

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL**

**École des Sciences de la Gestion**

**POSITION SUR LE MARCHÉ À TERME ET FLEXIBILITÉ DE LA  
PRODUCTION**

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE  
(ÉCONOMIE FINANCIÈRE)**

**par**

**HAGER TEBINI**

**NOVEMBRE 2002**

## RÉSUMÉ

L'objectif de cette étude est d'essayer d'expliquer la stratégie de couverture sur le marché à terme en fonction de la flexibilité des techniques de production. Le modèle ainsi développé introduit la notion d'ajustement de la production, comme moyen pour gérer le risque. Dans ce cadre d'analyse, le risque principal est le prix de l'output et la variable dépendante est le degré de couverture.

essayé de trouver une relation entre le degré d'intervention sur le marché à terme, ceci aussi bien pour fin de couverture que de pure spéculation, et le degré de flexibilité de la fonction de production. On a aussi tenté de dégager l'effet de l'accroissement de l'incertitude sur cette relation.

À l'aide d'un développement théorique, nous sommes parvenus à expliquer l'effet du niveau de flexibilité sur la décision de production et de couverture. Nous avons trouvé que, dans le cas où une entreprise prend des positions spéculatives, la notion de flexibilité de la structure de production est un facteur qui explique le degré d'intervention sur le marché à terme. La notion de flexibilité technique devient un facteur pertinent, de même que l'accroissement de l'incertitude de prix, pour expliquer la position sur le marché à terme.

**Mots clés:** risque de prix des outputs, gestion de risque, couverture, spéculation, marché à terme, flexibilité productive.

## TABLES DE MATIÈRES

<b>I- INTRODUCTION:</b>	4
<b>II- REVUE DE LITTÉRATURE:</b>	9
FLEXIBILITÉ ET GESTION DE DU RISQUE :	9
- Concept de flexibilité :.....	9
- Implications sur la théorie de la firme :.....	11
- Gestion du risque :.....	13
THÉORIE DE LA FIRME ET RISQUE DE PRIX :.....	16
- Évidences empiriques :.....	20
<b>III- MODÈLE:</b>	24
NOTATIONS ET HYPOTHÈSES :.....	25
DÉRIVATION DU MODÈLE :.....	28
<b>IV- APPROXIMATION QUADRATIQUE:</b> .....	36
HYPOTHÈSES :.....	36
DÉRIVATION DU MODÈLE :.....	37
RÉSULTATS :.....	43
<b>V- CONCLUSION:</b> .....	52
<b>VI- ANNEXE I:</b> .....	54
<b>VII- ANNEXE II:</b> .....	56
<b>VIII- BIBLIOGRAPHIE:</b> .....	66

## **CHAPITRE I**

### **INTRODUCTION**

Depuis les années 70, le commerce mondial a été marqué par une grande volatilité des prix, ceci malgré les accords de stabilisation des prix de matières premières, qui sont voués à l'échec. Les opérateurs, aussi bien producteurs qu'industriels, se trouvent en permanence confrontés à ce risque de prix qui affectent négativement le résultat de leur exploitation. En effet, l'évolution défavorable des prix peut entraîner des pertes économiques considérables ou à la limite une réduction des bénéfices. Face à cette instabilité économique et financière il est apparu nécessaire d'élaborer un cadre de gestion de risque, afin d'aider les gestionnaires à mieux contourner et minimiser ce risque.

A priori, on peut penser que la gestion des risques ne devrait pas être pratiquée du fait que les actionnaires ou investisseurs peuvent gérer leur risque sur le marché financier à un coût plus faible que les entreprises. Or des recherches menées par Tufano (1996) révèlent que 60 à 80% des grandes entreprises américaines adoptent des politiques de gestion de risque. Par ailleurs, des sondages montrent que plus de 70% des entreprises pratiquent la gestion du risque pour faire face aux fluctuations aussi bien des taux de changes, des taux d'intérêt que des prix de matières premières. De plus, plusieurs études théoriques et empiriques proposent des arguments qui appuient et expliquent en grande partie l'intérêt porté aux politiques de gestion de risque.

