'option d'expansion ou à l'exercice de l'option de contraction. Dans leur modèle, les auteurs simulent l'exercice de l'une ou l'autre de ces options à la moitié de la durée de vie de la mine. Cardin et al. (2008) ont également déterminé deux seuils (un seuil suffisamment élevé et un autre suffisamment bas) qui déclenchent l'exercice de l'une ou l'autre des options (d'expansion ou de contraction) en fonction du prix du minerai. La poursuite du scénario d'exploitation initial (statu quo) est prévue si le prix du minerai exploité se situe entre ces deux seuils. Ces seuils sont déterminés en fonction d'un compromis entre le coût d'investissement pour la mise en œuvre d'un nouveau plan d'exploitation (expansion ou contraction) et les revenus à récupérer ou les pertes à éviter. La théorie des options réelles permet de calculer ces seuils de manière à ce que la décision d'exercer l'une ou l'autre des options soit non seulement justifiée d'un point de vue financier, mais aussi rarement compromise par une évolution du prix de marché du minerai qui sera défavorable à la mise en œuvre d'un nouveau plan d'action. La valeur de la flexibilité, c'est-à-dire la différence entre la valeur du projet avec un plan d'exploitation inchangé et la valeur du projet avec la possibilité de changer le plan d'exploitation au milieu de la durée de vie de la mine, est obtenue au moyen d'une simulation Monte-Carlo. Les résultats de la simulation Monte-Carlo sont représentés sous la forme d'un graphique qui illustre une fréquence de VAN possibles pour le projet. La valeur de la flexibilité est obtenue en compilant la moyenne des VAN obtenues par la simulation Monte-Carlo à laquelle on soustrait la VAN déterministe (obtenue par un calcul de la VAN traditionnel).

L'approche des options réelles continue de susciter l'intérêt d'un bon nombre d'auteurs et de professionnels. Le nombre de recherche de développement ou d'application de l'approche des options réelles ne cesse d'augmenter. Cependant, telle que connue aujourd'hui, l'approche des options réelles comporte certaines limites qui suscitent les critiques des gestionnaires.

## 2.6 Les limites de la théorie des options réelles

Souvent, tout bon concept possède aussi ses limites. Reconnaître, apprivoiser et surtout comprendre les limites d'une théorie ne peut servir qu'à la renforcer (Adner & Levinthal, 2004). Les prochaines lignes énoncent tout d'abord de simples limites qui sont observables à l'endroit de la théorie des options réelles en elle-même. Ensuite, certaines limites ayant trait à l'application de la théorie en pratique sont exposées.

### 2.6.1 Des limites propres à la théorie

Plusieurs auteurs mettent en évidence l'existence de conditions essentielles à l'applicabilité des options réelles. En effet, la théorie n'est pas nécessairement applicable à tous les projets. Trois conditions sont nécessaires à l'existence des options réelles : l'incertitude, la flexibilité et l'irréversibilité.

Premièrement, l'incertitude peut prendre plusieurs formes. Elle fait référence à ce qui est incertain et constitue la raison principale pour laquelle on se crée une option. Contrairement à l'incertitude du point de vue des options financières, l'incertitude correspondant aux options réelles n'est pas nécessairement externe. Une organisation peut prendre des moyens afin de faire en sorte d'influencer l'incertitude dans laquelle elle se trouve (Lautier, 2001; Leslie & Michaels, 1997).

Deuxièmement, la flexibilité fait référence à la possibilité dont dispose un détenteur d'option réelle d'exercer son option ou d'y renoncer. Comme l'incertitude, la flexibilité en ce qui concerne les options réelles peut prendre plusieurs formes. Elle peut par exemple correspondre à la possibilité d'alterner entre deux sources d'énergie pour chauffer un bâtiment en fonction du prix de marché des sources d'énergie en question. L'option qui engendre cette flexibilité correspond alors à l'installation d'un système de chauffage à biénergie. L'option réelle à laquelle on doit l'existence de la flexibilité n'est pas nécessairement créée de façon volontaire. En effet, elle peut résulter d'un état de fait ou d'actions effectuées dans le passé.

Troisièmement, l'irréversibilité concerne la prise de décision d'investir. Il s'agit de l'irréversibilité inhérente à l'exercice de l'option réelle. Lorsque la décision d'investir est prise, le caractère d'irréversibilité se traduit par l'impossibilité pour l'investisseur de désinvestir sans subir d'importantes pertes financières (Lautier, 2001).

#### 2.6.2 Des limites observables en pratique

Adner and Levinthal (2004) jettent un regard particulièrement intéressant à l'endroit des options réelles. Selon eux, il est primordial de tenir compte du contexte organisationnel dans lequel est appliquée la théorie. Il est à souligner qu'Adner and Levinthal (2004) considèrent un cadre théorique des options réelles qui correspond surtout à des options « sur » les projets. Plus précisément, leurs propos concernent surtout l'option d'investissement séquentiel avec la possibilité d'abandonner le projet. Dans le cas de ce type d'option réelle, la flexibilité est justement créée par la possibilité de se retirer ou d'abandonner l'investissement en cours. Comme mentionné par Adner and Levinthal (2004), conceptualiser et gérer l'exercice des options réelles en pratique ne s'avère pas simple. Par exemple, bien que l'option d'abandonner soit disponible, encore faut-il prendre la décision de l'exercer. Comme cette décision est toujours lourde de conséquences, les gestionnaires sont tentés de repousser l'exercice de l'option d'abandon

dans le but de voir si leur situation s'améliorera. On peut alors se questionner sur l'impact d'un tel phénomène sur la nécessité d'exercer l'option au moment opportun.

Adner and Levinthal (2004) mettent en évidence l'important défi relié à la décision d'abandonner. Si la prise de décision d'abandonner n'est pas clairement circonscrite et bien définie, la flexibilité devient alors plus ou moins valide et la logique d'application des options réelles tend à s'estomper (Adner & Levinthal, 2004). Prendre la décision d'abandonner peut sembler anodin, mais encore faut-il prendre la décision au bon moment. La décision d'abandonner peut également ne pas être sans conséquence pour la carrière professionnelle de celui-ci qui la prend (Garvin & Ford, 2012). La logique même des options réelles contribue à empêcher la prise de décision d'abandonner (Adner & Levinthal, 2004), puisque les gestionnaires peuvent penser qu'il vaut mieux attendre et que la situation finira par s'améliorer. Toujours en fonction des caractéristiques du marché ciblé, la logique des options réelles tend à miner la prise de décision d'abandonner au moment opportun, et ce, dans différents contextes d'incertitude (Adner & Levinthal, 2004). Si on constate que les conditions reliées à un investissement ne sont pas favorables, la logique des options réelles veut que la décision d'abandonner soit considérée alors qu'elle favorise en même temps l'optimisme des décideurs en leur laissant croire que la situation changera en leur faveur.

À cela s'ajoutent plusieurs facteurs organisationnels. Adner and Levinthal (2004) mentionnent notamment les difficultés reliées à l'allocation des ressources ainsi qu'à la présence de multiples parties prenantes dont les intérêts varient en fonction des différentes perspectives que peuvent avoir les individus à différents niveaux de l'organisation. Les options réelles sont souvent détenues par plusieurs acteurs en même temps. Comme une organisation ne peut être considérée comme étant un seul acteur, la décision d'abandonner ou de poursuivre un investissement relève ainsi d'un groupe d'individus qui ne partagent pas forcément les mêmes intérêts. Adner and Levinthal (2004) abordent cet aspect en énonçant la différence entre le fait « d'être le détenteur d'une option » et « d'être l'option ». Cette métaphore fait simplement référence aux différentes perspectives individuelles. Considérant entre autres le fait qu'un haut gestionnaire (détenteur de

l'option) dispose d'une vision plus large de l'ensemble du portefeuille d'investissement d'une organisation, la perception qu'il peut avoir par rapport à la poursuite d'une opportunité d'investissement diffèrera fort probablement de celle du gestionnaire impliqué directement dans le projet (être l'option). Pour le gestionnaire situé à l'échelle du projet, la décision d'abandonner n'est pas sans conséquence pour son avenir professionnel. Celui-ci sera alors plus porté vers la poursuite de son projet alors que son jugement peut être altéré par une vision plus restreinte que celle d'un haut gestionnaire qui possède une vision globale du portefeuille d'investissement de l'entreprise. L'inverse peut également être vrai. Le gestionnaire à l'échelle du projet peut disposer d'informations qui justifient réellement la poursuite de son projet. Les signaux qui justifient l'abandon d'un projet ne sont pas aussi simples à circonscrire. Pouvoir exploiter la flexibilité générée par les options réelles dépend fondamentalement de la nature des mécanismes de sélection et d'allocation des ressources dont les pouvoirs sont répartis au sein de la hiérarchie d'une organisation (Adner & Levinthal, 2004).

## 2.7 Critiques, scepticisme et préoccupations quant à l'application de la théorie des options réelles en pratique

Tout d'abord, selon Triantis (2005), la première critique identifie l'approche des options réelles comme étant l'une des causes de la bulle internet des années 2000. L'approche des options réelles est également pointée du doigt par plusieurs comme étant la cause du scandale d'*Enron corporation*<sup>4</sup> (Triantis, 2005). L'approche des options réelles a probablement contribué à justifier en bonne partie la surenchère de la valeur de certaines entreprises du domaine des technologies, et ce, surtout en ce qui concerne les entreprises œuvrant dans le développement de l'internet. Avant sa débâcle, *Enron corporation* avait implanté l'approche des options réelles afin d'évaluer plusieurs de ses opérations.

---

<sup>4</sup> Enron corporation est une entreprise américaine qui œuvrait dans le secteur de l'énergie. L'entreprise a connu une débâcle financière considérée comme étant la pire dans toute l'histoire américaine (<http://www.lepoint.fr/actualites-economie/2007-01-20/le-scandale-enron/916/0/60482>)

Toutefois, selon Triantis (2005 p.11) :

*But, as has become clear, the demise of Enron had to do with many factors quite unrelated to the use of real options—and thus those critics of real options who point to Enron, or more generally to energy trading companies, appear to be throwing the baby out with the bathwater.*

Ensuite, toujours selon Triantis (2005), la deuxième critique provient des analystes décisionnels. Ceux-ci critiquent l'originalité de l'approche des options réelles. En effet, il n'y aurait rien de nouveau dans le fait de schématiser un éventail de scénarios dans le temps et de procéder à l'analyse des décisions que peuvent prendre les gestionnaires dans chacune des circonstances. Selon les analystes décisionnels, ce concept existe depuis plus de quarante ans.

Il y a cependant au moins quatre avantages significatifs attribuables à la théorie des options réelles par rapport à l'analyse de prise de décision traditionnelle (Triantis, 2005). Premièrement, les options réelles mettent l'accent sur la maximisation de l'avoir des actionnaires. Deuxièmement, considérant que les attentes des actionnaires en matière de rendement ainsi que les compromis qu'ils effectuent entre la prise de risque et le retour sur l'investissement se reflètent dans les capitaux propres et les marchés de produits dérivés, ces informations peuvent être utilisées afin de sélectionner des projets qui ont de la valeur pour les actionnaires (Triantis, 2005). Troisièmement, le cadre conceptuel et le vocabulaire propre à la théorie des options réelles permettent de simplifier et de mieux encadrer la prise de décision d'investir. Quatrièmement, comme le mentionne Triantis (2005 p.11):

*[...] real options has placed more emphasis than earlier frameworks on "downstream" decisions, such as decisions to abandon uneconomic projects or to expand projects that have become more promising with time.*

Par la suite, les deux dernières critiques sont les plus importantes et les plus fondées (Triantis, 2005). Elles concernent essentiellement l'utilisation des options réelles en tant qu'outil d'analyse (Triantis & Borison, 2001). La troisième critique concerne le fait que

les modèles rattachés à l'application des options réelles ont tendance à refléter la perfection plutôt que la réalité. La théorie tient pour acquis que les gestionnaires prennent toujours la bonne décision au bon moment alors que ces décisions sont prises sur la base de la pertinence et de la qualité des informations qu'ils détiennent. Les modèles d'options réelles ne parviennent pas non plus à modéliser l'ensemble des facteurs qui influencent la prise de décision et qui sont issus du contexte organisationnel (Triantis, 2005).

La dernière critique recensée par Triantis (2005) concerne le niveau de complexité propre aux modèles d'options réelles. Cette complexité est notamment attribuable aux compétences requises en termes de calculs mathématiques et de statistique. Si défendre et justifier l'utilisation des options réelles en tant qu'outil d'analyse devant les hauts gestionnaires peut représenter une tâche difficile et ambitieuse, tenter de vulgariser un tel outil afin qu'il soit au moins compréhensible ne constitue pas non plus une mince tâche (Triantis, 2005).

Martinez Cesena et al. (2012) mentionnent d'autres critiques à l'endroit de l'approche des options réelles. Premièrement, les options réelles ne seraient qu'un outil utilisé afin d'exagérer la valeur des projets dans le but qu'ils soient approuvés et mis de l'avant. Deuxièmement, les options réelles favorisent la sélection et l'approbation de projets risqués, car l'incertitude permet notamment de rendre la valeur des options réelles plus intéressante. Troisièmement, si plusieurs reconnaissent des problèmes quant à l'application, certains croient que la théorie des options réelles ne fonctionne tout simplement pas en pratique.

Dans le sondage effectué par Block (2007), plusieurs non-utilisateurs mentionnent la raison de leur désintérêt envers les options réelles. Deux de ces raisons n'ont pas été citées jusqu'ici. La première de ces raisons est tout simplement le fait que la méthode traditionnelle d'évaluation financière des projets (VAN ou DCF) a fait ses preuves et qu'elle fonctionne. Pourquoi opter pour davantage de sophistication et de risque? (Block, 2007; Blum, 2012) La deuxième raison est le manque de support du haut management, laissant ainsi transparaître beaucoup de scepticisme à l'endroit de la théorie des options

réelles. Garvin and Ford (2012) ont aussi soulevé l'ampleur des conséquences en termes de complexité technique reliée à l'exercice d'une option réelle en ce qui concerne la gestion de projet.

## 2.8 Les options réelles selon la perspective « Attention-based view »

La perspective « *attention-based view* » perçoit les organisations comme des systèmes de distribution de l'attention. Ainsi, les actions et décisions des individus ne sont pas nécessairement le produit de leur propre savoir, mais plutôt celui du contexte organisationnel dans lequel ils se trouvent (Ocasio, 1997).

La distribution de l'attention des décideurs est basée sur trois principes. Le premier principe est le « focus » de l'attention. Ce principe veut que les décideurs soient sélectifs dans le choix des problèmes à régler ou des tâches à accomplir, et ce, puisqu'ils sont limités au niveau de leurs capacités d'attention en tant qu'êtres humains. Il en résulte que les actions qui sont entreprises par les décideurs sont le résultat de ce choix limité en termes de capacités. Le deuxième principe consiste au fait que les actions qui sont entreprises par les décideurs et qui résultent de cette limite des capacités en termes d'attention sont profondément influencées par le contexte organisationnel dans lequel ils se trouvent. Finalement, le troisième principe soutient que le contexte organisationnel dans lequel se trouvent les décideurs est l'œuvre d'une distribution et d'un contrôle de l'allocation des tâches à accomplir, des solutions envisagées, des plateformes de communication et outils de travail qui sont à la disposition des gestionnaires (Ocasio, 1997).

Barnett (2008) a repris les travaux de Ocasio (1997) afin de les intégrer dans la littérature des options réelles. Son ouvrage propose d'aborder l'approche des options réelles à partir de la perspective « *attention-based view* ». Ses travaux constituent un exemple de l'utilisation des options réelles comme « façon de penser » (Triantis & Borison, 2001). La nécessité de peaufiner la théorie des options réelles en y intégrant une meilleure

compréhension du comportement des gestionnaires a été citée maintes fois dans la littérature (Garvin & Ford, 2012; Triantis, 2005). Pour sa part, Barnett (2008) s'interroge sur cette question et affirme que même si la littérature des options réelles met en évidence le fait que cette approche permet de tenir compte de la valeur de la flexibilité dans un contexte d'incertitude, il reste encore à démontrer comment les gestionnaires font usage de cet avantage que leur procure l'approche des options réelle : comment agissent les gestionnaires en vue d'éviter de subir des pertes importantes tout en créant et en capturant les gains potentiels qui sont associés aux projets plus risqués (Barnett, 2008)? Ainsi, l'auteur étudie la théorie des options réelles au moyen de la perspective « *attention-based view* » et dresse une série de propositions. Barnett (2008) démontre en particulier que les différentes « structures d'attention » des organisations influencent à plusieurs niveaux la façon dont les gestionnaires se comportent dans la sélection d'opportunités à concrétiser. Cette « structure d'attention » est donc un facteur déterminant dans la sélection d'opportunités à saisir qui en fin de compte, ajoutent ou enlèvent de la valeur aux projets.

## 2.9 Conclusions de la littérature

La théorie des options réelles permet de tenir compte de la valeur de la flexibilité managériale dans les projets. Par analogie avec les options financières, les options réelles constituent un droit et non une obligation d'effectuer une action dans le futur à prix déterminé à l'avance à une date précise ou durant une période donnée (Dixit & Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996). L'incertitude génère le plus souvent un sentiment d'insécurité chez les gestionnaires alors qu'elle peut constituer un contexte dans lequel des événements aussi bien positifs que négatifs peuvent se produire (Perminova et al., 2007). L'approche des options réelles permet de mieux se positionner dans un contexte d'incertitude et il s'agit d'ailleurs de l'une des principales motivations qui poussent les gestionnaires à en faire usage pour la gestion de leurs projets (Triantis & Borison, 2001). Les options réelles exigent que les gestionnaires soient en mesure d'explorer et de comprendre les sources d'incertitude dans leurs projets, cadrant ainsi avec les propos de Ward and Chapman (2003) en matière de gestion de l'incertitude. La flexibilité entretient

un rapport antagoniste à l'égard d'une gestion de projet efficiente, mais elle peut créer de la valeur ajoutée si elle est bien circonscrite dans les projets (Olsson, 2006). Lorsqu'il s'agit des options réelles, on ne parle pas d'une flexibilité improvisée, mais bien d'une flexibilité soigneusement évaluée, circonscrite et planifiée. On distingue entre les options réelles deux principales catégories : les options « sur » les projets correspondent à la flexibilité dans le processus de prise de décision alors que les options réelles « dans » les projets correspondent à la flexibilité dans le produit ou service créée par un projet (Olsson, 2006; Wang, 2005).

Le potentiel d'utilisation des options réelles en tant qu'outil stratégique de gestion est démontré au sein d'un cadre conceptuel élaboré par Leslie and Michaels (1997). Ce cadre conceptuel est composé de différents leviers qui permettent d'influencer la valeur des options réelles (ou de la flexibilité). Bien que plus précis, les modèles d'options réelles les plus complexes sont souvent mis de côté alors que les modèles plus simples, bien que moins précis, ont au moins le mérite d'être utilisés (Triantis, 2005). On peut par exemple penser à la gestion des options « dans les projets » où des décisions du type « *GO* » ou « *NO GO* » sont à prendre (de Neufville, 2004).

La théorie des options réelles comporte cependant ses limites. Lautier (2001) mentionne les conditions essentielles à l'existence d'une option réelle : l'incertitude, la flexibilité quant à l'exercice d'une option et le caractère irréversible des décisions qui sont prises. Il n'est pas sans dire que l'application des options réelles en pratique comporte également quelques difficultés. Adner and Levinthal (2004) soulèvent notamment la problématique liée à l'exercice de l'option d'abandon qui est souvent lourde de conséquences pour les gestionnaires. Ceux-ci sont alors tentés de repousser l'exercice de l'option d'abandon en espérant que la situation s'améliorera. Ainsi, l'exercice de l'option d'abandon au moment opportun est alors menacé. Adner and Levinthal (2004) mettent aussi en évidence l'importance de considérer différents facteurs organisationnels en ce qui a trait à l'exercice des options réelles. Plus particulièrement, exploiter la flexibilité générée par les options réelles ne dépend pas seulement d'un seul acteur, mais de la nature des mécanismes de sélection et d'allocation des ressources, dont les pouvoirs sont répartis au

sein de la hiérarchie d'une organisation. Garvin and Ford (2012) mentionnent le caractère complexe propre à l'application en pratique des options réelles en matière de gestion de projet (créer et préparer l'exercice de l'option). Lorsque des sommes sont déboursées dans le but de créer ou d'acquérir une option réelle, Garvin and Ford (2012) mentionnent que le fait de s'abstenir d'exercer l'option résulte alors en un investissement effectué inutilement.

Plusieurs critiques existent aussi à l'endroit de la théorie des options réelles et celle-ci se heurte au scepticisme d'un bon nombre de gestionnaires. Triantis (2005) mentionne notamment que les options réelles seraient liées à la débâcle financière d'*Enron*. Il soulève également la critique provenant des analystes décisionnels en matière d'originalité de la théorie des options réelles. Triantis (2005) fait état d'autres critiques importantes soit le fait que les modèles de valorisation des options réelles sont très complexes et que ceux-ci auraient tendance à refléter la perfection plutôt que la réalité. Martinez Cesena et al. (2012) affirment que beaucoup de gestionnaires croient que les options réelles servent à surévaluer certains projets et qu'elles encouragent aussi la réalisation de projets risqués. Block (2007) mentionne que les options réelles sont peu utilisées en raison du manque de support de la part du haut management des organisations, mais aussi car la méthode de la VAN est une technique qui fonctionne et qui a fait ses preuves.

Ainsi, la généralisation de l'application de la théorie en pratique doit nécessairement passer par sa simplification et sa vulgarisation auprès des gestionnaires. L'essentiel du concept et ses avantages pour les gestionnaires peuvent être saisis et mis en application en considérant l'approche des options réelle comme « façon de penser » (Leslie & Michaels, 1997; Triantis & Borison, 2001).

## CHAPITRE 3

### CADRE CONCEPTUEL

Basé sur les travaux de Leslie and Michaels (1997), ce cadre conceptuel aborde la théorie des options réelles comme « façon de penser » et outil de gestion stratégique dans le domaine minier (Leslie & Michaels, 1997; Triantis, 2005; Triantis & Borison, 2001). L'idée est de contribuer au débat concernant l'application des options réelles en pratique en évaluant de façon qualitative l'impact des différents leviers influençant la valeur de la flexibilité dans la gestion des projets miniers (voir figure 1).