La littérature financière présente un certain nombres de solutions pour l'opérateur désireux de faire face au risque de fluctuation du prix de ses outputs. Dans

ce sens, la gestion du risque a tenté de présenter un éventail de déterminants de la couverture du risque lié à la volatilité du prix des outputs.

Bien que relativement récent, le domaine de la gestion du risque a connu un grand développement au cours des dernières années. En effet, l'utilisation de produits dérivés est considérée comme étant la forme la plus ancienne et souvent la plus courante de gestion de risque. Cette pratique a été suscitée par le développement accru qu'ont connu les marchés de produits dérivés<sup>1</sup>. Ces marchés offrent, en plus d'une couverture contre le risque de prix<sup>2</sup>, des possibilités de profits additionnels en prenant de positions spéculatives.

Cependant, l'étude empirique de Petersen et Thiagarajan (2000) démontre que l'utilisation des produits dérivés n'est pas la seule voie qui s'offre aux décideurs pour faire face aux risque et qu'il est important d'envisager d'autres alternatives. Les auteurs avancent que la flexibilité de la structure de production pourrait en être une. En effet, avec une fonction de production flexible, l'ajustement de la production en fonction du prix permet de stabiliser les revenus et donc de réduire le risque.

La notion de flexibilité a été évoquée dans la théorie de la firme en incertitude de prix. Or, dans de très nombreux travaux (voir McCall (1967) et Sandmo (1971)), l'hypothèse de technologie donnée a été longuement adoptée implicitement. Cette hypothèse d'indépendance entre la technologie de l'entreprise et les modifications de son environnement se trouve de plus en plus infirmée par l'évolution actuelle des processus de production (utilisation de robot, d'atelier flexible etc.). En fait, l'intérêt porté à l'adoption de politique de flexibilité a surtout

---

<sup>1</sup> Ces marchés présentent un éventail d'instruments dérivés tant en quantités de contrats offerts qu'en qualités.

<sup>2</sup> Ceci en prenant sur le marché de contrats une position inverse à celle détenue sur le marché au comptant.

accru depuis la crise énergétique et les perturbations quelle a provoqué sur l'environnement. Dès lors, le degré de flexibilité est devenu un facteur déterminant dans la prise de décision en avenir incertain.

La littérature sur la maîtrise des risques présente une autre argumentation qui soutient la politique de flexibilité comme stratégie pour gérer le risque. La notion d'irréversibilité est avancée comme un facteur déterminant dans la recherche de la gestion des risques. En effet, si toutes les décisions étaient parfaitement réversibles, le risque serait nul. Par conséquent, une façon pertinente de réduire le niveau de risque d'une activité donnée consiste à atténuer le niveau d'irréversibilité des décisions quand l'avenir est risqué. Ceci se traduit par exemple par une flexibilité des ressources ou des produits : flexibilité du travail, flexibilité des technologies ou diversification de produits ou de marchés. Dans ce cas, on se ramène à une situation de maximisation de l'espérance de l'utilité, en tenant compte de coûts d'ajustement (voir modèle de Stigler (1939)).

À ce stade, il est intéressant de s'interroger sur la pertinence du choix d'une stratégie de gestion du risque. Petersen et Thiagarajan (2000) stipulent qu'il est plus avantageux d'utiliser les produits dérivés quand la structure de coût est assez rigide. À l'inverse, avec une structure de production plutôt flexible, une gestion opérationnelle du risque s'avère efficace. Mais ceci n'empêche pas une intervention sur le marché à terme pour motif de pure spéculation. Ainsi, ils avancent de manière intuitive que la flexibilité productive est considérée comme un facteur expliquant le choix de la stratégie de gestion du risque. Or les auteurs ne prévoient ni le sens ni le signe et ne présentent aucun cadre théorique ou empirique pour tester ce déterminant. Dans notre travail, on va essayer de fournir un modèle analytique pour leur argumentation intuitive.

Le but de ce mémoire est de dégager une relation entre le degré de flexibilité des techniques de production et les stratégies de couverture voire de spéculation sur le marché à terme. En effet, à travers un développement théorique on va analyser la pertinence de la variable degré de flexibilité dans la décision du niveau d'utilisation des produits dérivés et vérifier que l'adoption de la flexibilité est un moyen pour faire face à l'incertitude de prix des outputs et que dans ce cas l'intervention sur le marché à terme peut être considérée comme une stratégie complémentaire.

La méthodologie consiste à discuter, dans un premier temps, des cas extrêmes (flexibilité parfaite des techniques de production versus inflexibilité de celles-ci) pour essayer de dégager une relation avec le degré d'intervention sur le marché à terme. Ceci nous permet de présenter les intuitions du modèle quant au comportement optimal de la firme face à l'incertitude de prix, aussi bien pour les décisions de production que pour les décisions de couverture et de spéculation. Dans un deuxième temps, on va analyser la relation entre des niveaux de flexibilité intermédiaire et l'intervention sur le marché de produits dérivés et les comparer avec la pratique courante de gestion de risque. De plus, on va tenter de voir l'effet de l'augmentation de l'incertitude du prix sur ces décisions.

Les résultats obtenus révèlent que, dans le cas où les anticipations de prix sont différentes du prix sur le marché à terme, la variable coefficient d'ajustement intervient dans le choix du degré d'intervention sur le marché à terme. Dans le cas contraire, la décision aussi bien de production que de couverture est indépendante de cette variable. Aussi, on a pu montrer que le comportement de la firme est affecté dans certain cas par l'incertitude autour des prix.

Au cours de ce travail, nous présenterons une revue de littérature à la section 2. Par la suite, un développement théorique du modèle de base sera exposé à la section 3. À la section 4, une approximation quadratique du modèle sera développée. Pour finir avec conclusion à la section 5.

## CHAPITRE II

### REVUE DE LITTÉRATURE

#### **FLEXIBILITÉ ET GESTION DU RISQUE :**

##### **LE CONCEPT DE FLEXIBILITÉ :**

La notion de flexibilité a été souvent évoquée dans la littérature de la théorie de la firme. Différentes définitions ont été avancées pour bien spécifier et expliquer ce concept. Selon Cohend et Llerena (1986), dans son concept le plus large, la flexibilité traduit la possibilité pour un décideur de pouvoir à tout moment reconsidérer ses choix de manière à maintenir l'optimalité de sa décision. Ce concept de flexibilité est perçu différemment selon le caractère aléatoire ou non de l'environnement auquel est confronté un décideur. En avenir certain, la notion de flexibilité est peu pertinente. En l'occurrence dans certains cas<sup>1</sup> lorsque les niveaux de production requis sont variables selon des circonstances prévisibles, le concept de flexibilité devient un argument pertinent même en avenir certain. En avenir incertain, elle acquiert un rôle fondamental dans le processus de décision.

Dans la littérature on distingue principalement entre la flexibilité interne ou organisationnelle et la flexibilité externe ou décisionnelle. En effet, on parle de flexibilité interne lorsqu'une firme est capable de modifier sa structure de production au moindre coût. La flexibilité externe quant à elle se traduit par la façon dont le décideur peut s'adapter aux changements de son environnement

---

<sup>1</sup> Par exemple la satisfaction des demandes de pointe et de base pour un producteur d'électricité.

compte tenu du degré de fiabilité des informations sur cet environnement. Cette unité de décision est d'autant plus performante qu'elle dispose d'un degré de contrôle élevé sur sa structure de production. La flexibilité peut donc être associée à une stratégie d'attente d'informations ou une stratégie de développement de processus productifs.