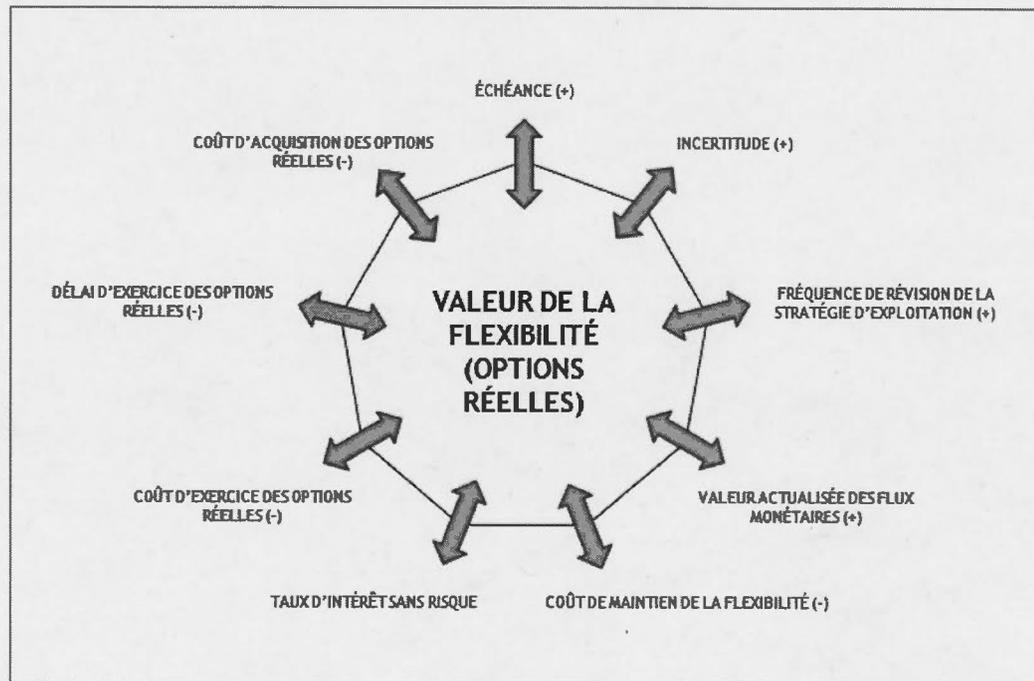


Figure 1: Les neuf leviers de la valeur des options réelles dans le domaine minier<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Adapté de Leslie et Michaels (1997)

Comme mentionnés à la section 2.3, les différents impacts des leviers à l'endroit de la valeur des options réelles (flexibilité) sont les suivants :

1. Le levier de la **valeur actualisée des flux monétaires** correspond à la valeur actualisée des flux monétaires qui sont associés à l'opportunité d'investir. Ce levier a une influence positive sur la valeur d'une option réelle.
2. Le levier **du coût d'exercice** correspond à la valeur actualisée de l'ensemble des coûts rattachés à une opportunité d'investir. Ce levier a un impact négatif sur la valeur d'une option réelle.
3. Le levier **d'incertitude** correspond à l'incertitude liée aux flux monétaires générés par le projet. Ce levier a un impact positif sur la valeur d'une option réelle.
4. Le levier **d'échéance** correspond à la période durant laquelle l'opportunité d'investir demeure active. Ce levier a un impact positif sur la valeur d'une option réelle.
5. Le levier **des dividendes** (coût de maintien de la flexibilité) correspond au coût en termes de revenus reportés qui est généré par le report de l'exercice de l'option afin de la préserver plus longtemps. Ce levier comprend aussi les dépenses qui sont nécessaires afin de garder l'option « en vie ». Ce levier a un impact négatif sur la valeur de l'option réelle.
6. Le sixième levier est le **taux d'intérêt sans risque**. Il convient de mentionner que ce levier ne sera pas étudié étant donné le peu d'influence dont disposent les gestionnaires à l'égard du taux d'intérêt. Aussi, d'un point de vue théorique, l'impact du taux d'escompte sur la valeur des options réelles est nuancé (Dixit & Pindyck, 1994; Ingersoll Jr & Ross, 1992).

Afin de tenir compte du contexte propre au domaine minier, on propose l'ajout de trois leviers :

#### 7. Le coût d'acquisition des options réelles

Ce levier représente l'investissement nécessaire à l'acquisition des options réelles en vue de pouvoir les exercer dans le futur (ex : technologie polyvalente et donc plus dispendieuse). Plus ce coût est élevé, plus la valeur (nette) de la flexibilité diminue. Bien que dérisoire et souvent négligé, ce coût n'est pas étranger aux options financières. En effet, il s'agit de la somme encourue par un individu lors de l'acquisition d'une option financière sur le marché. Contrairement aux options financières, ce coût peut être considérable dans le cas des options réelles. Le gestionnaire est appelé à vérifier l'importance de l'investissement relatif à l'acquisition de la flexibilité (coût d'acquisition) par rapport à la valeur de l'option. Bien entendu, on se place ici dans un contexte où l'option n'est pas encore acquise et par conséquent, le coût d'acquisition agit à titre de levier sur la valeur de l'option. On veut par exemple vérifier si les gestionnaires peuvent diminuer le coût d'acquisition afin de faire augmenter la valeur de la flexibilité. En revanche, si l'option est déjà acquise ou si elle fait partie du projet, le coût d'acquisition n'est plus un levier.

#### 8. Le délai d'exercice des options réelles

Ce levier représente le temps qui est nécessaire à l'opérationnalisation de la décision d'exercer une option réelle. Plus ce délai est long, plus la valeur de la flexibilité diminue. Souvent cité dans la littérature, le délai d'exercice correspond au *time to build* (Bar-Ilan & Strange, 1996; Majd & Pindyck, 1987). Le *time to build* constitue donc le temps qui est nécessaire à la réalisation d'un projet à partir du moment où l'on décide de le réaliser (à partir du moment où on exerce l'option). L'impact négatif du délai d'exercice sur la valeur de l'option s'explique par le fait que le «projet» ne génère pas de retour sur l'investissement ni de profits tant qu'il n'est pas complété (Majd & Pindyck, 1987).

### 9. La fréquence de révision de la stratégie d'exploitation

Ce levier fait référence au nombre de fois durant la durée de vie de la mine où les gestionnaires procèdent à la réévaluation de la stratégie d'exploitation. Plus la fréquence de révision est élevée, plus la valeur de la flexibilité augmente. Bien que la fréquence de révision de la stratégie d'exploitation soit, dans certains cas, une variable endogène au projet minier, il est parfois possible de l'augmenter en vue d'accroître la flexibilité de la gestion. En d'autres termes, moins il y a de contraintes empêchant la révision de la stratégie, plus grande est la flexibilité de gestion.

Ce cadre conceptuel sert de référence quant à l'analyse des différents types d'options réelles dans le domaine minier québécois. Par exemple, on se rappelle que Cardin et al. (2008) ont développé un modèle de valorisation de la flexibilité managériale par l'analyse des options réelles de croissance et de contraction. Chacune de ces options réelles comporte un coût d'exercice, un coût d'acquisition, un coût de maintien, un certain délai de mise en œuvre, une échéance, etc. Ces caractéristiques correspondent aux leviers qui influencent la valeur de ces options. L'approche des options réelles fait donc partie d'un cadre conceptuel qui, en plus de permettre d'évaluer l'importance des sources de flexibilité managériale, permet de voir comment les gestionnaires peuvent rehausser la valeur de la flexibilité par l'intermédiaire des leviers.

## CHAPITRE 4

### MÉTHODOLOGIE

Le cadre conceptuel illustré au chapitre 3 montre les différents leviers qui influencent la valeur des options réelles (ou de la flexibilité). Adapté de Leslie and Michaels (1997), ce cadre conceptuel comporte trois leviers additionnels qui sont susceptibles d'avoir des impacts sur la valeur de la flexibilité dans le domaine minier. Ces trois leviers sont le coût d'acquisition des options réelles, le délai d'exercice des options réelles et la fréquence de révision de la stratégie d'exploitation de l'entreprise minière.

#### 4.1 Précisions contextuelles et rappel des intérêts de recherche

On a pu comprendre qu'il existe plusieurs préoccupations quant à l'application de la théorie des options réelles en pratique et que les principales critiques à l'endroit de la théorie concernent la complexité de la méthode ainsi que les difficultés à tenir compte du contexte organisationnel lié au processus de prise de décision (Triantis, 2005). On a vu que le domaine de l'exploitation minière présente un terrain intéressant pour l'étude des options réelles et que celui-ci a déjà suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs. Cependant, par rapport à la valorisation des projets par l'approche des options réelles, les recherches aboutissent à des modèles qui dépendent des sources d'incertitude propres à chaque contexte de projet et sont, par conséquent, difficiles à généraliser. Slade (2000) met en évidence la problématique liée à la modélisation des variables incertaines dans le domaine minier et mentionne la difficulté qui consiste à mettre la main sur des données de bonne qualité. Colwell et al. (2003) affirment que les difficultés liées à l'accessibilité aux données relèvent principalement de la nature privée des investissements qui sont effectués dans le domaine minier.

L'objectif de ce mémoire est de mettre à contribution l'approche des options réelles dans le cadre d'une méthode de recherche qualitative afin d'évaluer l'impact des leviers sur la valeur de la flexibilité managériale dans le domaine minier. Le cadre conceptuel présenté au chapitre 3 a été élaboré en vue d'évaluer l'importance des sources de flexibilité managériale dans les projets miniers, mais également en vue d'identifier différents moyens mis à la disposition des gestionnaires qui peuvent leur permettre de rehausser la valeur de la flexibilité par l'intermédiaire des leviers. Le cadre conceptuel proposé par Leslie and Michaels (1997) permet aux gestionnaires d'aborder la théorie des options réelles et d'exploiter ses avantages sans se heurter à l'aspect complexe de la théorie. Cet exercice permet donc de cerner l'importance des diverses sources de flexibilité managériale, mais également de vérifier comment les gestionnaires peuvent rehausser la valeur de cette flexibilité en activant les différents leviers, soit en effectuant une gestion proactive des options réelles dans la gestion de projets miniers.

#### 4.2 Méthode de recherche

Cet ouvrage s'inscrit dans une méthode de recherche qualitative. L'approche méthodologique utilisée est une enquête par entrevues. Les entrevues s'appuient sur un questionnaire comportant quinze questions ouvertes qui sont adressées à des professionnels de l'industrie minière dans le cadre d'entrevues semi-directifs. Ce mémoire s'inscrit également dans une approche de type exploratoire. En effet, la littérature sur l'application de l'approche des options réelles dans le domaine minier en dit peu sur la réalité contextuelle dans laquelle les gestionnaires sont impliqués. Évaluer l'importance de la valeur de la flexibilité managériale dans ce domaine implique nécessairement un long processus d'apprentissage qui vise à comprendre le « langage » propre à cette industrie.

#### 4.3 Précisions liées à la nature de l'échantillon

Au total, neuf entrevues ont été réalisées avec des professionnels du domaine minier québécois. L'unité d'analyse constitue donc les projets d'exploitation minière québécois. L'intérêt de cette recherche est centré sur les décisions qui sont prises par les gestionnaires à l'échelle des projets miniers. La population visée regroupe toutes les entreprises du secteur minier québécois ainsi que leurs projets qui sont en cours de réalisation ou déjà réalisés. Les participants visés sont idéalement les hauts gestionnaires des entreprises minières qui œuvrent au Québec, tels que les surintendants ou directeurs des opérations minières ou encore les directeurs de mines. L'échantillon est de nature non aléatoire, car celui-ci résulte d'un choix réfléchi quant à la décision d'inclure des participants dans l'étude (ex. : des professionnels provenant d'entreprises différentes, exploitation de minerais différents, etc.). L'idée consiste surtout à obtenir un échantillon le plus représentatif possible de l'ensemble de la population. Les professionnels ont été contactés via la plate-forme électronique *Linked-In* ou à partir du répertoire des entreprises minières qui sont membres de *l'Association minière du Québec*<sup>6</sup>. Le réseau *Linked-In* offre la possibilité de s'adresser directement à des professionnels en poste, permettant ainsi d'éviter que les demandes d'entrevues soient dirigées vers les personnes inadéquates. Lorsque des noms étaient obtenus par le biais d'une recherche sur le réseau *Linked-In*, il est arrivé que des participants potentiels soient directement contactés en utilisant le répertoire téléphonique des entreprises minières correspondantes. Le contact improvisé par le biais du secrétariat des entreprises a également été utilisé.

Les professionnels interrogés proviennent pour la plupart d'entreprises minières, mais la vision globale du milieu que peuvent apporter les consultants ou investisseurs miniers n'était pas exclue. Il est arrivé que d'autres personnes ressources soient identifiées par l'intermédiaire de références venant de la part des personnes interviewées. Il s'agit d'ailleurs de la méthode de contact qui s'est avérée la plus efficace.

---

<sup>6</sup> <http://www.amq-inc.com/>

#### 4.4 Précisions liées à la collecte des données

Comme mentionnés plus haut, les professionnels du milieu minier québécois ont été rencontrés dans le cadre d'entrevues semi-directives durant au maximum une heure. Heureusement, à l'exception d'une seule entrevue dont les propos du participant ont été recueillis par la prise de notes, les autres entrevues ont pu être enregistrées avec l'application « dictaphone » d'un *I phone*. Au total, cinq entrevues ont été réalisées en personne et quatre autres entrevues par téléphone. Il est évident qu'il aurait été préférable de rencontrer personnellement tous les participants, mais la situation géographique propre au domaine minier ne le permettait pas souvent. L'instrument de collecte des données constitue par définition les entrevues elles-mêmes (ou le guide d'entrevue). Afin d'augmenter la performance de cet outil de collecte des données, les questions ont d'abord été validées par certains professeurs membres de la Chaire en entrepreneuriat minier UQAT-UQAM<sup>7</sup> et professeurs en génie géologique de l'Université McGill. Certains d'entre eux ont donné leur avis sur la pertinence des questions contenues dans le guide d'entrevue. Une fois le guide validé, les entrevues ont aussitôt débuté. Lorsqu'un participant donnait son accord pour participer à une entrevue, celui-ci recevait par courriel le guide d'entrevue comprenant les questions, le formulaire de consentement de participation à l'étude ainsi qu'une copie du certificat d'éthique. Le but consistait à instaurer un climat de confort chez le participant tout en augmentant les chances d'avoir des réponses précises et plus réfléchies. La spontanéité dans les réponses n'était pas nécessairement recherchée, mais il est arrivé fréquemment que des questions de relances improvisées aient été utilisées afin d'orienter au mieux la discussion.

Le guide d'entrevue a été élaboré en fonction des leviers qui sont illustrés dans le cadre conceptuel illustré au chapitre 3 (figure 1). Le lecteur peut également consulter le guide d'entrevue à l'annexe A du présent mémoire. Par exemple, concernant le levier d'incertitude, les gestionnaires et les professionnels sont appelés à se prononcer sur les différentes sources d'incertitude du domaine minier. Les entreprises minières investissent dans des projets d'exploitation qui se caractérisent par un environnement incertain dont

---

<sup>7</sup> <http://www.uqat.ca/services/service/fiche.asp?RefEntite=337&RefPav=RN>

les facteurs d'incertitude proviennent de sources internes et externes au projet (V. N. Kazakidis & M. Scoble, 2003). Il est donc présumé par exemple que ce climat d'incertitude influence le déploiement des plans d'exploitation (complexes miniers) lors de la réalisation des projets miniers. Le but est de comprendre les principales sources d'incertitude du milieu, mais surtout de connaître l'ordre d'importance que leur accordent les gestionnaires. Par exemple, la question concernant l'incertitude est ainsi formulée : *quelles sont les plus importantes variables critiques dynamiques (variables changeantes et critiques pour la rentabilité du projet) qui influencent le déploiement d'un plan d'exploitation minière? Pouvez-vous donner des exemples de ces variables en fonction de leur impact sur la rentabilité du projet (ex. qualité du minerai, variation du prix du minerai sur le marché, variation des coûts de production tels que les coûts des combustibles fossiles, variation du taux de change, autres)?* Cette question permet d'une part d'identifier les multiples sources d'incertitude et d'autre part, de vérifier l'ampleur du climat d'incertitude dans le domaine minier.

Un autre exemple de question tiré du guide d'entrevue concerne le coût d'acquisition des options réelles: *dans la mesure où l'on prévoit que des changements seront probablement apportés au plan d'exploitation durant l'exploitation de la mine, peut-on opter pour un plan d'exploitation ajustable qui coûtera plus cher qu'un autre plan non ajustable? Quel est l'ordre de grandeur de ce surcoût par rapport au coût total du projet?* Cette question permet de vérifier si les entreprises minières peuvent créer de la flexibilité en investissant dans des équipements plus performants qui leur permettraient de se mobiliser plus rapidement dans l'éventualité où les marchés seraient favorables à la réalisation de projets d'augmentation de la capacité de production. Mieux encore, cette question devrait permettre de constater l'ordre de grandeur des coûts rattachés à l'acquisition de tels équipements et donc de vérifier l'influence du levier de coût d'acquisition sur la valeur de la flexibilité.

Il n'a jamais été question d'interroger les professionnels et les gestionnaires sur le sujet précis des options réelles. L'objectif est de formuler les questions dans un « langage »

compréhensible pour les gens du domaine minier, d'où l'importante étape de validation des questions du guide d'entrevue citée plus haut.

#### 4.5 Présentation des participants

Il est d'usage de spécifier que le contenu des prochaines lignes a été rédigé de façon à préserver l'anonymat des participants. Par conséquent, aucun nom d'entreprises ou de personnes n'est mentionné. Il a également été jugé qu'inclure l'information concernant la nature des minerais exploités dans la présentation des participants représentait un risque quant à la préservation de leur anonymat. La description des participants comprend le poste occupé ainsi que des informations très sommaires sur leurs employeurs. Comme mentionnés précédemment, tous les participants rencontrés travaillent dans l'industrie minière québécoise.

Le participant A occupe un poste de vice-président dans une entreprise minière « junior<sup>8</sup> » dont le projet n'est pas encore en exploitation. Le projet prévoit l'exploitation d'environ 3,5 millions de tonnes de minerai sur une base annuelle. L'entreprise, une société minière canadienne financée par des fonds privés, développe actuellement le projet d'une mine à ciel ouvert et prévoit entrer sous peu en production. À l'heure actuelle, outre quelques cadres et hauts gestionnaires, l'entreprise n'a pas encore procédé à l'embauche de son personnel d'opération minière.

Le participant B ne fait pas partie d'une entreprise minière. Spécialisé dans l'évaluation de la rentabilité financière de projets miniers, ce participant occupe un poste de directeur général dans une importante filiale d'une société d'État québécoise.

Le participant C est directeur général dans une mine qui est récemment entrée en production. La mine souterraine appartient entièrement à une importante entreprise

---

<sup>8</sup> Une entreprise minière de type « junior » se caractérise notamment par le fait qu'elle ne dispose que d'un seul projet et que ce projet n'a pas encore atteint la phase de production.

minière qui exploite plusieurs mines à travers le monde. Le projet prévoit l'exploitation d'environ 9,5 millions de tonnes de minerai et l'embauche d'environ 400 employés pour la durée de vie totale de la mine qui est estimée à environ 18 ans.

Le participant D est directeur de projet pour une entreprise minière qui n'est pas encore en exploitation. Une fois les autorisations nécessaires obtenues, après de nombreuses années de préparation, le projet devrait entrer en production et générer quelques centaines d'emplois.

Le participant E est directeur de l'exploitation minière dans une importante entreprise qui possède plusieurs mines à travers le monde. La mine à ciel ouvert est en production depuis déjà plusieurs années et la durée de vie estimée est encore très importante. Le complexe minier situé au Québec emploie environ 1000 personnes.

Le participant F est directeur de l'évaluation des affaires dans une entreprise minière. La mine à ciel ouvert est située outre la frontière nord-est de la province de Québec et est en exploitation depuis les années 60. La mine à ciel ouvert produit près de 20 millions de tonnes de minerai par an. La transformation du minerai fait partie des opérations de la mine. Quelques projets d'expansion sont également à l'étude.

Le participant G est directeur général dans une entreprise minière dont l'exploitation vient à peine de commencer. La mine à ciel ouvert possède une durée de vie estimée à 15 ans. La mine devrait produire environ 20 000 tonnes de produits finis (transformation du minerai sur place) sur une base annuelle et employer près de 200 personnes à la fin de l'année 2013.

Le participant H est directeur général d'une mine à ciel ouvert qui est en exploitation depuis plus de vingt ans. La production se chiffre à environ 25 000 tonnes de produits finis par année (transformation du minerai sur place). L'entreprise qui emploie le participant est une multinationale qui exploite plusieurs mines à travers le monde.

Le participant I ne fait pas partie d'une entreprise minière. Il occupe un poste d'analyste minier dans une importante organisation qui gère des fonds institutionnels et travaille dans les marchés boursiers. L'organisation achète des actions émises par les entreprises en quête de financement ou achète des actions directement sur le marché.

#### 4.6 Précisions liées à l'analyse et à la confidentialité des données

Neuf entrevues ont été nécessaires pour atteindre le niveau de saturation des données. La redondance du contenu des réponses des participants pour chacune des questions a servi d'indicateur quant à l'atteinte du niveau de saturation des données pour chacune des questions. À mesure que les entrevues étaient réalisées, celles-ci étaient cryptées avec le logiciel *Axcrypt* en vue d'en protéger l'accès et une copie de chaque entrevue était sauvegardée sur un ordinateur et une autre copie sur disque dur externe. Grâce à l'obtention de fonds, il a ensuite été possible de recourir aux services d'une professionnelle en transcription d'entrevues. Au fil de l'obtention des transcriptions, celles-ci étaient sauvegardées sous format *RTF* afin de les rendre compatibles avec le Logiciel *Atlas-Ti*. Le contenu des transcriptions a été modifié afin de préserver l'anonymat des participants.

Le codage des données comprend 12 familles de codes pour un total de 111 codes. Les 12 familles sont ainsi nommées : (1) Mise en contexte, (2) Exploitation minière, (3) Incertitude, (4) Flexibilité, (5) Fréquence de révision, (6) Coût d'exercice, (7) Valeur actualisée (VA) des flux monétaires, (8) Délai d'exercice, (9) Échéance, (10) Coût de maintien de la flexibilité, (11) Coût d'acquisition et (12) Aspects organisationnels. Élaborés en fonction du cadre conceptuel ainsi que dans le cadre d'une méthode de recherche qualitative, ces codes servent d'étiquettes afin de classer les extraits d'entrevues en fonction de chaque famille de codes et permettent ainsi de rattacher l'information pertinente à chacun des leviers (Mongeau, 2008) en vue de répondre aux deux questions de recherche tout en tenant compte du contexte propre à l'industrie minière québécoise. Chaque extrait d'entrevues est codé en fonction de l'information qu'il contient et du lien

qui est établi envers les différents leviers. Ainsi, un passage peut contenir de l'information pertinente pour plusieurs leviers à la fois. Les codes sont donc rarement mutuellement exclusifs. Les entrevues ont été codifiées à tour de rôle et la liste de codes a évolué durant l'exercice. Une fois toutes les entrevues codées, les entrevues ont été scrutées de nouveau en vue de vérifier si les codes créés en cours de route étaient applicables aux entrevues précédentes.

Les 12 familles de codes sont constituées de noms de codes associés à chacun des leviers propres aux options réelles qui sont présentées au chapitre 3 du présent mémoire. Comme mentionné au chapitre 3, le levier « taux d'intérêt sans risque » ne fait pas partie de cette analyse. Le codage suit la même logique qui a été utilisée lors de l'élaboration du guide d'entrevue. Quatre des familles de codes ne correspondent cependant pas aux leviers (Mise en contexte, Exploitation minière, Flexibilité et Aspects organisationnels). Ces familles de codes et les codes qui les composent visent à circonscrire les informations relatives au contexte propre au domaine de l'exploitation minière.

#### 4.7 Biais méthodologique

Le biais d'échantillonnage constitue le principal biais rencontré. Les entreprises minières sont relativement nombreuses au Québec. Par exemple, l'Association Minière du Québec compte près de 45 membres réguliers<sup>9</sup>. L'influence des différents « leviers » est susceptible de varier d'un contexte à un autre en fonction notamment du minerai exploité (technologies différentes, coûts différents, etc.). Leslie and Michaels (1997) affirment notamment que le choix des leviers à considérer dans l'exécution d'une gestion proactive des options réelles varie selon les réalités contextuelles d'une organisation et des projets. Afin de diminuer l'impact de ce biais potentiel et dans la mesure du possible, les professionnels et les gestionnaires interviewés ont été sélectionnés de façon à créer une diversité non seulement au niveau des entreprises concernées (diversité dans les minéraux

---

<sup>9</sup> <http://www.amq-inc.com/index.php/2011-09-28-17-52-33/membres-r%C3%A9guliers.html>

exploités), mais également au niveau des gestionnaires eux-mêmes (cadres en entreprises, investisseurs, consultants, etc.).

## CHAPITRE 5

### PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Le présent chapitre prend forme au terme de la tenue de neuf entrevues effectuées avec des professionnels du domaine minier québécois et de l'analyse des données qu'elles contiennent. Par ailleurs, le lecteur sera d'abord invité à mieux faire connaissance avec le paysage minier québécois, et ce, dans le cadre d'une démonstration du déroulement des projets miniers. Obtenues à partir du témoignage de chacun des participants, ces informations seront utiles pour une bonne compréhension des résultats.

La présentation des résultats s'effectue sur la base d'une réponse à la première question de recherche : *en pratique, quelle est l'importance des sources de flexibilité managériale dans le domaine minier?* Pour ce faire, les différentes sources de flexibilité du domaine minier seront exposées en fonction des différents types d'options réelles « sur » les projets tels que décrits à la section 2.4.1 du chapitre 2 de ce mémoire (flexibilité managériale). Ensuite, chacun des leviers associés aux options réelles sera exposé en vue d'établir un portrait global de l'influence « collective » des leviers à l'endroit de la valeur de la flexibilité managériale.