L'importance du rôle de la flexibilité dans la décision dépendra de plusieurs facteurs. L'attitude du décideur vis-à-vis du risque, le degré de prédictibilité et le niveau de complexité aussi bien de la firme (monoproduit ou multiproduit) que de son environnement (stable ou volatile) sont des facteurs qui affectent le choix de la flexibilité. Pour une firme, ce choix de la flexibilité constitue une stratégie pour faire face à un environnement complexe et volatile. En effet lorsque le décideur a la possibilité de choix sur sa technologie, même s'il constate des écarts par rapport à la situation optimale, du fait de la nature aléatoire de l'environnement, il peut faire des ajustements pour se ramener à cette situation optimale. Cette optimalité dépendra principalement de trois facteurs : structure d'information du décideur, coûts d'ajustements et degré d'indépendance inter temporelle des décisions.

Toutefois, ce choix pour la flexibilité technologique est lui-même confronté au dilemme entre flexibilité et efficacité. L'arbitrage entre flexibilité et efficacité doit tenir compte du fait que tout accroissement de la flexibilité contribue en même temps à faire croître les coûts unitaires de la firme; il implique des investissements pour l'organisation du travail, pour l'équipement productif, pour la recherche et le développement. Ceci permet alors de stipuler qu'une firme est poussée par une motivation spécifique pour opter pour la flexibilité.

Les arguments qui viennent d'être présentés montrent la richesse du concept de flexibilité et expliquent la place croissante qu'il occupe dans la théorie économique et plus précisément dans la théorie de la firme. C'est pourquoi on dit que les études sur la flexibilité ont amplement transformé le cadre même des problèmes économiques. Cependant, pour être plus rigoureux, il est nécessaire de préciser que l'analyse de la flexibilité technologique sera privilégiée dans le développement des étapes prochaines du mémoire. Ce choix se justifie par la pertinence de ce facteur dans la résolution de l'incertitude dans la théorie de la firme.

#### IMPLICATIONS POUR LA THÉORIE DE LA FIRME :

La théorie traditionnelle a accordé peu d'intérêt au concept de flexibilité jusqu'à une date récente où ce concept devient un argument à part entière des choix de l'entreprise. En effet dans un monde où aucun apprentissage d'information n'est possible et où la technologie est donnée, la notion de flexibilité ne possède pas une valeur en soi. C'est dans ce cadre d'analyse que sont souvent développés les modèles traditionnels de la firme en incertitude, principalement dans les travaux de McCall (1967) et Sandmo (1971). Or, l'évolution actuelle des processus de production, de même que la volatilité et la complexité qui caractérisent l'environnement, viennent infirmer les fondements de tels modèles.

Bien que souvent la théorie économique s'intéresse aux comportements de la firme en incertitude, ce n'est qu'à partir des années 60 que le concept de flexibilité a commencé à occuper une place dans la théorie économique et plus précisément dans la théorie de la firme. C'est en tenant compte des effets de l'incertitude sur les modèles micro-économiques que la notion de flexibilité devient un aspect fondamental dans la décision.

Stigler (1939) a proposé une définition de la flexibilité technologique liée à la fonction de coût et qui permet de limiter la variation des coûts unitaires lorsque le niveau de production varie. Selon l'auteur un équipement est dit parfaitement flexible lorsqu'une variation de la production n'entraîne aucune variation du coût moyen. De plus, il démontre que ce choix pour la flexibilité technologique, est d'autant plus pertinent que la fluctuation de la demande est importante. De leur côté, Marschak et Nelson (1962) ont pu déterminer une mesure concrète de la flexibilité en se basant sur une fonction de coût de type quadratique.

L'hypothèse de parfaite flexibilité a été implicitement adoptée dans l'étude d'Oi (1961). L'auteur démontre que le décideur a une préférence pour les situations les plus incertaines. C'est pour cette raison qu'il considère l'instabilité du prix comme vertu et non un vice. En revanche, contrairement à Oi (1961), Tisdell (1963) a prouvé que dans le cas d'inflexibilité, la firme va préférer plutôt les situations les moins incertaines.

Cependant dans les situations les plus fréquentes, la firme doit prendre sa décision de production avant d'observer la réalisation du prix sur le marché au comptant, ceci compte tenu d'un certain degré de prédictibilité sur l'évolution de ce prix. Ce type de problèmes a été soulevé par Turnovsky (1973). Ce dernier suppose que la firme a la possibilité de modifier sa décision de production initiale - après avoir pris connaissance de la véritable valeur du prix – moyennant un coût supplémentaire qui est le coût d'ajustement. La firme placée sous ces conditions modifiera généralement son plan de production par rapport à ce qu'il va être en certitude.