Le présent chapitre permet de jeter les bases du chapitre 6 où les résultats seront discutés et interprétés. Le chapitre 6 suit à peu près la même logique que le chapitre 5 dans la mesure où les résultats seront interprétés et discutés sur la base d'une réponse à la deuxième question de recherche : *dans quelle mesure les gestionnaires peuvent-ils rehausser la valeur de la flexibilité managériale par l'intermédiaire des leviers associés aux options réelles dans le domaine minier?* Ici, il sera explicitement question d'observer comment les gestionnaires peuvent activer chacun des leviers en vue d'influencer à la hausse la valeur de la flexibilité managériale.

## 5.2 L'exploitation minière au Québec

Comme mentionné plus haut, l'ensemble de l'information mentionnée dans cette section a été recueillie durant la tenue des entrevues. Il s'agit ici d'éléments préliminaires qui aideront le lecteur à mieux comprendre les résultats présentés à partir de la section 5.3.

Le monde de l'exploitation minière possède des caractéristiques qui lui sont propres. Les projets miniers se distinguent d'abord par un très long cycle de vie. Avec des phases de démarrage et d'organisation / préparation pouvant durer conjointement plus de dix ans, la multitude d'acteurs impliqués tant sur le plan politique, privé et public ainsi que le haut niveau d'incertitude, les projets miniers sont comparables à ce que la littérature qualifie de « mégaprojet ».

À défaut d'être adéquatement pilotés ou simplement pour des raisons économiques ou politiques, plus de 99% des projets miniers<sup>10</sup> n'entrent pas en exploitation. Pourtant, selon l'envergure et le type de projet, les phases de démarrage et d'organisation / préparation peuvent représenter un investissement moyen pouvant atteindre quelques dizaines de millions de dollars, ce qui représente en moyenne 10% du coût total du projet. Pour bien saisir la dynamique de ces projets, il faut également savoir que plus de 99% des sociétés minières qui démarrent un projet n'ont aucun revenus<sup>10</sup>. La majeure partie du coût d'investissement d'un projet minier est donc financé par des investisseurs à l'externe.

### 5.2.1 Contexte 2012-2013

À l'heure actuelle, les projets miniers québécois sont généralement moins rentables et donc moins intéressants en raison de l'incertitude sur le plan politique et le prix des commodités qui est bas. Par contre, la dernière décennie a été plutôt profitable pour l'industrie minière en général. Au niveau mondial, le prix des commodités ainsi que les

---

<sup>10</sup> Charles, K. (2013). *Séminaire sur le financement des projets miniers*. Actes du colloque, 2 décembre 2013, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canada.

volumes de production ont longtemps été à la hausse. Durant les années 2012 et 2013, les prix des commodités telles que le fer et le cuivre ont subi une importante diminution<sup>11</sup>. Le prix de l'or a lui aussi diminué au courant de l'année 2013 pour atteindre une moyenne de 1300 \$ l'once. En octobre 2011, l'or se vendait à près de 1900 \$ l'once. La fin de l'année 2013 s'est notamment traduite par la mise à pied d'employés à la mine *Westwood* en Abitibi<sup>12</sup>. Pourtant récemment entrée en opération, la mine a vécu des conditions de marché difficiles qui ont obligé les propriétaires du projet à prendre des décisions difficiles.

Durant la dernière décennie, alors que l'industrie se portait bien, un certain laxisme s'était installé en ce qui concerne la gestion des coûts d'opération. Le prix de commodités était élevé et les rapports annuels des grandes sociétés minières parlaient de croissance et de projets à venir. À la fin de l'année 2012, les rapports annuels des mêmes sociétés minières traitent désormais d'augmentation de l'efficacité opérationnelle, d'une gestion efficiente des capitaux, de contrôle des coûts, de réduction des dépenses, etc. Le gouvernement du Québec a aussi sa part de responsabilité dans le ralentissement de l'activité minière au Québec. Le Québec a longtemps été dans les premiers endroits à travers le monde où il était le plus intéressant de développer une mine. À l'heure actuelle, aux dires de certains participants interviewés, le Québec se classerait au 11<sup>e</sup> ou 12<sup>e</sup> rang. Même si la nouvelle *Loi sur les mines* a tout récemment été adoptée, l'incertitude politique causée par les nombreux débats entourant l'adoption de cette loi n'a pas aidé<sup>13</sup>. Néanmoins, l'industrie en général demeure confiante et une éventuelle amélioration des conditions de marché (prix des commodités) sera fort probablement suivie d'une période de relance.

---

<sup>11</sup> Rousseau, N. (2013). *Séminaire sur le financement des projets miniers*. Actes du colloque, 2 décembre 2013, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canada.

<sup>12</sup> <http://www.radio-canada.ca/regions/abitibi/2013/11/28/003-westwood-54-postes-abolis.shtml>

<sup>13</sup> <http://www.ccirn.qc.ca/salle-de-presse/2013/10/projet-de-loi-sur-les-mines-non-adopte-lart-de-tuer-lindustrie-mini%C3%A8re-a-petit-feu>

## 5.2.2 Le cycle de vie d'un projet minier

La nature du minerai convoité influence grandement le cycle de vie d'un projet minier. Néanmoins, les prochaines lignes dressent un portrait général de la situation. L'évolution de la quantité de ressources engagées dans le cycle de vie de vie d'un projet minier, tant humaines que matérielles et monétaires, a l'aspect d'une courbe de type sinus (voir figure 2).

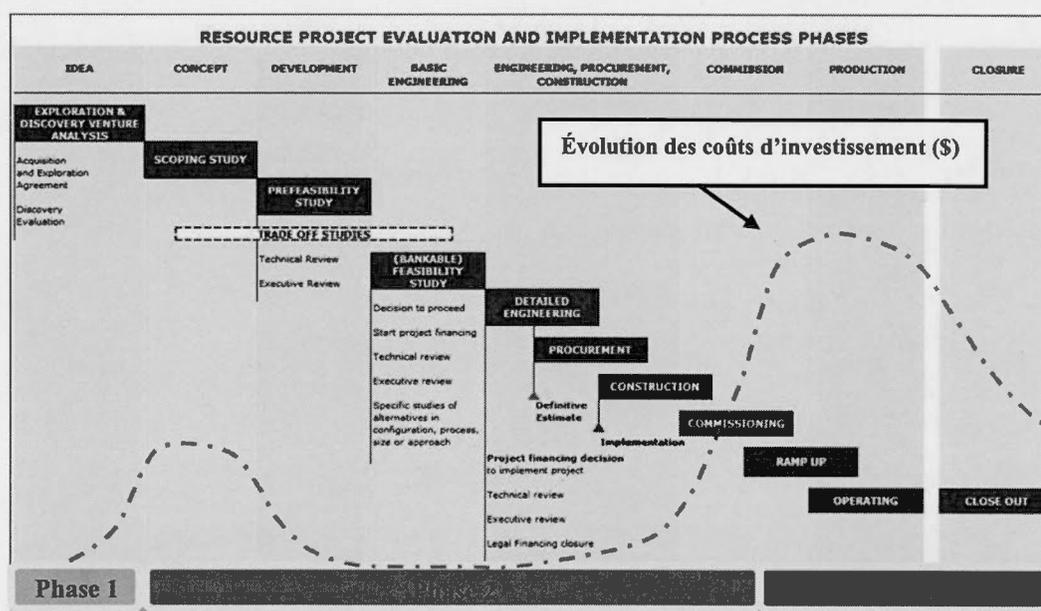


Figure 2: Cycle de vie d'un projet minier<sup>14</sup>

La première utilisation massive des ressources se caractérise entre autres par des spéculations sur la valeur réelle du gisement découvert et par un niveau d'incertitude très élevé en ce qui a trait à l'importance réelle du gisement<sup>15</sup>. Puisque les entreprises minières n'ont souvent aucun revenu, une entreprise en phase d'exploration doit trouver le moyen de se financer. Le financement peut alors se faire sous la forme d'émission d'actions, sous

<sup>14</sup> <http://www.avalonraremetals.com/investors/glossary/> et Charles, K. et Poitras, S. (2013). *Séminaire sur le financement des projets miniers*. Actes du colloque, 2 décembre 2013, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canada.

<sup>15</sup> Poitras, S. (2013). *Séminaire sur le financement des projets miniers*. Actes du colloque, 2 décembre 2013, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canada.

forme de redevances (royautés), par le biais d'un partenariat, etc.<sup>16</sup>. Au fur et à mesure que le projet tend à mieux se définir, notamment à la lumière des études de préfaisabilité et de faisabilité, le niveau d'incertitude diminue et le projet entre dans une période morte que l'on peut qualifier de « calme avant la tempête ». Des ressources relativement importantes sont tout de même engagées dans le développement du projet en vue de garantir au mieux son futur. Si tout se déroule bien, des efforts considérables sont ensuite consentis en vue de financer la construction du projet (installations minières) pour ensuite entrer en production. La majeure partie des ressources est alors mise à contribution et le niveau d'incertitude devient encore une fois très élevé. Il s'agit ici d'une phase critique où le retour en arrière est extrêmement onéreux.

Le cycle de vie d'un projet minier est divisé en trois phases (voir figure 2) : Exploration, Développement et Production. Afin d'établir un parallèle avec le cycle de vie d'un projet selon le *Guide du Corpus des Connaissances en Management de Projets* (PMBOK), la phase d'exploration (phase 1) peut correspondre à la phase de démarrage, la phase de développement (phase 2) peut correspondre à la phase d'organisation et préparation alors que la phase de production (phase 3) peut correspondre aux phases d'exécution et de clôture du projet. Chacune de ces trois phases se caractérise par des risques distincts ainsi que par un type d'entreprise minière correspondant. En effet, chaque phase correspond à un type d'entreprise minière et ces entreprises se spécialisent parfois dans l'exécution d'une seule phase. Par exemple, il arrive souvent qu'une entreprise réalise la phase d'exploration pour ensuite vendre son projet à une entreprise qui le développe et l'amène en production<sup>16</sup>. Bien sûr, une entreprise minière peut très bien réaliser l'ensemble des trois phases.

La phase d'exploration se caractérise surtout par la définition de la géologie. Cette première phase ainsi que la deuxième, soit jusqu'au moment d'entreprendre la construction, peuvent durer plus de 15 ans et représentent 10% du coût total d'un projet. Cet investissement peut atteindre quelques centaines de milliers de dollars à quelques

---

<sup>16</sup> Charles, K. (2013). *Séminaire sur le financement des projets miniers*. Actes du colloque, 2 décembre 2013, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canada.

dizaines de millions de dollars. L'exploration ne peut certes pas se faire sans qu'il ait eu au préalable acquisition de titres d'exploration ou « claims ». Le claim donne un droit exclusif à son titulaire de rechercher toutes les substances minérales du domaine de l'état<sup>17</sup>. Cette phase consiste à évaluer la ressource découverte. On appelle communément cette phase la « campagne de forage ». Lorsque l'on découvre un gisement, on procède ensuite au forage de définition. Il s'agit d'une technique de forage plus « serrée » où il est question de mieux définir le gisement. Cependant, l'évaluation de la ressource ne suffit pas à elle seule pour justifier la poursuite du projet. Une réserve minérale doit ensuite être établie par l'application de paramètres économiques qui permettront de répondre à la question suivante : a-t-on de bonnes raisons de croire que la géologie peut démontrer qu'il y a du minerai disponible en quantité suffisante et qu'il est exploitable de façon rentable? Dans l'affirmative, l'entreprise minière peut entreprendre la longue phase de développement ou vendre son projet à une autre entreprise minière.

La phase de développement, aussi connue sous le nom de « mise en valeur », débute avec un *scoping* de base. Il s'agit d'une évaluation sommaire du gisement découvert où l'on commence à valider l'ampleur de la réserve minérale par la réalisation d'une étude économique préliminaire. On commence à mesurer grossièrement l'envergure du projet et les démarches sont entreprises en vue d'obtenir les autorisations nécessaires pour exploiter le gisement. Selon la nature du minerai que l'on veut exploiter, le gouvernement du Québec octroie deux types de titres d'exploitation minière : un bail minier ou un bail d'exploitation de substance minérale de surface<sup>18</sup>. Pour les entreprises minières, il s'agit d'obtenir un bail minier. Ce bail est obtenu lorsqu'une entreprise minière détient un ou plusieurs claims et qu'elle fait la démonstration qu'il y a présence d'un gisement exploitable. La durée initiale du bail minier est de 20 ans et celui-ci peut être renouvelé tous les 10 ans jusqu'à ce que l'exploitation cesse définitivement. Des études d'impacts sont ensuite réalisées au niveau hydrologique, environnemental et s'il y a lieu, au niveau de la communauté touchée par le projet. La *Loi sur les mines* oblige les entreprises minières à établir dès le départ un plan de réhabilitation pour les terrains touchés par leurs

<sup>17</sup> <http://www.mrn.gouv.qc.ca/mines/titres/titres-exploration.jsp>

<sup>18</sup> <http://www.mrn.gouv.qc.ca/mines/titres/titres-exploitation.jsp>

activités et à fournir une garantie financière<sup>19</sup>. Outre l'aspect légal, l'entreprise amorce ensuite les études de préfaisabilité et faisabilité du projet où elle cherche essentiellement à raffiner la géologie du projet. Le véritable *Go/No Go* du projet est donné au terme de la réalisation de l'étude de préfaisabilité, soit au commencement de l'étude de faisabilité. L'entreprise injecte alors davantage de capitaux pour financer le projet. La réalisation de tests métallurgiques permet d'identifier le processus d'extraction adéquat selon le minerai que l'on veut exploiter. S'agira-t-il d'une mine à ciel ouvert ou souterraine? Quelle sera la méthode de forage préconisée ainsi que l'équipement nécessaire pour l'extraction? Quel procédé chimique va-t-on utiliser pour traiter la ressource extraite? Quels équipements et installations seront nécessaires pour traiter la ressource extraite? Toutes ces questions trouvent réponse par la réalisation de l'étude de faisabilité.

Toujours dans la phase de développement, on mesure ensuite la teneur du minerai et on détermine un seuil de rentabilité en fonction des coûts de production par tonne extraite. Les grandes entreprises minières qui opèrent plusieurs projets ont un taux de rendement interne (TRI) qui détermine si le projet est intéressant selon les normes de l'entreprise. On détermine alors le coût du projet et on identifie le moment où le projet générera des profits. Cette étape est cruciale pour l'avenir du projet, car une mauvaise estimation de la qualité, de la quantité ou des caractéristiques de la réserve minérale constitue l'une des plus importantes menaces pour la survie du projet. C'est à cette étape que l'on modélise la réserve minérale (*Bloc model*) et qu'on établit un scénario d'exploitation avec lequel on réalise les analyses de sensibilité. Les analyses de sensibilité permettent de mesurer l'impact de l'incertitude sur la rentabilité du projet. Par exemple, le projet est possiblement rentable avec les conditions de marché actuelles, mais le sera-t-il dans 5 ans au moment où la production sera à peine entamée? Le but consiste à valider la rentabilité du projet et à le rendre intéressant pour d'éventuels investisseurs qui financeront sa construction. Encore une fois, il arrive souvent que le projet change de propriétaire à cette étape. L'ingénierie du projet sera finalement terminée et la décision d'entreprendre la construction du projet sera prise. Comme mentionné précédemment, il s'agit de la phase critique du projet. La machinerie et les équipements sont commandés auprès des

---

<sup>19</sup> <http://www.mrn.gouv.qc.ca/mines/restauration/restauration-dispositions.jsp>

fournisseurs et les travaux de préparation du terrain sont amorcés (10-15% du coût total du projet). Une fois les travaux de préparation terminés, les équipements, bâtiments et infrastructures sont mis en place et la phase de production peut commencer. Le « complexe » d'exploitation minière est alors prêt à opérer. L'achat des équipements et de la machinerie ainsi que leur mise en place, la construction des infrastructures ou l'entrée en phase de production en général représente environ 80% du coût total du projet.

La phase de production s'amorce avec la mise en service du complexe et de ses équipements. Au Québec, la phase de production dure en moyenne 12 ans. Bien sûr, certaines mines ont une durée de vie beaucoup plus grande. En termes d'infrastructures, on retrouve tout d'abord deux types de mines : à ciel ouvert et souterraine. La mine à ciel ouvert est constituée d'un ou plusieurs trous ou *pits*. L'ensemble des opérations d'extraction s'effectue à ciel ouvert. Dans le cas d'une mine souterraine, les opérations d'extraction s'effectuent sous terre. On retrouve un puits où l'on aménage une rampe d'accès pour la machinerie. La rampe d'accès est constituée d'un chemin en spirale qui comporte une pente constante pour permettre à la machinerie de descendre en profondeur. Il arrive parfois qu'une cage soit installée dans le puits en vue de hisser le minerai à la surface. Les opérations souterraines comportent également des installations électriques plus complexes que dans le cas d'une mine à ciel ouvert. Au niveau du complexe minier, peu importe le type de mine, l'ensemble des opérations peut être divisé en deux parties distinctes : les opérations d'extraction du minerai et les opérations de traitement du minerai.

L'extraction du minerai comprend notamment les opérations de dynamitage et de forage. Dans le cas d'une mine à ciel ouvert par exemple, on retrouve de la machinerie lourde telle que des *loaders*, pelles mécaniques et des camions de transport pour amener le minerai extrait vers l'usine de traitement. Il arrive également que le transport des matières extraites soit en partie ou totalement effectué à l'aide d'un convoyeur. Dans le cas d'une mine souterraine, la machinerie comporte quelques différences. On retrouve notamment des *jumbos*, qui sont des machines équipées de perceuses et qui sont adaptés pour travailler sous terre. Il y a aussi les *scoops*, qui sont des camions plus compacts qui

servent à transporter la roche dynamitée. L'espace constitue une contrainte constante lorsqu'il est question d'une mine souterraine. Lorsque la mine est à ciel ouvert, on retrouve généralement un parc à résidus où la roche « stérile » est déposée. Le stérile est de la roche qui est extraite en vue d'atteindre le gisement et qui ne contient pas de minerai. Cependant, la roche qui comporte une teneur de coupure en dessous de la norme établie par l'entreprise lors de ses calculs de réserve (ex : 0.3 gramme d'or/ tonne de roche) est aussi considérée comme du stérile. Il arrive que ce « stérile » soit entreposé pour être traité ultérieurement. Dans le cas d'une mine souterraine, le stérile est souvent utilisé pour faire du *cut and pill*, c'est-à-dire reboucher les trous qui ont été creusés afin d'atteindre une zone que l'on veut exploiter. Les mines souterraines comportent souvent un parc à résidus à la surface, car ce n'est pas tout le stérile qui sera utilisé pour faire du *cut and pill* ou qui pourra être entreposé sous terre.

Les opérations de traitement du minerai sont effectuées dans une usine de concentration aussi appelée « concentrateur ». Cette usine comporte des caractéristiques qui sont propres au minerai exploité, et ce, notamment en matière de métallurgie et de procédé chimique utilisé pour raffiner le minerai. Dans le cas de l'or par exemple, le minerai dynamité est acheminé dans l'usine de concentration et à sa sortie, il est réduit en poudre. Le minerai passe tout d'abord par un concasseur où il peut y avoir différentes étapes telles qu'un concasseur à mâchoire, un concasseur giratoire, etc. Le minerai ainsi broyé est ensuite acheminé vers un moulin. Le moulin est habituellement constitué d'un cylindre d'un important diamètre (10-12 mètres) qui tourne sur lui-même et à l'intérieur duquel on retrouve des boules d'acier qui culbutent avec la roche en vue de la broyer finement (75-100 microns). Une fois ces étapes complétées, selon la métallurgie, la « poudre » de minerai est dirigée vers un système de flottaison et de lixiviation en vue de séparer les différents minéraux présents dans cette poudre. Lorsque l'on exploite du nickel, de l'or ou encore du cuivre, d'autres minéraux y sont souvent rattachés et il arrive que ces minéraux puissent être récoltés à titre de sous-produits.

Outre les activités d'extraction et de traitement du minerai, il y a bien sûr tout ce qui est relié à la maintenance, au soutien et à la gestion des opérations minières. Si on prend

l'exemple de la mine *Raglan* qui appartient à *Glendcore Extrata* (division nickel), le personnel d'opération minière doit être logé sur place, car la situation géographique de la mine l'oblige. Sinon, dans l'ensemble des mines en général, le plan d'exploitation comprend aussi des bureaux de gestion où on retrouve tout ce qui touche à la comptabilité, aux ressources humaines, la santé et sécurité, l'ingénierie, la métallurgie, la technologie de l'information (TI), etc. Il s'agit d'un bureau satellite qui est en constante communication avec l'entreprise qui réalise le projet. Il y a aussi tout ce qui touche à la machinerie et aux équipements miniers tels que des garages, un atelier d'usinage, des entrepôts, etc. La mine doit pouvoir être totalement autonome.

### 5.3 La flexibilité managériale dans les projets miniers

Cette section marque le commencement de l'exploitation du contenu des entrevues. Maintenant que le lecteur possède une meilleure vision du domaine minier québécois, les prochaines lignes constituent la présentation des résultats.

Comme mentionnée précédemment, la flexibilité managériale concerne la flexibilité en termes de prise de décision. Cette flexibilité peut ainsi prendre la forme d'options réelles que les gestionnaires ont le droit et non l'obligation d'exercer. Dans le domaine minier, cette flexibilité s'appuie sur une multitude de sources de flexibilité qui permettent aux gestionnaires concernés de mettre en œuvre leurs décisions. Les entrevues réalisées ont notamment permis de découvrir que cette flexibilité est essentielle à la gestion efficace des ressources mises à contribution dans les projets miniers et comme le mentionne le participant H, cette flexibilité assure la survie même du projet :

*Tu sais il y a des imprévus, tu as un plan d'exploitation qui ne se réalisera la plupart du temps jamais là, comme il a été fait initialement. Puis là tu dois t'ajuster au fur et à mesure. [...] Et s'il y a une compagnie qui a des plans d'exploitation qui ne sont pas ajustables, je ne pense pas qu'ils vont opérer là. Pas longtemps.*

Afin d'établir un parallèle avec les propos de Olsson (2006), la flexibilité managériale du domaine minier est bien circonscrite à l'intérieur des projets et les décisions qui relèvent de cette flexibilité sont toujours soigneusement évaluées. Lorsque le participant C s'exprime à l'égard des changements qui sont effectués dans les activités d'exploitation minière, ses propos vont en ce sens :

*Non, en fait, c'est ça le moins possible là ce qu'on veut faire c'est de le faire en fonction du life of mine. Ces changements-là doivent faire partie inhérente du life of mine. Donc est-ce que ces changements peuvent aussi être effectués à n'importe quel moment? Ils peuvent être faits à n'importe quel moment après l'étude économique, en parallèle avec le life of mine.*

Le « *life of mine* » constitue le plan de mine. Il s'agit pour ainsi dire du « *base line* » du projet et c'est un exercice multidisciplinaire très complexe. Dans le cas d'une mine, c'est la référence en termes de planification au long terme. Le *life of mine* est défini comme étant la période durant laquelle, par l'emploi des capitaux mis à sa disposition, une entreprise exploite une réserve minérale dont la rentabilité est justifiée d'un point de vue géologique<sup>20</sup>. Le plan de mine évolue de façon constante tout au long de la durée de vie du projet minier, c'est-à-dire que des changements sont fréquemment apportés dans le but d'atteindre de nouveaux objectifs. Comme le mentionne le participant A, ces changements ne sont pas entièrement planifiés au début du projet, ils correspondent plutôt à une « réponse » des gestionnaires en vue de s'ajuster à une situation qui évolue constamment:

*Ah! Pas le choix, en business, tu n'as pas le choix de réagir aux environnements externes qu'on appelle. Fait qu'il faut que tu ajustes ton environnement interne en fonction de ce qui se passe. [...] Donc tu as des actions à court terme, évidemment tu as ton plan stratégique à long terme, mais souvent il faut que tu réagisses à court terme pour satisfaire les marchés.*

L'élaboration d'un plan de mine ou *life of mine* flexible peut même contribuer à augmenter la valeur actualisée nette d'un projet minier. Les propos du participant I reflètent bien cette réalité :

---

<sup>20</sup> <http://encyclopedia2.thefreedictionary.com/life-of-mine>

*Le problème, c'est que si on regarde le temps, la capacité minière, les minières, elles veulent toujours garder ça de même, maximiser l'utilisation de leur flotte. Mais ce n'est pas nécessairement la meilleure chose à faire. Peut-être au début, c'est mieux de la maximiser, ensuite la ralentir, [...] Il y a des compagnies qui se spécialisent dans l'optimisation des plans de mines, c'est le genre de choses qu'elles proposent. Comment gérer tes phases, comment séquencer toutes tes phases dans le temps, très important.*

La flexibilité managériale peut s'appuyer sur des sources de flexibilité créées en toute connaissance de cause et de façon intentionnelle par les gestionnaires. Par exemple, comme mentionnée à la section 2.4.1, une entreprise minière peut acquérir des équipements à capacité additionnelle pour supporter un volume de production plus important que ce que l'entreprise prévoit exploiter dès le commencement du projet. Il s'agit là d'une option de croissance qui s'appuie sur une source de flexibilité créée intentionnellement par les gestionnaires et qui pourra être exercée si les conditions de marché le justifient.