Hartman (1976) a essayé de modéliser la flexibilité productive de façon un peu différente. Il propose un modèle où la décision de production, en présence

d'incertitude de prix des outputs, se fait en deux séquences. La quantité de capital est choisie ex-ante alors que la quantité de travail est choisie de façon à maximiser les profits ex-post. Dans ce cas, la flexibilité concerne aussi bien le facteur ex-ante; ceci par une éventuelle surcapacité du capital que le facteur ex-post par une certaine adaptation de la quantité de travail.

Ce survol de la théorie montre que l'introduction de la flexibilité, dans les différents modèles précités, modifie considérablement les résultats classiques de la théorie économique et plus précisément le comportement de la firme face à l'incertitude de prix. Ainsi, le choix de la flexibilité peut être considéré comme un instrument de limitation du risque. On parle dans ce sens de gestion opérationnelle de risque.

#### LA GESTION DU RISQUE :

Le domaine de la gestion des risques a été principalement marqué par la théorie de Modigliani et Miller(1958). Selon cette théorie, les politiques financières n'affectaient aucunement la valeur de la firme, ceci sous l'hypothèse de perfection des marchés de capitaux, hypothèse jugée assez restrictive et peu réaliste. Slutz (1984), quant à lui, montre que la gestion de risque par la couverture peut ajouter de la valeur à la firme. La maximisation de l'utilité des gestionnaires a été avancée comme autre argument justifiant les politiques de gestion de risque (voir Tufano (1996) et Haushalter (1998)).

L'utilisation des produits dérivés comme instrument de la gestion du risque est dite de premier ordre si elle permet d'augmenter la moyenne des revenus. Dans le cas où elle réduit les fluctuations des revenus, la gestion du risque est dite de second ordre. Dans son étude sur l'industrie aurifère, Tufano (1998) démontre

que les produits dérivés réduisent la volatilité du prix. De leur côté, Dionne et Garand (2000) ont vérifié que les produits dérivés sont utilisés comme instrument de la gestion du risque.

Selon la littérature économique et financière, la gestion du risque peut se faire selon deux axes : (1) l'axe financier lorsque la gestion du risque se fait à l'aide d'instruments financiers (par exemple les contrats à terme et les options). (2) l'axe opérationnel se traduit par des décisions opérationnelles permettant de réduire le risque (par exemple la diversification et la flexibilité de la fonction de coût). Une combinaison optimale des méthodes financières et opérationnelles est envisageable et peut même s'avérer efficace pour faire face aux risques.

Au niveau de la pratique actuelle de la gestion du risque, on remarque que ce sont plutôt les grandes entreprises qui utilisent le plus les produits dérivés. Pourtant ce sont les petites entreprises qui sont les plus confrontées à la volatilité de leur cash flow et sont les plus contraintes dans l'obtention du capital. En effet, Slutz (1995) a essayé d'expliquer ce conflit entre théorie et pratique en poussant la théorie de la gestion du risque au-delà des modèles de minimisation de la variance. Il argumente que la minimisation de la variance n'est pas le seul but de l'utilisation des produits dérivés. En effet, plusieurs compagnies prennent régulièrement des positions sur le marché à terme, non pour se couvrir, mais plutôt pour un motif de spéulation. Ceci prouve que le choix de la couverture n'est pas systématique, il dépend de la vision de la firme quant à l'évolution future du marché. Dans le cas où elle anticipe une évolution favorable des prix, elle sera réticente à effectuer des opérations de couverture. Autrement dit, elle ne couvre que les risques pour lesquels elle n'a pas un avantage informatif, d'où la notion de la gestion du risque sélective. Pour Kamdem (1990), le marché des produits dérivés offre, en plus de la possibilité de se protéger contre le risque de prix, des opportunités de gains par la prise de positions spéculatives.