Par ailleurs, il arrive qu'une «surcapacité» en équipements, en machineries et même en termes de main-d'œuvre résulte d'un changement accidentel dans les activités d'exploitation d'une mine (ex : réduction de la capacité de production). Les propos du participant F témoignent de cette réalité :

*Ça fait qu'en bout de ligne, si c'est une capacité que tu as déjà bâtie, que ça arrive à travers ta vie d'exploitation que tu commences à diminuer, mais tu vas garder... Que ce soit par exemple une de tes composantes de ton système de production, que ça soit la mine ou ailleurs, tout à coup a une capacité supplémentaire.*

Cette «surcapacité» ne peut être considérée comme une source de flexibilité à laquelle on accorde de la valeur, puisqu'elle résulte d'un «accident de parcours». La diminution de la capacité de production qui est à l'origine de l'existence de cette «surcapacité» fait en sorte qu'il s'agit d'un coût à supporter pour le projet et non d'une flexibilité à laquelle on attribue de la valeur.

Finalement, certaines sources de flexibilité voient leur existence liée à la nature même des projets miniers. En effet, les options de report, d'arrêt permanent ou temporaire sont des exemples de flexibilité managériale dont les sources de flexibilité existent sans que les gestionnaires aient besoin de les créer. Par exemple, dans le cas de l'exercice de l'option d'arrêt temporaire, les gestionnaires choisissent généralement de remiser de la machinerie et de mettre certains équipements hors service. Au moment d'exercer l'option d'arrêt temporaire, ces sources de flexibilité sont généralement toujours disponibles, et ce, sans qu'il ait été nécessaire de planifier leur utilisation ou d'investir dans leur création. Elles voient donc leur existence liée à la nature même du projet et par conséquent, elles ne contribuent généralement pas à faire augmenter le coût de maintien de la flexibilité.

Les prochaines lignes dressent un portrait des différents types d'options réelles « sur » les projets qui ont été recensés durant la tenue des entrevues. Comme mentionnée plus haut, la flexibilité managériale se présente sous la forme d'options réelles que les gestionnaires peuvent choisir d'exercer à un moment précis ou durant une période donnée dans le projet. La flexibilité managériale s'appuie sur deux principales sources de flexibilité : des sources de flexibilité créées intentionnellement par les gestionnaires et des sources de flexibilité dont l'existence est liée à la nature même des projets miniers. Ces sources de flexibilité ne sont pas exclusives aux différents types d'options réelles correspondants, c'est-à-dire qu'une source de flexibilité en particulier peut être à l'origine de l'existence de plusieurs types d'options réelles. Le tableau 1 de la page suivante résume l'information présentée dans cette section.

**Tableau 1:** Types d'options réelles et principales sources de flexibilité managériale dans les projets miniers

Types d'options réelles et fréquences d'utilisation	Sources de flexibilité créées intentionnellement	Sources de flexibilité dont l'existence est liée au projet
Option de croissance <i>Fréquente</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Créer de la capacité additionnelle</li> <li>- Élaborer des listes de rappel</li> <li>- Garder de l'équipement et machinerie en consignation</li> <li>- Faire des arrangements avec les fournisseurs d'équipements et machineries</li> <li>- Dessiner des plans d'ingénierie tenant compte d'une augmentation de la capacité de production</li> <li>- Construire des infrastructures en fonction d'une augmentation de la capacité de production</li> <li>- Construire des bâtiments en vue d'accueillir plus d'équipements</li> <li>- Faire de l'exploration en parallèle avec l'exploitation</li> <li>- Planifier l'exploitation de sous-produits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploiter des sous-produits</li> </ul>
Option de contraction <i>Fréquente</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intégrer des clauses dans les conventions collectives</li> <li>- Planifier la location d'équipements et machineries à d'autres entreprises minières</li> <li>- Faire des arrangements avec les fournisseurs d'équipements et machineries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remiser de la machinerie et des équipements</li> <li>- Condamner des bâtiments</li> <li>- Accorder plus de congés sans solde</li> <li>- Négocier de meilleurs prix avec les fournisseurs</li> <li>- Geler le processus d'embauche</li> </ul>
Option d'investissement séquentiel <i>Assez fréquente</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réaliser un projet par phases (fractionnement de l'investissement dans le temps)</li> </ul>
Option opérationnelle <i>Assez fréquente</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire des piles de minerai à haute ou basse teneur</li> <li>- Planifier l'exploitation de sous-produits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploiter les zones à teneur plus riche et plus facile à exploiter</li> <li>- Exploiter des sous-produits</li> </ul>
Option de report <i>Assez fréquente</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remettre une décision à plus tard (investissement, dépenses, etc.)</li> </ul>
Option d'arrêt temporaire <i>Rarement</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intégrer des clauses dans les conventions collectives</li> <li>- Planifier la location d'équipements et machineries à d'autres entreprises minières</li> <li>- Faire des arrangements avec les fournisseurs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remiser de la machinerie et des équipements</li> <li>- Condamner des bâtiments</li> <li>- Négocier de meilleurs prix avec les fournisseurs</li> <li>- Geler le processus d'embauche</li> </ul>
Option d'arrêt permanent <i>Rarement</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intégrer des clauses dans les conventions collectives</li> <li>- Planifier la fermeture de la mine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vendre les équipements et la machinerie</li> </ul>

Le premier type d'option réelle répertorié est l'option de croissance. L'option de croissance correspond au droit et non à l'obligation dont disposent les gestionnaires d'augmenter la capacité de production à un moment donné durant la phase de production d'un projet minier. Ce type d'option peut être exercé dans le cas d'une croissance du prix du minerai ou d'une baisse du coût unitaire d'extraction du minerai, donnant lieu à un profit marginal positif. Comme le démontrent les propos du participant C, la décision d'augmenter la capacité de production d'une mine constitue une décision majeure qui requiert d'importants préparatifs :

*Dans une mine, ce n'est pas toujours facile de monter la production. [...] Parce que collatéralement au développement, il y a tout ce qui est structurel, structurel alentour du développement. On parle de ventilation, on parle d'électricité, on parle qu'on a l'équipement disponible, qu'on a l'inventaire, il y a beaucoup, beaucoup, beaucoup de variables par rapport à tout ça. [...] La première vraie question : Est-ce qu'on a les zones qui sont disponibles? Si oui, comment on peut aller les chercher? Quel est le coût rattaché économiquement? On revient toujours à l'étude économique de base.*

L'exercice de l'option de croissance comporte plusieurs sources de flexibilité créées intentionnellement par les gestionnaires. L'exploration constitue l'une de ces sources. La plupart des entreprises minières continuent d'effectuer du forage d'exploration en parallèle avec leurs opérations d'extraction. Cette source de flexibilité implique parfois l'obtention de claims, mais implique surtout des coûts. Le forage d'exploration permet à l'entreprise de mieux connaître son environnement au cas où l'on souhaiterait augmenter la capacité de production si les conditions de marché le justifient. Cependant, comme l'ont mentionné beaucoup de participants, lorsque les conditions de marché se dégradent et que l'on cherche à diminuer les coûts, l'exploration est habituellement l'une des premières activités à arrêter afin de réduire les coûts d'exploitation. Le participant I s'est notamment prononcé sur la question :

*Donc qu'est-ce que tu fais quand tu veux contrôler les coûts? La première chose que tu fais, tu coupes l'exploration. Parce que l'exploration ne te donnera pas de résultat l'année prochaine. Même si tu trouves quelque chose, il faut que tu fasses toute ton étude de faisabilité, c'est ... Tu hypothèques ton*

*futur, quand tu coupes l'exploration, mais tu n'hypothèques pas les résultats de ton prochain trimestre.*

La flexibilité attribuable à la présence d'équipements, de machinerie ou d'infrastructures qui peuvent permettre l'exercice d'une option de croissance est difficile à mettre en place, car beaucoup de contraintes se dressent à l'endroit d'un tel concept. Tout d'abord, l'opération d'une mine comporte toujours des coûts fixes et des coûts variables. On peut imaginer par exemple qu'une entreprise minière désire se munir d'une usine de concentration ayant une grande capacité de production afin de pouvoir augmenter celle-ci dans le futur (usine comportant des équipements à capacité additionnelle). Le problème est que l'usine de concentration regroupe la plupart du temps des équipements qui génèrent des coûts fixes. Le participant I s'exprime bien à l'égard de cette problématique :

*Si tu as une usine qui est bâtie pour 8 000 tonnes par jour, quand ils l'opèrent à 6 000, ce n'est pas optimal. [...] C'est ça, tu as des coûts fixes à ton usine.*

Le participant F précise davantage la nature exacte de la problématique engendrée par l'acquisition d'équipements à capacité additionnelle :

*Mais tu essaies que chacun de tes points principaux de production soient le plus près possible de ton maximum que tu peux produire. Donc tu ne veux pas avoir nécessairement beaucoup de surplus de capacité à un point précis. [...] Parce qu'il y a des usines où il y a des points de production, que si tu fonctionnes... Par exemple, si je reprends l'exemple d'une \*\*\*, elle va brûler le même fuel peu importe les tonnes que tu transportes. Si tu fais fonctionner \*\*\* à 80 % de la capacité, c'est peut-être ça les seules tonnes que tu as besoin, mais ... Ou les seules tonnes qui sont disponibles, mais tu es inefficace dans ton coût de production. Ce que tu veux, c'est que \*\*\* fonctionne le plus souvent possible à presque 100 % de sa capacité. Parce qu'à ce moment-là, tu as tes coûts d'exploitation qui sont les plus bas possible.<sup>21</sup>*

Une deuxième contrainte majeure provient des investisseurs. Dans le cas d'une mine qui démarre, le fait de justifier l'acquisition d'équipement à capacité additionnelle est un important défi en soi. Dans une certaine mesure, on constate l'existence d'une certaine

<sup>21</sup> La citation a été légèrement modifiée pour des raisons de confidentialité.

dualité entre les investisseurs et les gestionnaires. Le participant C résume bien l'essentiel de ce dilemme :

*Les investisseurs aujourd'hui veulent des plans non ajustables. En fait, quand ils s'en aillent à la banque rencontrer les gens, la première question : « Est-ce que je peux me fier sur les prochaines années, qu'il y ait le moins possible de fluctuations puis de changements apportés au plan d'exploitation? ». Fait que souvent la réponse c'est un plan non ajustable. Mais des fois, c'est difficile. Des fois, c'est difficile parce qu'il y a des éléments qui sont, on ne peut pas dire, inconnus, mais moins connus en terme d'exploitation. Donc c'est pour ça qu'on se garde toujours quand même une marge de manœuvre comme on peut dire.*

Par ailleurs, on se rappelle que les décisions qui sont rattachées à l'exercice des options réelles ne sont pas nécessairement sans conséquence pour l'avenir professionnel des gestionnaires (Adner & Levinthal, 2004). La décision de préserver ou acquérir de l'équipement à capacité additionnelle suit la même logique. Le participant F mentionne que son entreprise disposait d'une usine de transformation qui était en arrêt depuis plusieurs années. Un projet avait été approuvé en vue de la remettre en service, mais les conditions de marché ont conduit à l'abandon du projet. Aussi, dans le cas d'une entreprise minière qui exploite plusieurs projets à la fois, la compétition entre les projets est un autre facteur déterminant à considérer. La disponibilité de capitaux n'est pas infinie et parfois, il est préférable de mieux investir le capital disponible à court ou moyen terme (ex : main-d'œuvre additionnelle permettant d'optimiser l'exploitation de la mine). Dans le cas du participant F, l'exemple qu'il mentionne est particulièrement intéressant :

*Et finalement, on ne l'a jamais repartie puis l'année passée ou dans les deux dernières années on l'a démantelée, parce qu'on s'est rendu qu'on pourrait jamais la justifier. Ce qui est intéressant dans cette situation-là c'est qu'il y a probablement une ou deux années qui sont arrivées dans les dix dernières années où seulement produire lors de ces deux années-là, si on avait eu cette capacité d'exploitation-là pendant ces deux années-là, ça aurait probablement justifié l'investissement. Mais c'étaient des années exceptionnelles, et ... Mais ces années exceptionnelles-là on les... Ça prendrait beaucoup de courage décisionnel pour arriver et dire, parce qu'on pense qu'il doit avoir encore ces années-là exceptionnelles dans les dix prochaines années, on va bâtir cette usine-là, puis on va la mettre en fonction*

*[...] Puis il y a aussi une question qui est beaucoup plus importante derrière ça, c'est la... Peu importe dans quelle organisation tu te trouves, il y a toujours une limite du capital que tu peux avoir à ta disposition. Et ça, ça fait en sorte que tu es en compétition, chaque projet est en compétition avec d'autres projets.*

Une alternative intéressante en termes de sources de flexibilité au niveau des équipements a été relevée lors de l'entrevue avec le participant H. Dans une optique qui vise à réduire les coûts d'inventaire, des arrangements avec les fournisseurs d'équipement s'avèrent possibles:

*On a des fournisseurs qui laissent des choses en consignation tout le temps. L'idée derrière tout ça, c'est de réduire les coûts d'inventaire. Alors on a des ententes avec différents fournisseurs. Eux ils nous laissent du matériel en consignation ici et ça va selon l'utilisation.*

Ces arrangements avec les fournisseurs comportent un important avantage : l'entreprise qui développe de bonnes relations avec ses fournisseurs peut profiter d'un meilleur service, notamment d'un accès privilégié à des équipements et à de la machinerie. Lorsque l'industrie minière connaît une relance, l'entreprise s'assure de disposer des ressources matérielles essentielles à l'exercice d'une option de croissance. Le participant G décrit bien l'effet d'une relance dans le domaine minier québécois sur la disponibilité du personnel et des équipements miniers :

*[...] on a connu des crises dans le monde minier depuis 1990, plusieurs. Et à toutes les fois, lorsque ça repart, bien tout le monde repart en même temps, puis il n'y a rien de disponible. Il n'y a pas de personnel, il n'y a pas d'équipement et là tu gères un stress au travers des opérations [...]*

Une autre source de flexibilité permettant l'exercice de l'option de croissance se situe au niveau du marché. Cette source de flexibilité se résume essentiellement au fait d'avoir accès à plusieurs marchés. Le participant A mentionne par exemple l'avantage d'exploiter un sous-produit lorsqu'il est question d'augmenter la valeur d'un projet d'exploitation

minière. Cette source de flexibilité permet de moduler la capacité de production de la mine en fonction du minerai le plus rentable à exploiter :

*[...] Fait qu'on a fait une autre faisabilité en 2012, pour produire \*\*\* de tonnes par année. Donc là les rendements financiers étaient très bons. Puis encore une fois, on s'est aperçu qu'on pouvait extraire un autre minerai de nos rejets, qui est \*\*\*, par exemple. Pour encore augmenter la valeur de notre projet. Fait qu'on vient de faire une autre faisabilité, pour produire \*\*\* de tonnes par année, et rajouter un sous-produit, qui est \*\*\* dans notre cas. Encore une fois, ça ajoute beaucoup de valeurs au projet [...]»<sup>22</sup>.*

En dépit des faits énoncés jusqu'ici, il arrive que les gestionnaires d'une entreprise minière décident dès le commencement du projet de mettre en place des équipements, machineries et infrastructures qui comportent une capacité additionnelle. L'entrevue réalisée avec le participant G comporte un parfait exemple de la mise en œuvre de ce concept :

*La phase 1, qui a été faite, a des zones, des secteurs de l'usine qui sont en surcapacité, à l'étape, pour la phase 1, puis qui sont déjà prêts pour la phase 2. Pour amener la production nécessaire à très, très peu cher. Je peux vous parler dans notre cas, je ne peux pas parler en général, mais on peut parler de 15 % de plus, qu'on savait déjà en commençant que c'était phase 1, qu'il y a beaucoup plus de potentiel que qu'est-ce qu'on a sur la table. [...] Pourquoi dépenser 15, 20, ou 30 millions de plus, pour quelque chose que tu as 10 % de chance de te servir un jour. Nous on est à 80 % de chance de s'en servir. Puis c'est là que ça devient intéressant.*

Le deuxième type d'option réelle répertorié est l'option opérationnelle. Ce type d'option fait référence à la flexibilité opérationnelle d'une mine qui permet aux gestionnaires de moduler la capacité de production en vue d'atteindre des objectifs de production, limiter des pertes et même réaliser des gains.

Le « *stock pilling* » constitue une source de flexibilité créée intentionnellement par les gestionnaires et qui peut permettre d'exercer une option opérationnelle. Le *stock pilling* ou « pile de minerai » correspond à l'entreposage temporaire d'amas de roche qui

<sup>22</sup> La citation a été légèrement modifiée pour des raisons de confidentialité.

contiennent du minerai. Cet entreposage permet de bénéficier d'une flexibilité opérationnelle. En effet, on peut au besoin d'équilibrer la teneur du minerai qui est acheminée vers le concentrateur en y mélangeant du minerai à basse ou haute teneur. On peut faire des piles de minerai à teneurs variées et les utiliser en vue de rencontrer en tout temps la capacité du concentrateur. On peut également faire du *stock pilling* si les activités d'extraction dépassent la capacité de l'usine de traitement. On peut également « stocker » du minerai à haute teneur et l'exploiter lorsque le prix du minerai est trop bas ce qui permet à la mine d'être suffisamment rentable même si les conditions de marché sont moins bonnes. À l'inverse, on peut exploiter des piles de minerai à haute teneur lorsque le prix du minerai est élevé et réaliser des gains additionnels. Les piles de minerais doivent être planifiées et harmonisées à l'ensemble des opérations de la mine (transport, manutention, etc.), et ce, principalement lorsqu'il s'agit d'une mine souterraine. Les gestionnaires doivent prévoir des parcs à résidus suffisamment grands pour y entreposer les piles de minerai. Malgré que le *stock pilling* présente de nombreux avantages, cette pratique ne fait pas l'unanimité. Les propos du participant I le confirment :

*Les mineurs détestent ça. Ils ne veulent pas laisser du minerai dans des haies de stérile. Ils ne veulent pas t'sais... [...] Normalement, donc si on a ajouté notre teneur de coupure à ... c'est-à-dire à point 5, qu'est-ce qu'il y a entre point 3 puis point 5, c'est quand même... Il y a quand même de l'or dedans. On peut mettre ça de côté, surtout quand tu es dans une carrière, une mine à ciel ouvert. Il faut que tu l'enlèves de toute façon. [...] Donc toi tu as une vie de mine de 12 ans, bien tu exploites pendant 12 ans, puis là les deux dernières années bien tu fais juste passer tes haies de ... à point 3 gramme, entre point 3 puis point 5 gramme, ils ne te coûtent rien, ils sont déjà sortis. Ça te coûte juste le prix de manipuler le minerai. Mais ton usine est déjà payée, tu vas avoir des revenus quand même, c'est le temps idéal de l'exploiter.*

Comme dans le cas de l'option de croissance, l'exploitation de sous-produits (accès à plusieurs marchés) peut constituer une source de flexibilité pour l'exercice de l'option opérationnelle. Le participant F fait mention de cette source de flexibilité qui s'est d'ailleurs avérée utile lorsqu'il a été question de traverser les « périodes creuses »:

*En fait, toutes ces choses-là sont disponibles pour nous, l'autre chose qu'on n'a pas, qui est différente par rapport à la plupart des autres entreprises, c'est*

*qu'on a en fait deux types de produits. Et les deux types de produits qui sont \*\*\* et le concentré pour la vente, et ces deux types de produits-là, généralement à cause de la façon dont les \*\*\* consomment le minerai \*\*\* dans les différents continents à travers le monde, \*\*\* sont surtout sur le marché de l'Amérique du nord de l'Europe et le concentré est surtout en Asie. Nous on a aussi donc la flexibilité de produire plus ou moins \*\*\*. On peut fermer de la capacité de production de \*\*\*<sup>23</sup>.*

La teneur du minerai constitue une source de flexibilité dont l'existence est liée à la nature du projet et qui peut permettre aux gestionnaires d'exercer une option opérationnelle. Les gestionnaires peuvent préserver certaines zones à teneur plus riche et facile d'accès qu'ils exploitent lorsque le prix du minerai diminue dans le but de garder les coûts de production le plus bas possible. Il s'agit d'ailleurs d'une pratique courante dans les entreprises minières. Toutefois, il est à noter que la rentabilité n'est pas associée à l'exploitation de zones à teneur plus riche, puisqu'il faut considérer aussi les coûts d'extraction. Le fait de disposer de zones à teneur plus riche permet donc d'être plus robuste à l'endroit d'une diminution du prix du minerai. Par contre, aux dires du participant I, une telle pratique n'est pas toujours possible puisque souvent, il vaut mieux exploiter ce qui est plus rentable dès le départ, ce qui se traduit souvent par l'exploitation des zones à teneur plus riche:

*Ça, c'est une réflexion typique de l'industrie minière, mais qui est fausse. Parce qu'ici, ce n'est pas une mine d'or, ou une mine de cuivre, c'est une mine d'argent. Tu essaies d'exploiter de l'argent (\$). [...] Il faut toujours revenir au NPV. Pas revenir au nombre d'onces que j'ai produites. [...] T'sais quelqu'un dit : « J'ai augmenté ma production de 20 % dans l'année 5. » « Ouais, mais j'aime mieux que tu l'augmentes de 1 % à l'année zéro, ça va m'aider, ça va peut-être mieux affecter le NPV. » Il faut toujours revenir au NPV.*

L'option d'investissement séquentiel constitue le troisième type d'option réelle répertorié. Cette option réelle permet aux gestionnaires de répartir dans le temps un investissement majeur et risqué en plusieurs investissements, moins coûteux et moins risqués. Le niveau de risque correspond à la qualité de l'information dont disposent les gestionnaires pour prendre une décision d'investissement. À mesure que le projet avance dans le temps, l'incertitude tend à se dissiper et permet aux gestionnaires d'ajuster leurs décisions en

<sup>23</sup> La citation a été légèrement modifiée pour des raisons de confidentialité.

fonction de l'évolution de la situation (Stinchcombe, 1990 cité dans Winch, 2006). Chacun des « stades » ou phases d'investissement place les gestionnaires devant deux principaux choix : poursuivre l'investissement moyennant quelques réajustements s'il y a lieu ou encore, abandonner la poursuite de cet investissement. Le participant B mentionne un exemple intéressant d'option d'investissement séquentiel. Comme on peut le voir, la motivation derrière cette approche est essentiellement due à l'incertitude liée aux conséquences de s'engager dans un investissement majeur. Toutefois, on constate que l'investissement séquentiel comporte un certain coût. Comme le montre l'exemple suivant, il est possible de choisir de réaliser un projet minier en plusieurs phases en vue d'éviter de trop s'engager et de se donner la flexibilité de réajuster l'investissement total en fonction de l'évolution des conditions de marché:

*Participant B :*

*Et il a deux façons de lancer le projet. Tu le lances global. Le coût estimé c'est \*\*\* si je ne me trompe pas. Ou de le lancer en phase, où la première phase coûterait à peu près \*\*\*, on comprend qu'elle aura une capacité plus petite. Mais comme il y a un enjeu de savoir si toute la capacité est requise ou s'il n'est pas préférable d'y aller de façon graduelle pour que le marché puisse absorber, si on le fait en phase 2, la phase 1 coûterait \*\*\*, et la phase 2 coûterait \*\*\*, je pense, si je ne me trompe pas.*

*Chercheur :*

*Donc on a un excédent de 70 millions.*

*Participant B :*

*Donc tu arrives à un projet de \*\*\*, et il y a de fortes chances qu'on va opter pour cette option-là plutôt que celle-là. Parce qu'on la trouve trop risquée celle-là. On n'est pas certain, bien qu'initialement elle coûte moins cher, globalement, parce qu'il risque d'avoir un ramp up qui va se faire sur quelques années. Il y a ... Tu vas avoir payé les premières années des coûts d'infrastructure ou des coûts totaux de projet beaucoup trop élevés qui fait en sorte, puis si tout d'un coup la courbe ne fait pas ce qu'on pense, puis qu'elle fait plus lent, là tu peux toujours ajouter ta phase 2 ici. Là ici, on l'a fait en fonction d'une opération qui était le même volume, ultimement. Ok. Mais si jamais ici, ça va moins bien que prévu, la courbe n'est pas la même on pourrait ajuster la phase 2, puis elle pourrait coûter \*\*\*<sup>24</sup>.*

<sup>24</sup> La citation a été légèrement modifiée pour des raisons de confidentialité.

L'option d'investissement séquentiel ne nécessite pas à priori l'intervention des gestionnaires en vue de créer des sources de flexibilité qui permettent l'exercice de ce type d'option. C'est une décision qui est prise alors que le projet (projet d'expansion, projet de démarrage d'une mine, etc.) est à l'étude de faisabilité par des analystes d'affaires chargés d'évaluer la rentabilité du projet. Par contre, lorsque vient le temps de décider de poursuivre ou non l'investissement, la poursuite de l'investissement s'appuie alors sur des sources de flexibilité créées intentionnellement par les gestionnaires. Étant donné qu'il est question d'investir de façon séquentielle en reportant dans le temps un investissement important et risqué, ces sources de flexibilité sont mises en place à peu de frais. Comme le mentionne le participant B, les gestionnaires créent des sources de flexibilité en fonction de l'exercice possible d'une option de croissance, c'est-à-dire la poursuite de l'investissement initial:

*Chercheur :*

*Puis ça justement, ça doit se traduire par des équipements peut-être physiques qui sont...*

*Participant B :*

*Bien qui seront différents, qui ... effectivement...*

*Chercheur :*

*Ça pourrait se traduire par une usine où est-ce qu'on va être prêt à rajouter, ou des plans ingénierie qui sont déjà faits ou ...*

*Participant B :*

*Qui sont déjà faits, qui permettent l'ajout d'une ligne. Tu peux même faire construire physiquement le bâtiment, avec la possibilité de mettre une deuxième ligne.*

Le troisième type d'option réelle répertorié est l'option de contraction. Ce type d'option correspond au fait qu'une entreprise minière décide de ralentir ses activités (diminution du volume de production) en raison de mauvaises conditions de marché (prix du minerai), d'un surplus d'inventaires, etc. L'option de contraction est exercée le moins souvent possible.

L'option de contraction s'appuie d'abord sur des sources de flexibilité dont l'existence est liée à la nature du projet. Par exemple, on peut utiliser moins de machinerie ou d'équipement, cesser le forage d'exploration, négocier de meilleurs prix avec les fournisseurs, etc.

Par contre, à l'instar de l'option de croissance, l'exercice de l'option de contraction requiert aussi que des sources de flexibilité aient été mises en place au préalable par les gestionnaires. Comme mentionnés plus haut dans le cas de l'option de croissance, les contrats de location d'équipements avec les fournisseurs en sont un exemple. Lorsqu'il est question de diminuer la capacité de production d'une mine, le participant C mentionne même la possibilité de louer de l'équipement à une autre entreprise minière :

*Fermer des bâtisses, carrément annuler des machines temporairement. Fermer même la location, retourner la machine carrément au fournisseur sur une base temporaire. Ou la louer à d'autres entreprises. Il y a plusieurs décisions qui sont prises.*

L'option de contraction doit aussi pouvoir s'appuyer sur une source de flexibilité bien circonscrite : la main-d'œuvre. Comme le mentionne aussi le participant C, lorsqu'il est question d'effectuer des changements importants au niveau de l'exploitation de la mine, disposer d'une certaine flexibilité dans la main-d'œuvre affectée aux opérations minières s'avère essentiel :

*Donc c'est sûr que là tout est ajusté en conséquence. Quand je parle tout est affecté, bon, l'augmentation de la production ou ralentir la production mais aussi en terme d'horaire, flexibilité d'horaire, surtemps, tout ce qui est les éléments comptables, en sont ... ils font partie des changements concrets [...]. Donc convention collective, donc horaire, flexibilité, mouvements de main-d'œuvre, transferts, formation [...]. Donc là, ce qu'on fait, c'est prévalu, il y a des clauses dans la convention collective qui nous donnent le choix d'envoyer des gens en vacances. Donc un exemple, j'arrête deux semaines au mois de juillet, j'envoie les gens en vacances. Ceux dont j'ai besoin, je les garde. Donc les vacances on les passe toutes au même temps. Donc j'ai moins d'impact sur le futur, puis on l'a rentré dans le budget, on l'a planifié.*

Les deux derniers types d'options réelles répertoriés sont l'option d'arrêter et l'option de reporter. L'option de reporter s'exerce souvent dans le cas où les activités d'une mine tournent au ralenti et que l'on désire reporter un projet ou des achats en vue de diminuer les dépenses. Cette option peut aussi s'exercer lorsque les gestionnaires désirent avoir de l'information de meilleure qualité avant de prendre une décision (*wait and see*). Cette décision ne s'appuie généralement pas sur des sources de flexibilité que les gestionnaires peuvent créer, c'est une décision qui est prise intuitivement à un moment précis. Cette option est presque toujours disponible pour les gestionnaires, dans la mesure où ils peuvent choisir de reporter une décision et que ce «report» n'a pas ou a peu d'impact négatif sur la production. Par exemple, les gestionnaires peuvent choisir de reporter l'achat d'équipements neufs dans la mesure où ils s'assurent que les équipements dont ils disposent demeureront fonctionnels. Aussi, les gestionnaires peuvent exercer une option de report lorsqu'ils réalisent un projet en plusieurs phases (option d'investissement séquentiel). Ils peuvent par exemple décider de suspendre l'investissement en cours si les conditions de marché ne sont pas favorables à la rentabilité de l'investissement. Le participant E mentionne un exemple concret d'option de report:

*[...] Les bâtiments sont déjà prêts à accepter un nouveau concasseur. Puis le siding de train c'est pareil. Ça a été prévu mais c'est pas mis en place complètement. Il reste quelques investissements à faire, si jamais on veut monter à \*\*\*<sup>25</sup> de tonnes. Mais ça a été retardé, il y a un an et demi de monter plus rapidement à \*\*\* de tonnes. Mais pour l'instant ça a été mis sur la glace pour une couple d'années. Mais on ne sait jamais, ça peut refaire surface dans 6 mois, on ne sait jamais.*

L'option d'arrêter s'exerce dans des circonstances similaires à celles de l'option de reporter et de l'option de contraction. En effet, ce type d'option s'exerce souvent dans le but de sauver des coûts. Il est important de spécifier que l'on parle ici de stopper temporairement les activités de production de la mine et non de façon permanente. L'entreprise ne supporte alors qu'une partie de ses coûts de production. Comme le mentionne le participant D, que ce soit sur une base temporaire ou définitive, l'option

---

<sup>25</sup> La citation a été légèrement modifiée pour des raisons de confidentialité.

d'arrêter la production est exercée en dernier recours, et ce, surtout dans le cas d'une mine qui démarre:

*Le ralentissement ou la fermeture temporaire de la mine sont des actions qui sont entreprises en dernier recours. [...] On mise sur la réduction des coûts. Il y a trop de capitaux investis pour permettre d'envisager si rapidement les scénarios de fermeture. [...] Si les conditions sont vraiment mauvaises à moyen-long terme, les scénarios de fermeture sont envisagés.*

Stopper définitivement les opérations d'une mine implique des conséquences de la plus haute importance. On peut penser à la réhabilitation du site, au démantèlement des équipements, aux pertes d'emplois, etc. Ces conséquences impliquent des coûts énormes pour les entreprises minières. C'est pour cette raison que l'arrêt des activités est plus souvent temporaire. Le participant H témoigne des conséquences engendrées par l'exercice de l'option d'arrêter la production, et ce, même s'il s'agit d'un arrêt temporaire. L'une des principales conséquences concerne bien sûr l'aspect humain:

*Stopper la production, oui, c'est en dernier recours. Évidemment on ne favorise pas ça parce que souvent on va avoir la perte de main-d'œuvre, les gens se découragent, le staff se décourage, et réellement on essaie de ne pas stopper la production. On préfère la ralentir que de la stopper.*

Lorsqu'il y a des surplus d'inventaires ou que la dynamique du marché fait en sorte que l'exploitation est moins rentable, les gestionnaires profitent des périodes de vacances estivales pour suspendre temporairement la production. L'arrêt de la production sera alors souvent le résultat d'un report jusqu'au moment le plus propice pour mettre en œuvre une telle décision:

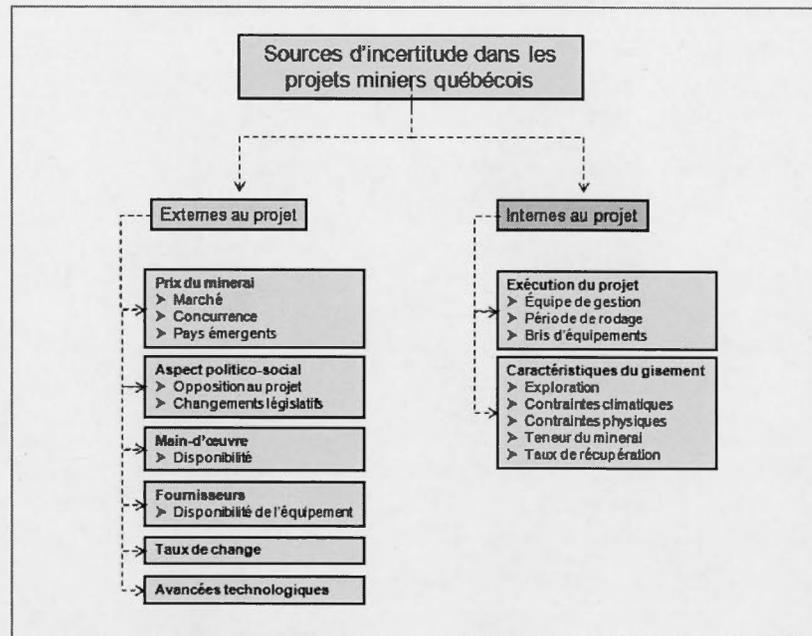
*[...] Jusqu'à ce que ton inventaire sur ton site, ton petit inventaire devienne trop élevé, là tu arrêtes la production pendant un certain temps. J'ai vu des usines arrêter pour trois semaines, un mois. Quand tu peux le faire d'une façon stratégique, tu le fais aux vacances de la construction et Noël. Ça fait deux périodes de deux semaines où est-ce que les gens sont contents d'être en vacances.*

## 5.4 Leviers associés aux options réelles

On se rappelle que les leviers qui sont associés aux options réelles ont une influence respective positive ou négative à l'endroit de la valeur attribuée à la flexibilité managériale (options réelles). À titre de rappel, ces différents leviers sont : l'incertitude, la fréquence de révision de la stratégie d'exploitation, la valeur actualisée des flux monétaires, le coût de maintien de la flexibilité, le taux d'intérêt sans risque, le coût d'exercice des options réelles, le délai d'exercice des options réelles, le coût d'acquisition des options réelles et l'échéance. On se souvient que le levier « taux d'intérêt sans risque » n'est pas traité dans ce mémoire (voir le chapitre 3 et la section 2.3 pour plus d'information).

### 5.4.1 L'incertitude

Le premier levier est l'incertitude. L'incertitude a une influence positive sur la valeur de la flexibilité (Dixit & Pindyck, 1994). L'incertitude des projets miniers comporte plusieurs sources qui peuvent se diviser en deux principales catégories : les sources d'incertitude externes et les sources d'incertitude internes au projet (voir figure 3). Les sources d'incertitude externes regroupent des sources d'incertitude qui évoluent à l'extérieur du projet minier tandis que les sources d'incertitude internes évoluent à l'intérieur de celui-ci (Krantz and Scott, 1992, cité dans Kazakidis & Scoble, 2003). Les sources d'incertitude externes sont le prix du minerai, l'aspect politico-social, la main-d'œuvre, les fournisseurs, le taux de change et les avancées technologiques. Les sources d'incertitude internes sont essentiellement liées à l'exécution du projet et aux caractéristiques qui entourent le gisement exploité.



**Figure 3:** Sources d'incertitude dans les projets miniers québécois<sup>26</sup>

Les sources d'incertitude internes au projet sont multiples. La plus importante provient sans aucun doute de la phase d'exploration du projet. Il s'agit des caractéristiques propres au gisement exploité. Lorsqu'une entreprise minière réalise ses études de pré faisabilité et de faisabilité, elle s'appuie sur des informations qui sont obtenues à partir de la « campagne de forage ». Ces informations seront notamment déterminantes dans l'identification des coûts d'exploitation (*OPEX*). S'il s'avère que l'importance ainsi que la teneur moyenne estimée du gisement sont plus faibles que prévu, le projet risque d'être abandonné :

*En fait dans notre cas, qu'est-ce qui influe le plus si on part du départ, c'est la présence du minéral. Lorsqu'on fait une publication, on fait de l'exploration, et par la suite si c'est raisonnable au niveau des quantités, on doit faire de la communication qu'on appelle au niveau de la géologie et là on quantifie en modèle 3D ce qu'on devrait retrouver à l'intérieur de la mine. Évidemment, on doit retrouver à l'intérieur de la fosse minimalement ce qui était prévu là. On va s'entendre qu'une variation de 7 % qui est là, mais tant qu'à la*

<sup>26</sup> Adapté de Kazakidis, V. N. et M. Scoble (2003)

*quantité, qu'à la teneur du minerai, c'est important qu'il soit en place sans ça c'est assez pour fermer les portes. Alors au niveau de l'exploration, c'est primordial que le travail soit bien fait.*

La deuxième source d'incertitude se situe au niveau de la gestion du projet et de l'équipe de gestion. Est-ce que l'entreprise détient une équipe de gestion compétente capable de gérer et de mener à bien le projet? Il s'agit d'une question de la plus haute importance et qui fut d'ailleurs soulevée à de multiples reprises par le conférencier Killian Charles lors du *séminaire sur le financement des projets miniers*<sup>27</sup>. Le participant B résume bien l'importance de cet enjeu:

*Parce que même quand on parle de projets, exemple, d'augmenter la production, il y a toujours une incertitude dans l'exécution. Les mêmes incertitudes reviennent : Est-ce que je vais être capable de le faire dans les délais? Dans les coûts prévus? Est-ce que je vais être capable de mobiliser l'équipe?*

Donc, les sources d'incertitudes internes sont essentiellement reliées à l'exécution même du projet ainsi qu'aux caractéristiques propres au gisement exploité. Lors du démarrage d'une mine, il ne faut pas sous-estimer la « période de rodage » de l'ensemble des opérations et du personnel. Le rodage peut par exemple faire en sorte qu'une entreprise minière démarre sa production à 60% de sa capacité au lieu de 100%, car le caractère « nouveau » de la mine, des équipements et des équipes de travail fait en sorte que des problèmes surgissent constamment. Sera-t-on capable d'obtenir un taux de récupération<sup>28</sup> qui répond aux critères énoncés dans les études économiques? Est-ce que le plan de mine (*life of mine*) est optimisé? A-t-on bien estimé la quantité de stérile à extraire pour atteindre le gisement? Est-ce que la méthode préconisée pour extraire le minerai sera vraiment adéquate? Qu'arrive-t-il s'il y a un bris d'équipement majeur compte tenu des difficultés potentielles qui sont reliées à l'obtention des équipements et de leurs pièces? La situation géographique de certaines mines ainsi que les conditions climatiques font en

<sup>27</sup> Charles, K. (2013). *Séminaire sur le financement des projets miniers*. Actes du colloque, 2 décembre 2013, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canada.

<sup>28</sup> Le taux de récupération correspond à ce que l'on récupère du minerai qui est acheminé vers l'usine de concentration.

sorte que les gestionnaires ne disposent parfois que d'une « petite fenêtre » d'intervention, c'est-à-dire d'une période limitée par année pour la livraison de certains équipements par les moyens les plus économiques.

Toutes ces sources d'incertitude mettent donc en évidence l'importance de disposer d'une équipe de gestion à la hauteur du projet. Lorsque l'on exploite une mine, toutes les opérations sont interreliées. Si un problème surgit dans les opérations de traitement du minerai par exemple, l'ensemble des activités de la mine sera affecté. Le participant E témoigne de l'importance de coordonner les activités d'exploitation en faisant référence à la « chaîne de valeurs ». Le bon fonctionnement de cette « chaîne de valeurs » est primordial si l'entreprise désire conserver ses avantages compétitifs :

*C'est sûr c'est la non performance de certaines composantes à l'intérieur de la chaîne de valeurs, qui fait en sorte qu'un projet minier peut changer son orientation drastiquement.*

Le participant G ajoute également:

*Le plan d'opération minière est assez facile parce que tu sais, on n'a pas le choix, un plan d'opération minière doit ... Ils rentrent, ils doivent arriver là, on doit descendre au moins à ce moment-là, on doit enlever ce stérile-là avant d'avoir accès à ce minerai-là. On doit tasser ce minerai-là avant d'avoir accès à cette zone-là, et c'est tout séquentiel. Si tu manques ta séquence, tu en as pour 2 à 3 ans à faire des culbutes.*

En ce qui concerne les sources d'incertitude externes, la première est le prix du minerai sur le marché. Cette source d'incertitude est la plus importante de sa catégorie, et ce, car le projet est influencé par le prix du minerai à tous les niveaux. Le participant C résume bien l'opinion de la majorité des participants interviewés:

*Chercheur :*

*Ok, puis si vous aviez mettons, parmi tous les facteurs que vous venez de me donner là, le plus important selon vous, ça serait lequel? Le plus incertain en fait là...*

*Participant C :*  
*Le prix du minerai.*

*Chercheur :*  
*Le prix du minerai, qui en fait, qui influencerait beaucoup le...*

*Participant C :*  
*Énormément, des fois, c'est ça qui fait la différence pour démarrer un projet ou pas.*

Par son impact sur le prix de marché du minerai, la concurrence des pays émergents est un important facteur qui a été soulevé par le participant H. La plupart des autres participants ont cependant mentionné que leurs entreprises étaient très compétitives en termes de coûts de production, et ce, en raison notamment des faibles coûts de l'énergie (électricité) au Québec. Pour en revenir au participant H, lorsqu'il est interrogé à l'égard de la stabilité du prix du minerai sur le marché, ce dernier mentionne tout de même que la concurrence des pays émergents exerce une influence sur le prix de marché du minerai:

*Il est assez stable jusqu'à temps qu'un pays en émergence fasse du dumping sur le marché. Ça a été vécu ça en 2000, en fait, depuis la vie de l'usine, les Chinois avaient « dompé » du \*\*\*<sup>29</sup>, ils étaient même payés pour faire de l'exportation. Et maintenant la différence, c'est qu'ils sont en manque de \*\*\* et ils sont imposés sur l'exportation de \*\*\*. Alors ça, ça me donne un coup de main, maintenant, il y a du \*\*\* un peu partout dans le monde. Il n'y en aura pas qui vont faire du dumping, le prix devrait être quand même assez stable. Étant les seuls producteurs nord-américains.*

Le « marché » comme tel, notamment en termes de concurrence et au niveau de la demande, est donc appelé à générer de l'incertitude en faisant varier le prix du minerai. Comme le mentionne le participant E, le comportement du marché est parfois difficile à suivre et à comprendre:

*Actuellement, avec le marché actuel qui est surprenant. On est encore surpris que le marché est si élevé. La demande n'est pas là, mais le prix est encore haut. C'est une première dans le marché, c'est rare qu'on voit ça.*

---

<sup>29</sup> La citation a été légèrement modifiée pour des raisons de confidentialité.

Le taux de change contribue aussi à générer de l'incertitude, mais peu de participants se sont prononcés à l'égard de ce facteur. Le taux de change affecte directement les revenus des entreprises minières. Il est bien sûr question ici du taux de change en fonction du dollar américain. Les participants A, C et H se sont dits préoccupés par le taux de change, alors que le participant F amène un point intéressant tout en avouant que le taux de change peut avoir un impact sur les revenus, mais qu'il ne s'agit pas dans son cas d'un facteur très important :

*[...] le Canada étant un pays de ressources naturelles, le taux d'échange va avoir une tendance que lorsque les prix des ressources naturelles sont élevés, le dollar canadien va être fort. Donc il y a comme une sorte de « edging factor » ou de facteur compensatoire entre le taux d'échange et les prix. Donc encore là, le taux d'échange est important. Mais généralement au taux d'échange, est accompagné d'un prix plus élevé. Par contre, tu pourrais avoir un scénario où tu aurais le dollar canadien qui est poussé à la hausse à cause du prix du pétrole. Et le prix \*\*\*<sup>30</sup> ne suit pas le même genre de tendance. Et dans ce cas-là, le prix du taux d'échange deviendrait un facteur important. Mais pour nous ce n'est pas vraiment un facteur si important que ça.*

La main-d'œuvre et les fournisseurs sont également des sources d'incertitude. Dans le cas de la main-d'œuvre, l'incertitude relève de sa disponibilité. Mais encore, aucun participant n'a affirmé que l'incertitude qui relève de la main-d'œuvre puisse mettre en péril le projet. Le fait d'avoir accès à de la main-d'œuvre pour mener à bien les activités d'exploitation est un facteur très important, mais une fois que la mine a démarré, cette question est souvent réglée. Plusieurs des participants interviewés ont affirmé bénéficier d'un bassin de main-d'œuvre amplement suffisant. Cependant, le participant I affirme que le contexte actuel du paysage minier québécois fait en sorte que la main-d'œuvre est disponible en quantité importante et aussi à moindre coût:

*Au Québec, ce n'est pas le cas en ce moment, ça l'était voilà une couple d'années quand tout coûtait plus cher. Mais c'est vraiment... [...] C'est très stabilisé même ça s'en va dans l'autre sens. [...] Tu peux trouver un géologue d'exploration pour très peu de coûts en ce moment. Une aubaine!*

<sup>30</sup> La citation a été légèrement modifiée pour des raisons de confidentialité.

Néanmoins, même s'il est important de se rappeler que le participant C gère un projet qui vient à peine d'entrer en exploitation, ce dernier témoigne des difficultés et de l'incertitude qui est reliée à la disponibilité de la main-d'œuvre, mais on comprend que le contexte actuel du paysage minier québécois joue un rôle majeur :

*Et un point très important, c'est la rareté de la main-d'œuvre. Qui sont changeants. Quand le prix \*\*\*<sup>31</sup> descend, la rareté devient moins apparente. [...] Mais il y a ce facteur-là au niveau de la rareté de la main-d'œuvre, ce n'est pas juste au niveau des mineurs, au niveau de l'ingénierie, au niveau de la géologie des gens, on veut des gens d'expérience où est-ce qu'on ne s'attend pas à toujours, toujours développer des gens. Parce que amener des gens ici avec un diplôme, qui commencent à la Mine, ça prend presque 2 ans avant qu'ils soient quand même efficaces, qu'ils comprennent bien la philosophie de l'entreprise, les coûts qui s'y rattachent.*

L'incertitude qui relève des fournisseurs suit la même logique que celle qui relève de la main-d'œuvre. En effet, si l'industrie tourne au ralenti, il est plus facile de se procurer la plupart des équipements et machineries. Si l'industrie connaît une relance, la demande en équipement et en machinerie croît et leur disponibilité devient incertaine. Si une entreprise minière n'est pas en mesure de se procurer certains équipements, l'échéancier de son projet peut être grandement affecté. Le participant B résume l'essentiel de la problématique:

*Tu vas le voir en période, on l'a vu là, il y a 2, 3 ans, en période, je dirais de surchauffe, où on a vu certains projets à un moment donné où les fournisseurs vont me dire : « Ok, je vais être capable de te livrer tes pièces d'équipement critiques, tes bar mills », tes sag mills... », en tout cas peu importe l'équipement « ... à telle date... ». Puis oups, parce qu'ils ont trop de commandes eux autres mêmes ils sont surchargés, eux autres mêmes ont pu avoir des bris d'équipement. Mais là, ils vont me dire : « Bon, ok, je ne pourrai pas te les livrer, il y aura 3 mois de délai. ». Toi si tu es à l'intérieur de ta cédule, 3 mois de délai, ça peut être important, parce qu'on le sait souvent la construction d'une usine, surtout quand tu commences à installer les équipements, il y a une cascade logique qui doit être suivie.*

---

<sup>31</sup> La citation a été légèrement modifiée pour des raisons de confidentialité.