Cependant, l'entrée sur le marché de produits dérivés nécessite d'importants investissements en personnel, en hardware et software; or ces investissements découragent les petites entreprises. Un tel argument peut donc être avancé comme autre explication de la divergence entre la théorie et la pratique. En effet, les coûts fixes relativement élevés peuvent constituer un obstacle à l'entrée pour les petites entreprises. En plus, les coûts variables diminuent avec l'augmentation de la quantité des produits dérivés. Ceci fait que les petites entreprises sont contraintes à opérer moins sur le marché à terme. Devant ce constat, la question du choix adéquat de la stratégie de gestion de risque se pose.

L'étude du comportement des firmes sous l'incertitude de prix montre que pour gérer ce risque trois scénarios sont possibles. Prendre des positions sur le marché à terme; donc choisir l'axe financier de la gestion du risque. Ou investir dans la recherche d'informations pertinentes; c'est-à-dire opter pour la flexibilité externe. Cette stratégie peut compléter l'utilisation des produits dérivés. Sinon adopter des technologies adaptables, dans ce cas on pratique une gestion opérationnelle du risque.

La différence dans les capacités financières, dans les objectifs poursuivis et dans les opportunités d'investissement mène les entreprises à faire des choix différents.

## THÉORIE DE LA FIRME ET RISQUE DE PRIX :

Durant les dernières décennies, la littérature sur la théorie de la firme en incertitude a connu un grand développement. Une multitude de modèles a été élaborée afin d'étudier le comportement des firmes face aux fluctuations des prix.

Souvent les modèles sur les firmes concurrentielles en incertitude avancent de façon implicite ou explicite l'hypothèse que la décision de production est prise avant que le prix au comptant sur le marché ne soit connu.

Selon Drèze et Modigliani (1972) l'incertitude est dite "différée" dans le sens qu'elle est résolue après que la décision a été prise. Ces modèles de court terme, analysés par Baron (1970) et Sandmo (1971)<sup>2</sup> établissent une relation entre la décision de production et l'anticipation du prix au comptant. À travers une analyse du comportement de maximisation de l'espérance de l'utilité du profit, ces auteurs parviennent à la conclusion que la décision de production va dépendre de l'anticipation du prix au comptant. L'un des résultats auxquels sont parvenus ces auteurs est que le niveau d'output produit par une firme confrontée à l'incertitude de prix est plus faible, égale ou supérieur à l'output qu'elle peut produire en situation de certitude de prix, selon que la firme présente respectivement de l'aversion, de l'indifférence ou du goût pour le risque.

Avec l'introduction du marché à terme comme moyen de couverture du risque de prix (contrairement aux modèles précédents) la décision de production dépend seulement du prix à terme alors que la décision de couverture - voire de

---

<sup>2</sup> Voir aussi dans ce sens McCall (1967) et Batra et Ullah(1974).

spéculation - dépend des croyances subjectives des producteurs<sup>3</sup> (voir les travaux de Danthine (1978), Holthausen (1979)).

Holthausen (1979) a été le premier à développer un modèle théorique de la firme en incertitude qui introduit le marché à terme comme un moyen de gestion de risque de prix. Ce qui est intéressant dans cet article est qu'à partir de son modèle, l'auteur parvient à établir une relation optimale entre la décision de couverture et la décision de production en présence d'incertitude de prix.

À travers son article, l'auteur avance qu'une firme a intérêt à opérer sur le marché de produits dérivés pour se couvrir contre l'incertitude de prix. Son modèle repose sur l'hypothèse que la décision aussi bien de production que de couverture doit être prise avant même de connaître le prix sur le marché au comptant. Il montre que, contrairement aux modèles précités, le niveau de production va dépendre seulement du prix sur le marché à terme et sera indépendant du degré d'aversion au risque et de l'incertitude autour du prix. Ces derniers vont affecter plutôt la décision de couverture ou de spéculation.