Le participant B met aussi en évidence la possibilité que des avancées technologiques en termes d'équipements surgissent durant la phase d'exploitation alors que tous les équipements de la mine sont déjà installés et utilisés. Il s'agit d'une variable dynamique qui peut influencer positivement la rentabilité d'un projet. Malgré l'importance de l'innovation technologique pour l'industrie minière, cette variable semble avoir peu d'impact sur la rentabilité du projet durant sa durée de vie.

La dernière source d'incertitude externe concerne l'aspect politico-social des projets miniers. Lors de la tenue du *Séminaire sur le financement des projets miniers*<sup>32</sup>, l'importance de se préoccuper de l'aspect politico-social dès le commencement d'un projet a été soulevée à maintes reprises. L'aspect politico-social n'a cependant pas été mentionné d'emblée par l'ensemble des participants qui ont participé aux entrevues. Néanmoins, ceux qui en ont parlé s'entendent à dire que cette source d'incertitude peut non seulement affecter la rentabilité des projets, mais aussi faire en sorte qu'un projet ne se réalise tout simplement pas. Comme le mentionne le participant A, lorsqu'il s'agit de trouver des sources de financement, le contexte politico-social québécois est généralement plus ou moins favorable à la réalisation des projets miniers :

*Puis encore une fois dans les mines à cause des risques, à cause de l'environnement politique, à cause de l'environnement des gens qui sont tous contre les projets, ça complique les choses, fait que les institutions financières ou les gens qui veulent investir, bon ils regardent la géopolitique, ils regardent ce qui se passe dans chaque pays ou dans chaque province, puis ils investissent en conséquence.*

Mis à part les délais qui sont souvent rattachés à l'aspect politico-social des projets, le participant E mentionne pour sa part qu'il s'agit d'un processus normal et que son entreprise n'éprouve pas vraiment de problèmes à cet égard. À l'inverse, le participant F se dit assez préoccupé par tout ce qui touche aux droits des autochtones:

---

<sup>32</sup> *Séminaire sur le financement des projets miniers*. Actes du colloque, 2 décembre 2013, Université du Québec à Montréal, Montréal, Canada.

*Un autre facteur externe qui est là, mais qui ... pour lequel il faut faire attention, parce que ça fait l'objet de toutes sortes de tergiversations, c'est aussi les droits des autochtones. Et ça, c'est en mouvance présentement, on ne sait pas vraiment où ça va finir. Mais les autochtones de plus en plus demandent aux minières une contribution à la communauté.*

Les changements législatifs ayant trait au volet politique semblent être plus préoccupants pour les entreprises ou du moins pour les participants qui se sont prononcés à cet égard. Les redevances minières ont d'ailleurs récemment fait l'objet d'une importante campagne médiatique au Québec<sup>33</sup>. Les participants C et F ont affirmé leur préoccupation à l'égard de ces changements. Le participant C affirme que le Parti libéral du Québec a instauré des changements aux redevances minières en 2012 et que lorsque le Parti Québécois est entré au pouvoir en septembre 2012, les redevances minières ont été une fois de plus ajustées à la hausse. Bien que son entreprise n'opère pas sur le territoire de la province de Québec, le participant F démontre bien l'impact que peut générer l'augmentation des redevances minières sur la rentabilité d'un projet:

*Il avait des promesses électorales de changements importants dans les droits miniers, c'est sûr que si on a à payer 10 % de plus de nos profits en droits miniers ou en taxation, c'est sûr que ça aurait une importance énorme sur... Ça enlèverait carrément... Comme présentement on paie autour de 30 % ou 32 % de taxes effectives. Si ce taux-là montait à 40 % bien on diminuerait la profitabilité de 10 sur 60, donc 16 à 17 % de... Ce qui serait énorme pour nous! On diminuerait la valeur de l'entreprise de 16 à 17 %.*

#### 5.4.2 La fréquence de révision de la stratégie d'exploitation

Le deuxième levier associé aux options réelles est la fréquence de révision de la stratégie d'exploitation. Ce levier a une influence positive sur la valeur de la flexibilité. En effet, plus une entreprise dispose d'occasions d'ajuster sa stratégie d'exploitation (*life of mine*), plus la valeur de la flexibilité augmente.

<sup>33</sup> <http://ici.radio-canada.ca/nouvelles/Economie/2013/05/06/002-nouveau-regime-redevances-minieres-quebec.shtml>

Les participants interviewés ont de façon générale affirmé qu'un tel processus de révision est planifié et qu'il concorde avec le budget annuel de l'entreprise. Le participant C a cependant mentionné que son entreprise révisé sa stratégie d'exploitation chaque semestre. La révision du plan de mine permet entre autres aux entreprises minières de mettre à jour les réserves minérales de leur(s) projet(s). Cet exercice est d'une importance capitale, et ce, en particulier pour les entreprises dites « juniors », car ces entreprises ne possèdent souvent qu'un seul projet. La réserve minérale est directement liée au prix du minerai sur le marché. Dans le cas de l'or par exemple, une entreprise junior qui détient un seul projet peut avoir estimé sa réserve minérale en se basant sur un prix de 1600\$ l'once durant l'année 2011. L'année suivante, lorsqu'elle révisé son plan de mine et qu'elle estime sa réserve minérale restante en se basant sur un prix qui a chuté à 1300\$ l'once, on comprend que le projet n'a plus la même valeur et qu'il risque de générer des pertes. Si l'entreprise ne détient qu'un seul projet, elle pourrait même risquer la faillite. C'est à ce moment que les gestionnaires doivent prendre des décisions importantes en vue de modifier, reporter ou abandonner le projet. Ainsi, la révision du plan d'exploitation minière est généralement suivie par des décisions de poursuite des activités ou d'exercices des options de contraction, de croissance, d'arrêt temporaire ou permanent.

Une entreprise cotée en bourse est appelée à produire des comptes rendus sur une base trimestrielle afin de rendre des comptes aux actionnaires. Au total, trois participants ont affirmé effectuer des « mises à jour » sur leur stratégie d'exploitation sur une base trimestrielle afin de vérifier si les prédictions « tiennent la route ». Le participant F témoigne de cette réalité et mentionne pour sa part qu'il existe un mécanisme de suivi très serré au sein de son entreprise :

*Nous on fait... En fait c'est un processus continu, on ... Presqu'à chaque semaine, on révisé, il y a comme nos productions à court terme, à moyen terme, et à plus long terme. À court terme, pour une période de 3 mois, on révisé ça presque sur une base hebdomadaire. Pour les deux prochaines années, on fait ça sur une base au moins trimestrielle sinon sur une base trimestrielle. Donc dépendant des changements dans le marché on prépare des plans pour réagir à ces changements-là, de façon très, très régulière.*

Le participant I met en évidence l'importance d'effectuer un suivi constant sur l'évolution de la situation et de se préparer à ajuster le plan de mine en conséquence, mais affirme toutefois que les plus importants changements sont effectués sur une base annuelle:

*Bien les bonnes entreprises, continuellement, elles bougent. Mais t'sais c'est des ajustements, les gros changements, c'est plus annuel, puis même là, peut-être que ça dépend des mines [...] Donc c'est ... Une bonne compagnie minière va continuellement réajuster son plan de mine. Puis à chaque année, ils sont obligés de recalculer leurs ressources.*

#### 5.4.3 La valeur actualisée des flux monétaires

Le troisième levier est la valeur actualisée des flux monétaires. Ce levier a une influence positive sur la valeur de la flexibilité managériale. Si la valeur actualisée des flux monétaires augmente, la valeur de la flexibilité augmente.

L'influence de ce levier à l'égard de la valeur du projet est très importante. Lorsque les entreprises révisent leur stratégie d'exploitation, il est toujours question de maintenir ou d'augmenter la valeur du projet par rapport à ce qui a été prévu initialement. Comme le mentionne le participant C, l'impact des révisions de la stratégie d'exploitation a généralement un impact important sur la valeur actualisée des flux monétaires générés par un projet minier :

*Ah! C'est définitif. Le plan d'action en fait, vous l'avez nommé, puis c'est comme ça que ça se passe. Le plan d'action contribue de façon significative au maintien ou à l'augmentation des flux monétaires, c'est clair, c'est comme ça. [...] Le suivi est très, très, très important. Mais oui, la réponse, oui, ça contribue définitivement au maintien ou à l'augmentation des flux monétaires, c'est clair.*

Lorsqu'il est question d'augmenter la valeur actualisée des flux monétaires du projet, le participant D démontre bien l'importance de l'impact potentiel des révisions de la stratégie d'exploitation:

*Une révision peut engendrer 5 à 10% d'augmentation des flux monétaires par rapport à ceux escomptés au départ. Cela peut se traduire par l'augmentation des flux monétaires de quelques % par année.*

#### 5.4.4 Le coût de maintien de la flexibilité

Le quatrième levier est le coût de maintien de la flexibilité. Ce levier a une influence négative à l'endroit de la valeur de la flexibilité managériale. Ce levier concerne la portion des coûts d'opération actualisés qui sont liés au maintien de la flexibilité uniquement et qui ne seraient pas assumés si l'entreprise ne disposait pas de cette flexibilité. L'importance de ces coûts dépend de la ou des sources de flexibilité dont il est question. Si on revient à l'exemple mentionné par le participant G en termes d'option d'investissement séquentiel (voir p.80), lorsqu'il mentionne que des secteurs de la mine ont une capacité additionnelle qui permettra d'augmenter la capacité de production à moindre coût dans le futur, le coût de maintien de la flexibilité peut alors correspondre à la portion des coûts d'opération nécessaires pour le maintien de cette capacité additionnelle jusqu'à l'exercice de l'option de croissance qui y est rattachée.

Si on parle des coûts de maintenance de la machinerie et des équipements miniers en général, l'ensemble des participants s'entend à dire que ces coûts représentent 10 à 15% du coût d'exploitation total (OPEX). Lorsqu'il a été question de déterminer l'importance du « surcoût » en termes de coûts de maintenance liés à la flexibilité, le participant C mentionne la chose suivante :

*Ça dépend toujours de la planification et tout ce qui découle de cette planification-là. Quand je dis qu'est-ce qui découle, c'est est-ce qu'il va y avoir de la formation qui va être générée à ça, des nouveaux équipements?*

*Va-t-il y avoir des gens de plus, de moins. [...] c'est assez difficile parce que tout dépendant vraiment du plan comme tel, ça peut être minime, comme ça peut être énorme! Moi j'ai marqué là, ça peut aller jusqu'à 30 %.*

Donc, aux dires du participant C, si les coûts de maintenance représentent normalement 10 à 15% des coûts d'opération, le surcoût attribuable à la flexibilité en termes de maintenance pourrait représenter 15 à 20% de plus. Ce surcoût n'est donc pas négligeable. Cependant, en ce qui concerne les coûts de maintenance additionnels liés à la capacité additionnelle de certains équipements, le participant G mentionne :

*Je te dirais, c'est sûr que c'est... comme je l'expliquais les équipements... Il faudrait 8 %... c'est pas de quoi auquel je me suis attardé aux détails, aux virgules, mais l'ordre de grandeur de 7 à 8 % est probablement ça en coûts de maintenance supplémentaire, parce que les équipements sont plus gros. Les pneus des camions coûtent plus cher, les liners de broyeurs, ça coûte plus cher. Des choses comme ça, l'intérieur de pompe ça coûte plus cher.*

Le participant F mentionne un exemple qui concerne la remise en service d'une usine de traitement du minerai. Cet exemple a d'ailleurs été cité plus haut (voir page 74). L'entreprise du participant F a assumé des coûts de maintien de la flexibilité pendant près de 25 ans, car un minimum d'entretien était nécessaire pour que l'usine en question puisse un jour reprendre du service (remisage de l'équipement, sécurisation des lieux, travaux d'entretien sur la bâtisse, etc.). Dans le présent cas, le coût prévu pour la remise en service de l'usine (coût d'exercice) était suffisamment élevé pour invalider l'intérêt de maintenir l'usine dans un état propice à sa remise en service:

*[...] même si on a essayé de maintenir les équipements et tout ça, en bout de ligne lorsque est venu le temps de repartir l'usine, il y avait plein de choses qu'on devait faire et qui coûtaient très, très cher. [...] Si on avait voulu la maintenir à pleine capacité, il aurait fallu dépenser probablement jusqu' autour de 2 % de nos coûts totaux dans la business. Encore là, ça n'a pas l'air énorme, pour avoir cette capacité-là, mais tu ne sais jamais quand est-ce que tu vas en avoir besoin, puis ça peut être juste... Parce qu'il y a des coûts d'exploitation aussi. Quand tu vas repartir cette capacité-là, ça ne vient pas gratuit.*

Encore une fois, tout dépend de la source de flexibilité dont il est question. Il ne s'agit ici que des coûts de maintenance reliés aux équipements et à la machinerie. On se souvient qu'une option de croissance peut s'appuyer sur plusieurs sources de flexibilité. Le coût de maintien de la flexibilité doit tenir compte de l'ensemble des coûts nécessaires à la « survie » de ces sources de flexibilité.

#### 5.4.5 Le coût d'exercice des options réelles

Le cinquième levier est le coût d'exercice des options réelles. Ce levier a une influence négative sur la valeur de la flexibilité. Ce levier correspond à la valeur actualisée des coûts nécessaires à l'exercice d'une option réelle. Plus ces coûts sont élevés, plus la valeur de la flexibilité diminue.

Il faut savoir qu'il est principalement question ici du coût d'exercice qui est rattaché aux options de croissance, de contraction et d'abandon, c'est-à-dire augmenter, diminuer ou cesser la production de façon permanente ou temporaire. Cependant, comme mentionnée dans un exemple cité par le participant B, l'option d'investissement séquentiel peut également comporter un coût d'exercice (voir page 79). Le coût d'exercice d'une option réelle dépend du type d'option et de ses sources de flexibilité.

En ce qui concerne le coût d'exercice d'une option de contraction, le coût d'exercice est généralement peu élevé. Ce coût comprend notamment les frais liés à la mise à pied du personnel (indemnités), au retour d'équipements et de machineries chez les fournisseurs ainsi qu'à la portion de revenu perdue par la réduction du volume de production. Le participant B apporte davantage de précision sur la question. Lorsqu'il est appelé à estimer (en pourcentage par rapport au coût total du projet) l'importance des coûts rattachés à la décision de diminuer la capacité de production, il répond :

*Je ne sais pas, je serais tenté de dire, c'est jamais plus que 10, 15 % du coût initial du projet, mais ... Ce n'est pas... [...] Je ne penserais pas, si vraiment ces coûts-là deviennent trop importants, je vais fermer complètement. Ça va*

*tuer l'économique du projet. Il ne faut pas tuer l'économique d'un projet non plus.*

Même si l'exercice de l'option de contraction peut engendrer un certain coût, il ne faut cependant pas oublier qu'une telle décision est généralement prise en vue d'éviter de subir des pertes beaucoup plus importantes.

Le coût d'exercice de l'option de croissance est généralement plus élevé que le coût d'exercice de l'option de contraction. Si l'on considère qu'une entreprise dispose d'une flexibilité créée au préalable (ex : machinerie supplémentaire ou équipements à capacité additionnelle), le coût d'exercice peut alors correspondre aux dépenses nécessaires à la mise en service d'équipements et de machinerie additionnels, au déploiement de main-d'œuvre supplémentaire ainsi qu'à l'augmentation des coûts d'exploitation générée par la décision d'accroître la capacité de production. Plusieurs facteurs entrent alors en ligne de compte, tout dépend de l'envergure du projet d'augmentation de la capacité de production. On peut penser à la nature des équipements déployés, aux contraintes géologiques propres au minerai que l'on veut exploiter, les dépenses liées à la mise en service d'infrastructures, etc. Le participant G mentionne que la mise en place d'équipements et d'infrastructures à capacité additionnelle comporte un important avantage:

*[...] La phase 1, qui a été faite, a des zones, des secteurs de l'usine qui sont en surcapacité, à l'étape, pour la phase 1, puis qui sont déjà prêts pour la phase 2. Pour amener la production nécessaire à très, très peu cher [...].*

En ce qui concerne l'option d'arrêt temporaire ou permanent, le coût d'exercice de cette option dépend justement du caractère permanent ou temporaire de l'arrêt des opérations. Dans le cas d'un arrêt temporaire, le coût d'exercice est proportionnel à l'étendue de la période d'arrêt des opérations, car même si les opérations sont suspendues, l'entreprise continue d'assumer une bonne partie de ses coûts d'opération. Encore une fois, comme dans le cas de l'option de contraction, lorsque l'entreprise cesse ses opérations de façon temporaire, il est normalement question d'éviter de subir d'importantes pertes. La mine du participant G était en arrêt pour une période de six semaines lorsqu'il a été interviewé, et

ce, car les opérations d'extraction du minerai avaient dépassé la capacité de l'usine de traitement. Les entreprises profitent généralement de cette période pour effectuer de la maintenance sur leurs équipements et machineries. À la lecture des propos du participant G, on constate que le coût d'exercice de l'option d'arrêt temporaire est assez important compte tenu des effets collatéraux que cela implique, notamment sur les objectifs à atteindre en termes de volume de production:

*C'est sûr, qu'arrêter comme ça, je dirais qu'on garde 70 % de nos coûts d'opérations, on les garde. On en profite pour faire de la maintenance. [...] On en profite pour faire une grosse maintenance dessus avant que l'hiver arrive. [...] Le conseil d'administration et nos patrons vont nous demander de peser sur la pédale. On va avoir du rattrapage à faire.*

Finalement, dans le cas d'un arrêt permanent (abandon) où l'on doit procéder à la démobilisation des équipements et à la réhabilitation du site, le coût d'exercice de cette option est très important. La *Loi sur les mines* oblige les entreprises minières à fournir une garantie financière pour la réhabilitation du terrain, et ce, avant même de commencer l'exploitation. Afin d'éviter l'arrêt permanent de la mine, les entreprises préfèrent ralentir leur cadence ou fermer seulement quelques sections de la mine. Le démarrage et la fermeture d'une mine sont tellement coûteux que quand une mine démarre, si les conditions de marché se détériorent, l'entreprise préfère ne réaliser qu'une partie de son projet plutôt que de l'abandonner complètement. Lorsque la mine arrive à la fin de sa durée de vie, même si cette fin de mine est planifiée, les entreprises tentent souvent de prolonger sa durée de vie. Les propos du participant B démontrent bien l'importance des conséquences engendrées par la décision de cesser définitivement l'exploitation d'une mine:

*Bien stopper c'est vraiment le dernier recours, parce que là, quand tu stoppes ta production, ça entraîne une série d'autres conséquences. [...] Puis là, dépendamment tu veux tu fermer temporairement, ou tu veux fermer définitivement. Donc si tu veux fermer définitivement, là tu as tout l'aspect de démobilisation de ta mine. [...]*

Lorsqu'il est question de se prononcer de façon plus précise sur l'importance des coûts rattachés à la décision de fermer une mine, le participant B poursuit:

*C'est très variable mais ça peut être très important. Ça peut représenter un pourcentage très important si tu es obligé de démobiliser. C'est ce qui fait que les mines habituellement, elles vont ralentir la production mais les équipements restent sur place, à moins que ça soit des choses facilement déménageables [...] Mais les équipements fixes dans une usine, c'est excessivement difficile d'en disposer ou de le monétiser ou de l'envoyer dans un autre projet, t'sais.*

#### 5.4.6 Le délai d'exercice des options réelles

Le sixième levier est le délai d'exercice des options réelles. Ce levier influence négativement la valeur de la flexibilité managériale. Plus le délai nécessaire à la mise en œuvre d'une décision (ex : augmenter la capacité de production) est important, plus la valeur de la flexibilité diminue. Intuitivement, cet impact est dû au temps nécessaire à la concrétisation d'une décision durant lequel l'entreprise est privée des avantages liés à la flexibilité.

Le délai d'exercice des options réelles varie tout d'abord selon le type d'option dont il est question. Si on parle de l'option de contraction ou de l'option d'arrêt temporaire, l'ensemble des participants interviewés s'entend à dire que le délai d'exercice dure en moyenne deux semaines. Le participant F se démarque en affirmant que son entreprise peut adapter sa capacité de production dans un délai plus court (en deux jours). L'exercice de ces options constitue un défi au point de vue de la planification et de l'harmonisation de l'ensemble des activités d'opération minière. D'autres facteurs liés à la santé et à la sécurité, aux conventions collectives, à la maintenance des équipements, etc. ont une influence sur la durée du délai d'exercice. Par contre, dans le cas d'une contraction majeure de la capacité de production qui prévoit par exemple l'arrêt temporaire des opérations pour quelques semaines, le délai d'exercice peut être plus long. Le participant F mentionne d'ailleurs un exemple intéressant qui met en évidence l'important défi de planification :

*Bien évidemment, comme là ce qu'on a fait en 2009, parce que c'est une contraction plus majeure. Lorsqu'on a dû faire le shut down dans le milieu de l'été, il n'y a pas beaucoup de périodes dans l'année pour toutes sortes de raisons où on peut faire le shut down. Donc généralement c'est pendant les périodes de vacances, pendant l'été. [...] C'est surtout une question de planification des effectifs, planification de ... Question de santé et sécurité quand on ferme. Il y a aussi, il y a certaines machines si on veut les fermer pour un mois au complet... Puis de bien préparer les équipements pour lorsqu'on va repartir, que ça soit... Il y a comme tous des travaux comme ceux-là à être faits. Et ça, on se prépare quelque chose comme 3 mois à l'avance lorsqu'on a à prendre ce genre de décision-là.*

En ce qui concerne l'option de croissance, le délai d'exercice est généralement beaucoup plus important. Lorsqu'il est question d'acquérir de nouveaux équipements et que la construction de nouvelles infrastructures est nécessaire, les participants interviewés mentionnent que le délai d'exercice peut aller de plusieurs mois à deux, voire même trois ans. Le principal facteur responsable de l'augmentation du délai d'exercice devient alors le délai nécessaire à l'obtention des équipements, de la machinerie, de la réalisation des études économiques, etc. Comme le mentionne le participant B, la dynamique propre au secteur minier (relance globale de l'industrie) est un facteur déterminant dans l'augmentation du délai d'exercice:

*[...] si tu es dans une période très occupée puis que les gens te disent, exemple : « Le type d'équipement que tu veux commander, j'ai un délai de livraison de 18 mois. ». Il n'y a rien que tu peux faire. Il n'y a rien que tu peux faire. Tu ne pourras pas exécuter ton projet plus rapidement que ça. Il faut que tu sois, la disponibilité de tout là, équipement, climat, employés, tout ça, vont définir la vitesse à laquelle tu vas aller. T'sais tu ne peux pas aller plus vite que celui qui est le plus lent.*

Outre les préoccupations liées aux équipements et à la machinerie, il faut penser au délai nécessaire à la réalisation d'études de pré faisabilité et de faisabilité et à l'obtention de certificats d'autorisation si besoin est. On peut effectuer une partie de ces tâches en parallèle, mais dans une certaine limite. Le participant E donne exemple concret en la matière:

*Ah! Il y a toutes sortes de choses, je dirais, rien qu'avoir un CA [...], moi je suis optimiste là, théoriquement un an là, on est supposé de faire... [...], ça nous a pris un an, avant d'avoir jusqu'aux détails de la planification, jusqu'au forage de... On avait déjà fait le forage d'exploration, tout était fait, par contre, à partir de là faire la demande de CA, contrat d'exploitation, décapage, contrôle des autres dossiers à mettre sur place et tout. Un an, un an! Pour que ça fonctionne.*

#### 5.4.7 Le coût d'acquisition des options réelles

Le coût d'acquisition constitue le septième des leviers associés aux options réelles. Ce levier influence négativement la valeur de la flexibilité managériale. Ce levier concerne les sommes qui sont déboursées dans le but de créer des sources de flexibilité. Par analogie aux options financières, ce levier correspond au montant déboursé afin d'acquérir une option d'achat/vente.

Dans l'industrie minière, le levier du coût d'acquisition est surtout rattaché à l'option de croissance. On a vu que les entreprises minières peuvent investir dans de l'équipement, de la machinerie et des infrastructures qui leur permettent d'augmenter leur capacité de production lorsque nécessaire. Le coût d'acquisition correspond au montant déboursé pour ces équipements, machinerie, etc. ainsi que toutes les autres sommes investies qui ont pour but de faciliter ou de permettre l'exercice d'une option croissance (sources de flexibilité).

On se souvient que la majorité de l'investissement nécessaire au déroulement d'un projet minier est effectué un peu avant de démarrer la production. L'achat des équipements, de la machinerie ainsi que la mise en place des infrastructures justifient en grande partie l'importance de cet investissement. Le participant B démontre bien l'importance des coûts en général dans le domaine minier :

*Ah! Il n'y a pas... Dans le minier, les coûts sont tellement élevés. On le voit là, des projets, ça coûte 1, 2, 3, 4 milliards, 5 milliards.*

Lorsqu'il est questionné à propos de l'importance des coûts reliés à l'achat des équipements, le participant H ajoute :

*Bien écoute, on parle de millions de dollars.*

Les options de contraction, d'arrêt temporaire ou permanent comportent un coût d'acquisition de moindre importance par rapport à celui qui est généralement rattaché à une option de croissance. Les sommes engagées dans les négociations des conventions collectives, l'établissement de contrats ou de partenariat avec des fournisseurs ou le développement d'un second marché, sont des exemples de dépenses liées à la création de sources de flexibilité créées intentionnellement par les gestionnaires et qui peuvent permettre l'exercice d'une option de contraction ou d'arrêt.

#### 5.4.8 L'échéance

Le dernier levier associé aux options réelles est l'échéance. Ce levier a une influence positive sur la valeur de la flexibilité managériale, puisque plus on dispose d'une période de temps importante pour exercer une option réelle, plus la valeur de la flexibilité augmente.

Les entrevues réalisées ont permis de constater que la possibilité d'exercer tous les types d'options réelles demeure généralement « active » tout au long de la durée de vie d'un projet minier. Les propos du participant B résument bien l'essentiel de ce qu'il faut savoir sur le levier d'échéance :

*Moi, c'est drôle hein! Je serais tenté de dire que les minières sont prêtes à effectuer des changements à peu près n'importe quand si les conditions économiques sont là.*

Les gestionnaires ont la possibilité d'exercer les différents types d'options réelles si les conditions de marché (prix du minerai) sont favorables. Le prix de marché agit alors comme indicateur en ce qui concerne le moment opportun d'exercer une option réelle.

Chaque option réelle possède une échéance qui ultimement, se limite à la durée d'exploitation de la mine. Par ailleurs, d'autres facteurs peuvent influencer l'échéance. À titre d'exemple, l'exercice d'une option de croissance qui s'appuie sur des sources de flexibilité créées intentionnellement par les gestionnaires comporte une échéance qui dépend de ces sources. On peut prendre l'exemple de l'exploration qui est effectuée en parallèle avec les activités d'exploitation. Si l'entreprise cesse l'exploration à un certain moment dans le projet et que l'exploration effectuée jusqu'à présent n'a pas permis d'identifier de nouvelles quantités de minerai, l'échéance d'une option de croissance dont l'exploration constitue la seule source de flexibilité est alors déterminée en fonction de la cessation de cette exploration. L'option n'arrive pas à échéance tant que ses sources de flexibilité existent et que le projet minier est en cours.

### 5.5 L'importance des sources de flexibilité managériale dans les projets miniers

Avant de poursuivre et d'entamer le chapitre 6 de ce mémoire, il est nécessaire de s'arrêter et de répondre à la première question de recherche : *en pratique, quelle est l'importance des sources de flexibilité managériale dans le domaine minier?*

Les résultats présentés au cours du présent chapitre permettent de constater que la flexibilité managériale est omniprésente dans la gestion de projets miniers. L'importance de ces sources de flexibilité ne fait donc aucun doute. Mieux encore, elles sont essentielles pour l'atteinte ou pour le dépassement des attentes en termes de flux monétaires. Les propos du participant F démontrent bien l'importance ainsi que le caractère « essentiel » de cette flexibilité managériale :

*Euh... C'est sûr que si tu n'avais pas une certaine flexibilité dans ton exploitation, tu ... Ça aurait un impact important dans tes flux monétaires.*

*Parce que ce qui arriverait, c'est que tu serais obligé de garder quasiment tes coûts fixes au complet, puis tu ne serais pas capable lorsque les tonnes ne se vendent pas où est-ce que tu ne peux pas produire des tonnes, de ressortir des coûts de ton système.*

Bien que les questions adressées aux participants ne visent pas à savoir s'ils utilisent l'approche des options réelles dans leurs projets, l'importance de la flexibilité managériale pour les gestionnaires met une fois de plus en évidence l'avantage que procure la théorie des options réelles par rapport aux méthodes traditionnelles d'évaluation financière de projet. Les propos du participant F démontrent clairement l'impact de la flexibilité managériale sur la rentabilité des projets miniers.

On a pu voir d'autres exemples où la flexibilité managériale s'est avérée essentielle à la réalisation de projets miniers. Par exemple, le participant G dirige une mine qui au moment de réaliser l'entrevue, était en arrêt temporaire de ses opérations (voir l'extrait à la page 99). Cet arrêt était dû à la surperformance des activités d'extraction par rapport à celles du traitement du minerai. Ce « décalage » était si important que les gestionnaires avaient décidé de suspendre les activités d'extraction durant six semaines. Si les gestionnaires n'avaient pas pu avoir recours à la flexibilité managériale, la situation aurait continué de se détériorer, entraînant alors des impacts négatifs sur la rentabilité du projet.

Lorsqu'un investissement semble très risqué, on se souvient que le participant B a mis en évidence l'avantage que peut procurer le fait de réaliser un projet en plusieurs phases au lieu de le réaliser en une seule, et ce même si cette façon de faire est plus coûteuse (voir l'extrait à la page 79). S'il était impossible pour le participant B d'avoir la flexibilité de « choisir » de lancer son projet en plusieurs phases, le projet aurait peut-être été abandonné. On constate alors une fois de plus l'importance de la flexibilité managériale dans la décision d'investir dans un contexte d'incertitude.

Étant donné l'importance qu'occupe la flexibilité managériale dans les projets miniers, ne pas tenir compte de la valeur associée à cette flexibilité revient à sous-estimer la valeur des projets. Sans recours possibles à la flexibilité managériale, le projet minier ne pourrait

survivre que si le scénario déterministe qui justifie sa rentabilité se réalise. Malheureusement, comme le souligne le participant H, les scénarios diffèrent toujours de la réalité et la survie du projet dépend alors de la capacité des gestionnaires à s'adapter à ces changements :

*C'est le scénario, puis on doit faire attention au scénario, les scénarios, ce n'est jamais comme la réalité [...] Alors souvent les scénarios vont différer un peu de ce qui était prévu. Par contre l'idée c'est de garder les coûts qui étaient budgétés malgré que la situation change.*





## CHAPITRE 6

### DISCUSSION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Comme mentionné au début du chapitre précédent, le présent chapitre vise à répondre à la deuxième question de recherche : *dans quelle mesure les gestionnaires peuvent-ils rehausser la valeur de la flexibilité managériale par l'intermédiaire des leviers associés aux options réelles dans le domaine minier?* La réponse à cette question de recherche est exposée dans ce chapitre, et ce, levier par levier. Il s'agit de voir comment les gestionnaires peuvent exploiter l'une des différences fondamentales entre les options réelles et les options financières. En effet, contrairement aux options financières, les détenteurs d'une option réelle peuvent agir en vue d'augmenter sa valeur. On parle ainsi d'une gestion proactive de la flexibilité (Leslie & Michaels, 1997).

#### 6.1 L'effet de levier associé à l'incertitude

L'augmentation de l'incertitude liée aux flux monétaires générés par le projet a pour effet d'accroître la volatilité des profits. Par exemple, on peut établir différents scénarios de VAN pour un même projet. Le projet peut par exemple présenter une VAN positive de  $x\$$ , mais aussi une VAN négative de  $-x\$$ . Si l'incertitude augmente, le scénario positif peut se solder par une VAN de  $2x\$$  et le scénario négatif par une VAN de  $-2x\$$ . La théorie des options réelles permet de tenir compte de la valeur de la flexibilité managériale et donc de la possibilité qu'ont les gestionnaires de limiter les pertes. L'incertitude devient alors profitable, puisque si l'incertitude augmente, les gestionnaires peuvent agir en vue de limiter les pertes et donc d'empêcher le projet mentionné dans l'exemple ci-haut d'atteindre une VAN négative de  $-2x\$$  (ex : arrêter le projet). Une augmentation de l'incertitude se traduit ainsi par une VAN négative qui est limitée par rapport à une VAN positive qui est potentiellement illimitée. Si l'incertitude augmente, la valeur de la flexibilité augmente et fait ainsi augmenter la valeur du projet. L'effet positif de

l'incertitude sur la valeur de la flexibilité peut être expliquée plus intuitivement : en face d'un niveau d'incertitude important, les gestionnaires accordent une plus grande « valeur » à la flexibilité.

Ainsi, l'incertitude a un effet positif sur la valeur de l'option et donc un effet positif sur la valeur du projet à condition que les gestionnaires aient la possibilité d'éviter les situations de perte, et ce, grâce à la possibilité d'avoir recours à la flexibilité managériale. Cependant, il faut voir que la valeur de l'option agit comme un coût additionnel à l'investissement. Pour le voir, imaginons un projet minier qu'on préfère reporter, car le prix du minerai est couramment incertain et très faible. D'après la notion de la VAN, si la valeur du projet est VA (la valeur actualisée des flux monétaires) et que son coût d'investissement est I, alors le projet est rentable si  $VAN = VA - I > 0$ . La théorie des options réelles montre que cette règle est erronée dans un contexte d'incertitude, car en investissant, on perd l'option de reporter l'investissement. En revanche, la théorie des options réelles préconise que le projet doit être réalisé si  $VAN = VA - I$  est supérieure à la valeur de l'option de report, qui est une fonction croissante de l'incertitude comme démontrée plus haut. Comme plus d'incertitude implique une option de report plus élevée, les gestionnaires préfèrent dans ce cas reporter plus tard la réalisation du projet, jusqu'au moment où le prix du minerai atteint un plus haut niveau qui justifie la perte de l'option de report.

En pratique, conformément à ce qui a été constaté lors de la tenue des entrevues, une fois engagé dans le processus de développement d'un projet, les gestionnaires ont plutôt intérêt à diminuer le niveau d'incertitude, et ce, contrairement aux recommandations de Leslie and Michaels (1997). Ce constat est d'ailleurs supporté par Huchzermeier and Loch (2001) qui affirment qu'une augmentation de l'incertitude liée à la performance du projet contribue à diminuer la valeur de la flexibilité. En fait, les recommandations énoncées par Leslie and Michaels (1997) à l'égard du levier d'incertitude s'appliquent avant de lancer le projet d'exploration ou d'exploitation. Durant cette période, les entreprises peuvent spéculer en vue d'influencer la valeur d'un projet aux yeux des futurs investisseurs. Par contre, une fois que le projet d'exploration ou d'exploitation est lancé, il est de l'intérêt

des gestionnaires de réduire l'étendue de l'incertitude afin de minimiser les dépenses et accélérer l'atteinte des objectifs financiers établis lors de la planification.

## 6.2 L'effet de levier associé à la fréquence de révision de la stratégie d'exploitation

Les résultats présentés au chapitre précédent concernant la fréquence de révision de la stratégie d'exploitation ont démontré que les entreprises procèdent à la révision de leurs stratégies au moins une fois par an. Cet exercice de la plus haute importance coïncide généralement avec la révision du budget. Les entreprises minières effectuent alors une nouvelle estimation de la réserve minérale du projet.

L'analyse des résultats présentés au chapitre précédent permet de croire que les entreprises ne demeurent pas insensibles à tout changement dans les variables critiques dynamiques qui peuvent affecter la rentabilité des projets miniers. On le sait, les entreprises sont généralement prêtes à effectuer des changements dans leurs opérations, et ce, à n'importe quel moment durant l'exploitation de la mine. Les projets qui atteignent la phase de production sont souvent financés au moyen d'émission d'actions. Les entreprises doivent donc rendre des comptes aux actionnaires chaque trimestre, ce qui explique pourquoi le participant F affirme que son entreprise révisé sa stratégie d'exploitation sur une base trimestrielle. Par contre, ces révisions font davantage office de suivi plutôt que de révision complète de la stratégie d'exploitation. Comme le mentionne aussi le participant F, les entreprises minières ont généralement différents niveaux de planification (court terme et long terme), ce qui les oblige à effectuer un suivi très serré de leur(s) projet(s). On a donc affaire à un processus de gestion rigoureux. La révision de la stratégie d'exploitation semble suffisamment fréquente pour tirer avantage des différentes sources de flexibilité.

Si l'on considère que la fréquence de révision de la stratégie d'exploitation est déjà suffisamment élevée pour avoir un impact positif sur la valeur de la flexibilité, comment les gestionnaires peuvent-ils rehausser la valeur de la flexibilité par l'intermédiaire de ce

levier? Bien que la réponse à cette question se situe au niveau de la fréquence des révisions, les gestionnaires doivent faire en sorte que le processus de révision soit hautement réceptif aux changements dans les variables critiques dynamiques qui affectent la rentabilité des projets miniers. Il s'agit principalement du prix du minerai exploité, mais aussi des variables qui affectent le coût unitaire de production. Les gestionnaires pourraient à la rigueur ne pas attendre qu'un changement bénéfique ou néfaste pour le projet survienne pour réagir, mais devraient plutôt adopter une attitude proactive à l'égard de ces changements de façon à améliorer leur impact positif tout en limitant leur impact négatif sur le projet. Comme mentionnées un peu plus haut, les entreprises minières sont souvent prêtes à effectuer des changements dans leurs opérations si besoin est. Cela veut dire que la plupart des entreprises sont généralement munies d'un mécanisme de révision de la stratégie d'exploitation qui est réceptif aux changements dans les variables critiques dynamiques des projets miniers.

Il faut savoir que le levier de fréquence de révision de la stratégie d'exploitation joue un rôle crucial dans l'exercice des options réelles. L'exercice d'une option réelle au moment optimal nécessite que son détenteur soit bien informé. L'exercice d'une option réelle au moment optimal contribue à augmenter la valeur de la flexibilité. On rejoint ici Barnett (2008) concernant la perspective *Attention-based view*, puisque c'est l'entreprise elle-même (ou les gestionnaires) qui fait en sorte de créer un climat favorable à l'identification de la bonne information ainsi que son transfert vers les personnes adéquates. Les entreprises minières ne semblent pas toutes sur un même pied d'égalité à cet égard. Un processus de révision hautement réceptif aux changements s'articule au moyen d'importantes ressources humaines et financières.

Lors de la réalisation des entrevues, la plupart des participants ont affirmé qu'il y avait du personnel spécifiquement mandaté dans la cueillette d'information qui permet d'identifier l'information nécessaire à la prise de décision. Dans les petites entreprises, cette responsabilité relève principalement de l'ingénieur minier et du directeur général. Souvent, le directeur général et l'ingénieur minier sont supportés par une équipe de gestionnaires normalement constituée d'un surintendant des opérations minières, d'un

surintendant des ressources humaines, d'un chef géologue, d'un surintendant environnement, d'un métallurgiste et d'un directeur des services financiers et administratifs. Dans les plus grandes entreprises, il arrive que des analystes financiers soient impliqués dans le processus de prise de décision, rendant ainsi le mécanisme de révision de la stratégie d'exploitation beaucoup plus perméable à ce qui se passe aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du projet. On peut conclure que les gestionnaires impliqués dans le processus de révision de la stratégie d'exploitation doivent agir à titre de facilitateurs de façon à créer un climat où l'information se rend rapidement aux bonnes personnes.

### 6.3 L'effet de levier associé à la valeur actualisée des flux monétaires

Le levier propre à la valeur actualisée des flux monétaires générés par le projet obtenu suite à l'exercice d'une option (de croissance par exemple) est étroitement lié au levier concernant la fréquence de révision. En effet, le processus de révision de la stratégie d'exploitation vise essentiellement à identifier les nouvelles options et à maximiser les flux monétaires qui peuvent leur être associés.

Les participants interviewés ont tous affirmé que la révision de la stratégie d'exploitation a un impact significatif sur les flux monétaires générés par le projet. Les gestionnaires semblent être familiers avec ce levier, car ils sont appelés à l'actionner en vue de maintenir ou augmenter les flux monétaires générés par le projet. Cela revient à dire qu'ils maintiennent ou augmentent implicitement la valeur de la flexibilité.

L'augmentation de la valeur de la flexibilité résulte en l'augmentation de la valeur du projet lui-même. Ainsi, pour augmenter la valeur de leur projet, les gestionnaires doivent identifier les options ayant le plus de valeur ou, autrement dit, les options les plus flexibles. En générant des flux monétaires additionnels, la réalisation du projet sous-jacent à l'option contribue alors à augmenter la valeur du projet d'exploitation minière dans son ensemble. Leslie and Michaels (1997) affirment que les gestionnaires peuvent augmenter

la valeur de la flexibilité en générant par exemple une séquence d'opportunités d'investissements pour le projet en plus de créer une flexibilité dans la poursuite, l'arrêt ou le report de ces investissements. Comme l'a mentionné le participant I dans la section 5.3.1, on voit dès lors l'importance pour les entreprises minières de continuer à investir dans l'exploration en parallèle avec les activités d'exploitation du minerai. L'exploration peut permettre aux entreprises d'accroître la valeur de leur(s) projet(s) en bonifiant leur réserve minérale. On se souvient aussi des propos du participant A à la section 5.3.1 lorsqu'il mentionne l'intérêt de considérer l'exploitation de sous-produits dans le but d'accroître la valeur d'un projet minier.

#### 6.4 L'effet de levier associé au coût de maintien de la flexibilité

On a vu au chapitre précédent que le coût de maintien de la flexibilité relève essentiellement des dépenses qui sont encourues afin de « maintenir en vie » certaines sources de flexibilité (ex : équipement à capacité additionnelle). Si les gestionnaires désirent augmenter la valeur de la flexibilité, ils doivent faire en sorte de diminuer son coût de maintien.

L'effet de levier sur le coût de maintien de la flexibilité peut d'abord s'exercer en identifiant ou en favorisant la création de sources de flexibilité qui n'exigent pas ou qui exigent de faibles coûts de maintien. Par exemple, si l'on doit opter pour l'achat d'équipements ayant une capacité additionnelle, les gestionnaires doivent minimiser l'augmentation des coûts fixes liée à la mise en service de ces équipements. Comme l'a souligné le participant H durant la tenue des entrevues, il est possible de diminuer les coûts afférents au maintien de la flexibilité en termes d'équipements au moyen d'arrangements avec les fournisseurs (équipement en consignation afin de diminuer les coûts d'inventaire). S'il y a lieu, les gestionnaires pourraient également envisager le partage d'équipement et de machinerie avec d'autres entreprises minières voisines.

Il est cependant impossible d'éviter toute dépense encourue pour le « maintien en vie » de toutes les sources de flexibilité managériale. Identifier l'ordre de grandeur exact de ce coût de maintien est une tâche qui est en soi difficile à réaliser. Les gestionnaires ont donc intérêt à commencer par le recensement de l'ensemble des sources de flexibilité qui sont à leur disposition. Cet exercice permet de dresser un bilan des dépenses liées au maintien de la flexibilité managériale. Un meilleur contrôle des dépenses liées au coût de maintien peut ensuite être plus facilement exercé. Comme mentionné dans un exemple rapporté par le participant F au chapitre précédent (usine de transformation), il est possible que le coût de maintien (en plus du coût d'exercice) lié à une source de flexibilité soit suffisamment important pour détruire en bonne partie la valeur de l'option qui y est rattachée.

#### 6.5 L'effet de levier associé au coût d'acquisition et au coût d'exercice des options réelles

La discussion à propos des deux prochains leviers est un élément central en ce qui a trait à l'application de la théorie des options réelles dans le domaine minier. En effet, les entrevues ont montré que les leviers associés au coût d'acquisition et au coût d'exercice sont souvent étroitement liés.

En ce qui concerne le levier du coût d'exercice des options réelles, on a vu que ce coût correspond aux capitaux nécessaires à l'exercice de l'option. Par exemple, dans le cas de l'option de croissance, le coût d'exercice correspond à l'augmentation des coûts de production générés par l'exercice de l'option (augmentation de la capacité de production). Les gestionnaires soucieux d'augmenter la valeur de la flexibilité que procurent les options réelles ont donc intérêt à diminuer le coût d'exercice.

Rappelons que des sources de flexibilité peuvent exister sans que les gestionnaires aient eu besoin de les créer. En revanche, certaines sources de flexibilité sont créées par les gestionnaires. Par exemple, les gestionnaires investissent dans l'acquisition d'équipement ayant une capacité additionnelle pour appuyer l'exercice éventuel d'une option de

croissance. Toutefois, il est aussi possible que les gestionnaires décident d'augmenter la capacité de production de la mine sans avoir investi au préalable dans des sources de flexibilité. On se retrouve alors devant deux possibilités : l'exercice d'une option de croissance qui s'appuie sur des sources de flexibilité créées au préalable ou l'exercice spontané d'une option de croissance qui ne s'appuie pas sur de telles sources.

C'est justement sur ce point précis que l'on observe un certain « rapport de dualité » entre les leviers du coût d'exercice et du coût d'acquisition des options réelles (voir figure 4). Les gestionnaires qui exercent une option de croissance sans avoir investi au préalable dans des sources de flexibilité telles que de l'équipement à capacité additionnelle, de la machinerie additionnelle, des plans ou des infrastructures flexibles, etc., font face à des coûts d'exercice relativement plus importants. Intuitivement, ces gestionnaires supportent à la fois un certain coût d'acquisition en plus du coût d'exercice. Le coût d'exercice et le coût d'acquisition se regroupent alors sous l'étiquette d'un seul levier : celui du coût d'exercice. Cette situation présente quand même un avantage qu'est le report dans le temps du coût d'acquisition de l'option même si ce coût est plus élevé que le coût nécessaire à l'acquisition de l'option au préalable.