L'existence du marché à terme induit la firme à augmenter sa production si son niveau de couverture optimal est positif. Dans le cas contraire, celle-ci a intérêt à réduire son niveau d'output. Quant à la décision de couverture, son niveau est d'autant plus élevé que l'aversion au risque ou l'incertitude de prix augmente. En effet, une firme optimiste - qui spécule à la hausse- augmente son niveau de couverture à mesure qu'elle devient plus averse au risque.

---

<sup>3</sup> Ainsi que de l'attitude envers le risque ( aversion, neutre au risque ou riscophile) et de l'incertitude autour du prix.

Cette analyse fait abstraction de l'utilisation des options en tant qu'instrument de couverture, bien qu'elles puissent être utilisées pour fin de spéculation (voir Lapan, Moschini et Hanson (1991)).

La relation entre la décision de production et la décision de couverture voire de spéculation a été aussi présentée dans le modèle d'intervention à deux séquences de Kamdem (1990). Ce modèle propose les positions optimales à prendre sur le marché au comptant et sur le marché à terme. Ces positions sont déterminées de façon successive et non simultanée. En effet, la position de couverture est prise en tenant compte de la position détenue sur le marché au comptant. La position optimale sur le marché au comptant est celle qui minimise le risque pour un revenu donné. La position optimale sur le marché à terme, quant à elle, est celle qui réduit le risque pour chaque position physique.

L'auteur parvient à la conclusion que le comportement optimal pour un opérateur rationnel devrait être un mélange de couverture pure et de spéculation sur le marché à terme. L'intervention sur le marché de produits dérivés pour motif de couverture permet au producteur de se prémunir contre le risque de prix. Mais le producteur pourrait encore profiter des opportunités de gains et par conséquent maximiser son revenu, en prenant quelques positions spéculatives. Dans ce cas on parle de *hedging* à motivation multiple.

Une généralisation de ces modèles<sup>4</sup> nous permet d'admettre que la décision de production ne peut être prise qu'après avoir résolu le problème d'incertitude de prix. C'est pour cette raison qu'on a laissé tomber l'hypothèse de décision de production à priori et introduit la notion de flexibilité de la production dans certains modèles.

---

<sup>4</sup> Traitant les firmes compétitives sous l'incertitude des prix.

Turnovsky (1973) étend le modèle de Sandmo (1971) tout en étudiant les implications de cette approche sur le comportement de la firme. Il stipule que la firme a la possibilité de modifier sa décision de production initiale en réponse à un changement du prix de marché, ceci au prix d'un coût additionnel. Dans ce cas, l'aversion au risque ne signifie pas nécessairement une réduction du niveau de production avec neutralité au risque. Ce niveau va dépendre de la forme de la courbe de coût.

Cette hypothèse de flexibilité de la production a été adoptée de façon implicite dans certains modèles. Oi (1961) suppose que la firme est capable d'ajuster sa production de façon instantanée suite à un changement de prix. Cette hypothèse a été critiquée par Tisdell (1963) dans la mesure où on suppose que le producteur prévoit correctement le prix sur le marché, ce qui semble une hypothèse un peu forte et voire même inappropriée.

Une extension du modèle de Turnovsky (1973) a été développée par Hartman (1976) et Epstein (1978). À travers une analyse détaillée, Epstein (1978) a essayé de soulever les propriétés technologiques et les préférences pertinentes du comportement de la firme face à l'incertitude de prix. Toutefois, les études traitant du problème de couverture avec flexibilité de la production sont assez limitées. En partant de modèles à flexibilité de la production, Anderson & Danthine (1983) et Hirshleifer (1988) introduisent la notion de contrats à terme comme instrument de couverture contre l'incertitude des prix. En outre, et pour souligner le rôle des options en tant qu'instrument de couverture (même en présence de contrats à terme) Moschini et Lapan (1992) analysent le problème de couverture du risque de prix sous l'hypothèse de flexibilité de la production.