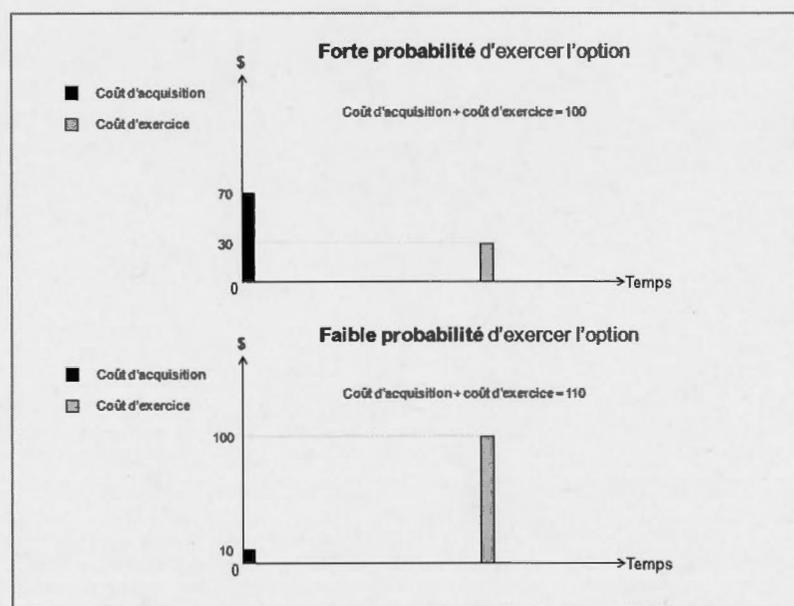


Figure 4: Rapport de dualité entre le coût d'acquisition et le coût d'exercice

Cela ne veut pas nécessairement dire qu'il est souhaitable d'investir systématiquement dès le commencement d'un projet minier dans la création de sources de flexibilité qui pourraient permettre l'exercice d'une option de croissance. Nombreuses sont les barrières qui se dressent contre une telle approche. Il n'y a pas de réponse unique pour résoudre un tel dilemme qui varie selon le contexte propre à chaque projet. Il existe ainsi un compromis à réaliser entre les deux situations suivantes (voir figure 4) :

1. Dépenser relativement tôt, soit au début du projet, des coûts d'acquisition relativement faibles pour acquérir une option dont l'exercice est jugé peu probable; dépenser des montants plus importants plus tard à titre de coûts d'exercice si l'exercice de l'option s'avère profitable.
2. Dépenser relativement tôt, soit au début du projet, des coûts d'acquisition relativement importants pour acquérir une option dont l'exercice est jugé assez probable; dépenser des montants plus faibles plus tard à titre de coûts d'exercice si l'exercice de l'option s'avère profitable.

Il est à noter que le surcoût qui est assumé lorsque l'on décide d'investir plus tard dans des équipements et de la machinerie est assez important en raison de la dynamique propre à l'industrie minière québécoise. En effet, lorsque l'industrie minière connaît une relance, le participant G mentionne:

*C'est sûr que c'est plus cher augmenter parce que quand ça augmente, tout le monde augmente, et la main-d'œuvre est 25 % plus cher quand tu as des travaux, des ajouts d'équipement. Tu veux acheter un équipement majeur, il est 15 % plus cher, fait que s'il ne te le vend pas à toi, il va le vendre à un autre pareil. Ça ne change rien.*

Encore faut-il garder à l'esprit la considération du coût de maintien de la flexibilité qui peut à lui seul constituer un argument défavorable à la création de sources de flexibilité assez tôt lors du démarrage du projet.

## 6.6 L'effet de levier associé au délai d'exercice des options réelles

Le levier du délai d'exercice ajoute une nouvelle dimension à la discussion tenue au point précédent. Cette nouvelle dimension renforce l'intérêt d'investir dans la création de sources de flexibilité qui peuvent appuyer l'exercice d'une option de croissance.

On se rappelle que le délai d'exercice des options réelles peut être assez important, et ce, en particulier lorsqu'il s'agit de l'option de croissance. D'une manière générale, une entreprise minière mettra une année complète pour « opérationnaliser » une décision liée à l'augmentation de sa capacité de production lorsque cette dernière doit faire l'acquisition de nouveaux équipements. La durée importante du délai d'exercice est explicable par le fait que les gestionnaires doivent procéder à l'achat d'équipements, obtenir les autorisations nécessaires s'il y a lieu, embaucher de la main-d'œuvre supplémentaire, planifier la construction de nouvelles infrastructures, etc.

Le principal facteur responsable de la durée importante du délai d'exercice est dû au délai attribuable à la livraison des équipements et de la machinerie. Afin de réduire la durée du délai d'exercice d'une option de croissance et ainsi augmenter la valeur de la flexibilité, les gestionnaires doivent acquérir au préalable les équipements et la machinerie qui sont à la source de la durée importante du délai d'exercice. Cela implique également que les gestionnaires doivent anticiper certaines étapes essentielles à la réalisation du projet d'augmentation de la capacité de production, dont les études de pré faisabilité et de faisabilité. Cela peut même comprendre la réalisation d'une partie des travaux qui sont nécessaires à la réalisation de ce projet (ex : infrastructures). Autrement dit, lorsque vient le temps d'exercer l'option de croissance, les gestionnaires devraient être en mesure de concrétiser rapidement la décision d'exercer l'option.

## 6.7 L'effet de levier associé à l'échéance

La présentation des résultats au chapitre précédent a permis de démontrer que le prix de marché du minerai indique le moment opportun d'exercer une option réelle. De façon générale, l'échéance des options réelles dans les projets miniers est limitée à la durée de la mine.

Cependant, une option peut arriver à échéance si ses sources de flexibilité disparaissent prématurément. Pour reprendre l'exemple illustré à la section 5.4.8, dans le cas d'une option de croissance dont l'existence dépend de l'exploration, les gestionnaires doivent s'assurer de continuer l'exploration au moins jusqu'à ce que de nouvelles quantités de minerai soient découvertes et identifiées comme étant rentables à exploiter. On peut aussi citer l'exemple d'une option opérationnelle qui s'appuie sur l'exploitation de zones à teneur plus riche et plus facile d'accès. Si les gestionnaires exploitent ces zones sans se préoccuper de l'existence de l'option et de la flexibilité qu'elle procure, l'option arrive alors à échéance lorsque ces zones sont complètement exploitées. On rejoint une fois de plus la perspective *Attention-based view* de Barnett (2008) qui démontre une fois de plus l'importance du « conditionnement » des gestionnaires à l'égard de l'identification des conditions d'exercice optimales des options réelles. Le perfectionnement du comportement des gestionnaires à l'égard de l'exercice des options réelles est un fait qui est également soulevé par Leslie and Michaels (1997) lorsqu'il s'agit d'être proactif à l'endroit de la flexibilité par l'intermédiaire du levier d'échéance.

Les gestionnaires soucieux de rehausser la valeur de la flexibilité par le levier d'échéance peuvent aussi repousser l'échéance ultime, c'est-à-dire prolonger la durée de vie de la mine. Bien sûr, cette décision ne dépend pas uniquement des gestionnaires situés à l'échelle du projet, mais plutôt de l'entreprise dans son ensemble (ou portefeuille de projets). Il s'agit là d'un exemple concret de la problématique liée à l'influence de plusieurs parties prenantes à l'égard des options réelles (Adner & Levinthal, 2004).

## CHAPITRE 7

### CONCLUSION

Ce mémoire vise à contribuer au débat quant à l'application en pratique de la théorie des options réelles notamment dans le secteur minier. Il vise également à vulgariser la théorie auprès des gestionnaires. Dans cette perspective, les travaux de Leslie and Michaels (1997) se sont avérés particulièrement utiles dans l'élaboration du cadre conceptuel de ce mémoire, soit une approche basée sur la théorie des options réelles qui permet aux gestionnaires de projets miniers d'augmenter la valeur de la flexibilité par l'intermédiaire des leviers associés aux options réelles.

Ce mémoire s'est appuyé sur une démarche qualitative qui s'est déroulée dans le cadre d'une enquête par entrevues. Un guide d'entrevue a été élaboré et validé par des professionnels dans le domaine minier avant de servir d'outil de collecte des données sur le terrain. Neuf entrevues ont été réalisées avec autant de participants qui provenaient d'entreprises et de milieux différents, tant au niveau des gestionnaires sur le terrain qu'au niveau des investisseurs dans les projets miniers.

La première question de recherche est comme suit : *en pratique, quelle est l'importance des sources de flexibilité managériale dans le domaine minier?* Cette question trouve réponse au chapitre cinq.

Rappelons que la flexibilité managériale se présente sous la forme d'options réelles que les gestionnaires peuvent exercer à un moment précis ou durant une période donnée durant le projet (option de croissance, de contraction, d'investissement séquentiel, de report, d'arrêt temporaire ou d'abandon). Ces différents types d'options réelles s'appuient sur deux principales sources de flexibilité : des sources de flexibilité créées intentionnellement par les gestionnaires et des sources de flexibilité existantes par la nature même des projets miniers. Les résultats démontrent que la flexibilité managériale

est omniprésente dans la gestion de projets miniers et qu'elle est fréquemment utilisée par les gestionnaires tout au long de la phase de production. Les entrevues réalisées ont permis d'identifier plusieurs exemples où la possibilité d'avoir recours à la flexibilité managériale s'est avérée essentielle à la poursuite des projets. Les gestionnaires prennent des décisions qui sont réajustées en fonction de l'évolution de l'environnement du projet. Ces « réajustements » sont possibles grâce à ces sources de flexibilité managériale qu'on identifie et qu'on répertorie selon leur provenance. L'importance de ces sources de flexibilité pour la rentabilité des projets miniers est confirmée à plusieurs reprises par les personnes interviewées.

La deuxième question de recherche est la suivante : *dans quelle mesure les gestionnaires peuvent-ils rehausser la valeur de la flexibilité managériale par l'intermédiaire des leviers associés aux options réelles dans le domaine minier?* La réponse à cette question est exposée au chapitre 6.

En ce qui concerne le levier d'incertitude, les gestionnaires tentent de diminuer le niveau d'incertitude lié au projet une fois que certains coûts importants d'investissement ont été encourus. La fréquence de révision de la stratégie d'exploitation des entreprises minières est généralement assez élevée pour avoir un impact positif sur la valeur de la flexibilité. Les gestionnaires ont intérêt à faire en sorte que le mécanisme de révision de la stratégie d'exploitation soit assez fréquent, hautement réceptif et même proactif à l'égard des changements des variables critiques qui affectent la rentabilité du projet. Ils favorisent la mise en place d'un mécanisme de prise de décision où l'information circule rapidement vers les personnes adéquates. Les gestionnaires peuvent rehausser la valeur de la flexibilité au moyen du levier de la valeur actualisée des flux monétaires en créant par exemple une séquence d'opportunités d'investissements (exercer une option d'investissement séquentiel). Étant donné que l'augmentation de la valeur de la flexibilité résulte en l'augmentation de la valeur du projet minier dans son ensemble, la réalisation d'un projet sous-jacent à une option (de croissance en l'occurrence) contribue à faire augmenter la valeur du projet. On peut se rappeler ici de l'intérêt pour les gestionnaires de considérer l'exploitation de sous-produits. Concernant le levier du coût de maintien de la

flexibilité, les gestionnaires ont intérêt à identifier les sources de flexibilité qui sont à leur portée dans le but de dresser un inventaire détaillé de ces sources ainsi que des coûts qu'elles engendrent. Pour rehausser la valeur de flexibilité, les gestionnaires cherchent à réduire au minimum le coût de maintien en prenant soin de ne pas nuire à l'existence des sources de flexibilité qui sont essentielles à la «survie» des options réelles qu'ils détiennent ou qu'ils désirent conserver. En ce qui a trait aux leviers du coût d'exercice et d'acquisition des options réelles, on a constaté l'existence d'un rapport de dualité entre ces deux leviers. Les gestionnaires essaient de trouver un compromis entre le coût d'acquisition, le coût d'exercice et la probabilité d'exercer l'option. Les entrevues suggèrent que le délai d'exercice est un facteur important en ce qui a trait à l'option de croissance alors qu'il s'agit d'un facteur de moindre importance pour les autres options. En effet, dans le cas d'une option de croissance, un court délai d'exercice s'appuie souvent sur des sources de flexibilité créées au préalable et qui contribuent généralement à augmenter les coûts d'acquisition et de maintien. Concernant l'échéance, les gestionnaires préfèrent en particulier s'assurer de « garder en vie » les sources de flexibilité nécessaires à la survie des options réelles qu'ils détiennent ou qu'ils désirent conserver.

Les résultats de ce mémoire comportent aussi certaines limites. Il est important de mentionner que les résultats obtenus ne sont pas « généralisables » à l'ensemble des projets réalisés dans un contexte d'incertitude. Les résultats obtenus concernent particulièrement le domaine minier. Aussi, les résultats ne sont valides que dans un contexte de projet où la théorie des options réelles est applicable, c'est-à-dire où l'on retrouve les trois conditions suivantes (section 2.6.1): incertitude, flexibilité et irréversibilité.

En ce qui concerne la cueillette des données, même si une saturation des données a été constatée après la tenue de neuf entrevues, l'échantillon regroupe un petit nombre d'intervenants par rapport à la population totale visée. La tenue d'entrevues additionnelles aurait pu permettre de constater l'existence d'autres types d'options réelles et sources de flexibilité. Par exemple, la tenue d'entrevues auprès d'entreprises qui exploitent d'autres

types de minerais que celles qui ont été rencontrées aurait probablement pu permettre d'enrichir les résultats obtenus.

En guise de pistes de recherches futures, il pourrait être intéressant de tester le cadre conceptuel de ce mémoire dans le cadre d'une étude de cas consacrée à une seule entreprise minière. Il serait alors souhaitable que l'entreprise en question soit impliquée en pratique par l'ajustement de ses méthodes de prise de décision quant à la gestion de ses projets miniers. Il serait également intéressant de tenter d'appliquer le cadre conceptuel de ce mémoire dans un domaine autre que celui de l'exploitation minière.

## ANNEXE A

### GUIDE D'ENTREVUE

#### **Évaluation de la flexibilité managériale dans le domaine minier**

**Personne rencontrée:**

**Fonction :**

**Nom de l'entreprise :**

**Date :**

1. Comment définissez-vous un plan d'exploitation minière (complexe minier) et quelles sont ses principales composantes?
2. Quelles sont les plus importantes variables critiques dynamiques (variables changeantes et critiques pour la rentabilité du projet) qui influencent le déploiement d'un plan d'exploitation minière? Pouvez-vous donner des exemples de ces variables en fonction de leur impact sur la rentabilité du projet (ex. qualité du minerai, variation du prix du minerai sur le marché, variation des coûts de production tels que les coûts des combustibles fossiles, variation du taux de change, autres)?
3. L'investissement nécessaire au déroulement d'un projet minier est-il effectué en plusieurs étapes durant son déroulement? Pouvez-vous donner un exemple de la façon dont cet investissement est effectué (en termes de pourcentage d'investissement et moment d'engagement dans le projet)?
4. Lorsque le projet d'exploitation minière est en cours, est-il possible que des fluctuations des variables critiques dynamiques fassent en sorte qu'il soit préférable d'apporter des changements au niveau du plan d'exploitation? Pouvez-vous donner

des exemples d'informations qui peuvent entraîner des modifications au plan d'exploitation, et ce, tout au long de la durée de vie d'un projet minier?

5. Procédez-vous à des révisions du plan d'exploitation afin d'évaluer si des modifications sont nécessaires (ex : augmenter ou diminuer la production)? Sont-elles planifiées? Si oui, à quelle fréquence effectuez-vous ces révisions et avec qui?
6. Durant l'exploitation d'une mine, lorsqu'une variation importante de l'une des variables critiques justifie des changements sur le plan d'exploitation, quelles actions peut-on entreprendre (ex : ralentir la production, augmenter la production, stopper la production, et autres)?
7. Pour chacune de ces actions (ralentir la production, augmenter, etc.), quels sont les changements concrets qui sont apportés? Est-ce que le plan d'exploitation est ajusté en conséquence?
8. Concernant ces changements concrets, comment qualifiez-vous l'importance des coûts rattachés à leur mise en œuvre? (estimation approximative en pourcentage)?
9. La révision du plan d'action contribue-t-elle de façon significative au maintien ou à l'augmentation des flux monétaires générés par le projet (par rapport au statu quo)?
10. Comment vous assurez-vous que ces changements sont justifiés d'un point de vue financier (L'augmentation de la valeur actualisée des flux monétaires est-elle plus grande que l'augmentation du coût correspondant à la mise en place et à l'implémentation du nouveau plan d'exploitation)?
11. Advenant que la décision d'augmenter ou de diminuer la production soit prise (apporter des changements concrets au plan d'exploitation), combien de temps en moyenne est-il nécessaire pour que le nouveau plan d'exploitation soit opérationnel? Pouvez-vous donner des exemples de facteurs qui influencent la durée de ce délai?

12. Compte tenu des coûts qui sont rattachés aux changements concrets dans le plan d'exploitation ainsi que du délai nécessaire à la mise en œuvre de ces changements, quelles sont les conditions (ex : la durée d'exploitation de la mine) qui peuvent influencer la décision d'effectuer ou non ces changements? Est-ce que ces changements peuvent être effectués à n'importe quel moment dans le projet?
13. Dans la mesure où l'on prévoit que des changements seront probablement apportés au plan d'exploitation durant l'exploitation de la mine, peut-on opter pour un plan d'exploitation ajustable qui coûtera plus cher qu'un autre plan non ajustable? Quel est l'ordre de grandeur de ce surcoût par rapport au coût total du projet?
14. Un plan d'exploitation ajustable nécessitera-t-il des coûts de maintenance plus élevés? Quel est l'ordre de grandeur de ces coûts de maintenance par rapport au coût total du projet?
15. Pouvez-vous décrire le processus décisionnel ayant trait à la décision d'augmenter ou de diminuer la production, voire même de fermer temporairement la mine?
  - a. Qui (individu ou entité) décide de prendre une telle décision et s'il y a lieu, quels sont les autres intervenants impliqués?
  - b. Comment obtiennent-ils l'information nécessaire à la prise de décision et comment cette information leur est-elle transmise?
  - c. Y a-t-il des personnes qui sont spécifiquement mandatées pour l'identification de l'information nécessaire à la prise de décision et de son transfert vers la ou les personnes concernées?

## RÉFÉRENCES

- Adner, R. et Levinthal, D. A. (2004). What is not a real option: considering boundaries for the application of real options to business strategy. *Academy of Management Review*, 29(1), 74-85.
- Bar-Ilan, A. et Strange, W. C. (1996). Investment Lags. *American Economic Review*, 86(3), 610-622.
- Barnett, M. L. (2008). An attention-based view of real options reasoning. *Academy of Management Journal*, 33(3), 606-628.
- Black, F. et Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637-654.
- Block, S. (2007). Are real options actually used in real world. *The engineering economist*, 52, 255-267.
- Blum, V. (2012). Options réelles : métamorphoses d'une méthode d'évaluation capturant le risque. (French). 29(4), 19-34.
- Cardin, M.-A. et de Neufville, R. (2009). *A Direct Interaction Approach to Identify Real Options "In" Large-Scale Infrastructure Systems*. Paper presented at the Real Options Conference 2009.
- Cardin, M.-A., et al. (2008). A process to improve expected value of mining operations. *Mining technology*, 15.
- Cherian, J. A., et al. (2000). Optimal Extraction of Nonrenewable Resources When Costs Cumulate. *Oxford University Press, Project Flexibility, Agency, and Competition (2000)*, 224 - 253.
- Colwell, D., et al. (2003). Real options valuation of Australian gold mines and mining companies. *Journal of Alternative Investments*, 32.
- Conrad, J. M. (1997). On the option value of old-growth forest. *Ecological Economics*, 22(2), 97-102.
- de Neufville, R. (2004). *Uncertainty management for engineering systems planning and design*. MIT engineering system division. MIT.
- Dimitrakopoulos, R. G. et Abdel Sabour, S. A. (2007). Evaluating mine plans under uncertainty: Can the real options make a difference? *Resources Policy*, 32(3), 116-125.
- Dixit, A. et Pindyck, R. (1994). *Investment under uncertainty* (pp. 476).
- Doty, D. H., et al. (1993). Fit, equifinality, and organizational effectiveness: a test of two configurational theories. *Academy of Management Journal*, 36(6), 1196-1250.
- Ebben, J. J. et Johnson, A. C. (2005). Efficiency, flexibility, or both? Evidence linking strategy to performance in small firms. *Strategic management journal*, 1249-1259.
- Eisenhardt, K. M. et Brown, S. L. (1998). Competing on the Edge: Strategy as structured chaos. *Long Range Planning*.

- Eisenhardt, K. M., et al. (2010). Microfoundations of performance: balancing efficiency and flexibility in dynamic environments. *Organization Science*, 21(6), 1263-1273.
- Fan, Y.etZhu, L. (2010). A real options based model and its application to China's overseas oil investment decisions. *Energy Economics*, 32(3), 627-637.
- Galbraith, J. R. (1977). *Organization design*: Addison-Wesley.
- Garvin, M. J.etFord, D. N. (2012). Real options in infrastructure projects: theory, practice and prospects. *Engineering project organization journal*, 2, 97-108.
- Huchzermeier, A.etLoch, C. H. (2001). Project Management Under Risk: Using the Real Options Approach to Evaluate Flexibility in R&D. *Management Science*, 47(1), 85.
- Ingersoll Jr, J. E.etRoss, S. A. (1992). Waiting to invest: Investment and uncertainty. *Journal of Business*, 65(1), 1.
- Insley, M. (2002). A Real Options Approach to the Valuation of a Forestry Investment. *Journal of Environmental Economics and Management*, 44(3), 471-492.
- Kassar, I.etLasserre, P. (2004). Species preservation and biodiversity value: a real options approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 48(2), 857-879.
- KazakidisetScoble. (2003). Planning for flexibility in underground mine production systems. *SME Publications*, 6 p.
- Kazakidis, V. N.etScoble, M. (2003). Planning for flexibility in underground mine production systems. *SME Publications Dept*, 6.
- Kreiner, K. (1995). In search of relevance: Project management in drifting environments. *Scandinavian Journal of Management*, 11(4), 335-346.
- Lautier, D. (2001). Les options réelles: une idée séduisante, un concept utile et multiforme, un instrument facile à créer mais difficile à valoriser. *Économies et Sociétés*.
- Leslie, K. J.etMichaels, M. P. (1997). The real power of real options. *The McKinsey quarterly*, 3, 5-22.
- Majd, S.etPindyck, R. S. (1987). Time to build, option value, and investment decisions. *Journal of financial economics*, 18(1), 7-27.
- Martinez Cesena, E. A., et al. (2012). Real options theory applied to electricity generation projects: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(Renewable and Sustainable Energy Reviews 19), 573-581.
- Mongeau, P. (2008). *Réaliser son mémoire ou sa thèse: côté jeans et côté tenue de soirée*: Presse de l'Université du Québec.
- Myers, s. C. (1977). Determinants of corporate borrowing. *Journal of financial economics*, 5, 145-177.
- Myers, S. C. (1984). Finance theory and financial strategy. *Interfaces*, 14(1), 126-137.
- Ocasio, W. (1997). Toward an attention-based view of the firm. *Strategic management journal*, 18(Summer special issue), 187-206.
- Olsson, N. O. E. (2006). Management of flexibility in projects. *International Journal of Project Management*, 66-74.
- Perminova, O., et al. (2007). Defining uncertainty in projects – a new perspective. *International Journal of Project Management*, 26, 73-79.

- Siegel, D. R., et al. (1987). Valuing Offshore Oil Properties with Option Pricing Models. *Midland Corporate Finance Journal*, 22-30.
- Slade, M. E. (2000). Valuing Managerial Flexibility: An Application of Real-Option Theory to Mining Investments. *Journal of Environmental Economics and Management*, 41, 193-233.
- Stinchcombe, A. L. (1990). *Information and organizations*. California: University of California Press.
- Triantis, A. (2005). Realizing the Potential of Real Options: Does Theory Meet Practice? *Journal of Applied Corporate Finance*, 17(2), 8-16.
- Triantis, A. et Borison, A. (2001). Real options: state of the practice. *Journal of Applied Corporate Finance*, 14(2), 8-24.
- Trigeorgis, L. (1996). *Real options: managerial flexibility and strategy in resources allocation*: MIT press.
- Trigeorgis, L. (2002). *Real options and investments under uncertainty: what do we know?* Working papers, research series. National Bank of Belgium.
- Wang, T. (2005). *Real options «in» projects and systems design- Identification of options and solutions for path dependency*. (Doctor of philosophy in engineering systems), Massachusetts institute of technology, Cambridge, USA.
- Ward, S. et Chapman, C. (2003). Transforming project risk management into project uncertainty management. *International Journal of Project Management*, 21, 97-105.
- Yeo, K. T. et Qiu, F. (2003). The value of management flexibility—a real option approach to investment evaluation. *International Journal of Project Management*, 21(4), 243-250.
- Yepes Rodríguez, R. (2008). Real option valuation of free destination in long-term liquefied natural gas supplies. *Energy Economics*, 30(4), 1909-1932.