## L'ÉVIDENCE EMPIRIQUE :

Le but premier de la gestion de risque est la réduction des différents coûts liés à la détresse financière à travers la réduction, voire l'élimination, de la variabilité des cash flows. Dans ce cas, le recours au marché à terme a pour but la couverture. Cette raison suppose un comportement d'aversion au risque. Or la théorie financière suggère qu'une entreprise à propriété bien diversifiée devrait être neutre au risque.

La littérature sur les déterminants de la gestion du risque a tenté, depuis plusieurs années, d'expliquer ce paradoxe en présentant un éventail de facteurs qui justifient le recours aux marchés à terme. Malgré la pertinence de ces facteurs, les études empiriques n'ont pas réussi, en grande partie, à les valider. En effet, très peu de déterminants sont significatifs; quelques uns sont même de signes opposés aux prédictions théoriques. Cet échec est souvent attribué à la médiocrité des études empiriques et non à la faiblesse des arguments théoriques.

On identifie deux grandes classes de déterminants de la gestion du risque : les déterminants liés à l'hypothèse de maximisation de la valeur de l'entreprise et ceux liés à l'hypothèse de maximisation de l'utilité des gestionnaires. Plusieurs travaux empiriques ont essayé de présenter une liste exhaustive des déterminants pertinents qui peuvent expliquer la couverture du risque de prix.

L'étude de Tufano (1996), dans l'industrie aurifère, montre que les déterminants de la première classe ne sont pas significatifs, par contre les déterminants liés à la riscophobie des gestionnaires le sont. Cliche (2000), quant à lui, dégage quelques déterminants liés à la maximisation de la valeur de la firme qui sont significatifs. Les résultats empiriques de ce dernier suggèrent que ce sont les entreprises à valeur marchande élevée qui appliquent des stratégies de couverture; surtout si celles-ci oeuvrent dans des secteurs réglementés. Ces firmes ont généralement

moins de liquidité. L'étude démontre qu'une fois la décision de couverture est prise, les déterminants pertinents sont l'économie d'échelle et la réglementation du secteur. De plus, les facteurs impôt à payer, la détresse financière, les clauses restrictives et les décisions d'investissement expliquent le degré de couverture.

La signification du déterminant détresse financière a été confirmée par plusieurs autres auteurs. Ainsi, Smith et Stulz (1985) démontrent qu'en augmentant le niveau de couverture on parvient à réduire la variation de la valeur de la firme endettée. Donc la probabilité d'encourir des coûts de détresse diminue. Garand (2000) vérifie que les entreprises qui sont en détresse financière se protègent davantage.

Pour le déterminant de l'impôt, Berkman et Bradbury (1996) et Garand (2000) affirment qu'une entreprise qui opte pour une importante couverture possède une structure d'impôt convexe. Les clauses restrictives en tant que déterminant du degré de couverture contraignent la firme à être plus active sur le marché de produits dérivés.

Malgré les nombreuses études empiriques effectuées, un grand nombre de déterminants théoriques de la gestion de risque n'étaient pas significatifs. Entre autre, la flexibilité productive n'a pas eu de validation empirique à travers ces travaux. La politique de flexibilité technique comme moyen pour faire face au risque de prix trouve sa justification dans le travail empirique de Petersen et Thiagarajan (2000). Ces derniers développent une argumentation un peu différente et suggèrent, sans proposer de modèle théorique, que la flexibilité de l'offre, dans un contexte d'incertitude de prix, peut constituer un facteur explicatif du choix de stratégie de gestion du risque. En effet, l'étude porte sur deux firmes opérant dans le secteur aurifère et dont les stratégies de couverture sont totalement opposées. Une firme utilise agressivement les produits dérivés et couvre 100% de sa production. L'autre choisit plutôt d'ajuster sa production (c'est-à-dire une technique naturelle de couverture) pour gérer le risque de variation de prix, sans

recourir au marché à terme. Bien que leur stratégies soient différentes, ces deux firmes parviennent à couvrir leurs risques presque dans les mêmes proportions. Les auteurs expliquent cette divergence par le fait que les firmes ont des caractéristiques différentes. L'analyse empirique obtenue suggère que la structure de coût explique en partie l'utilisation ou non des produits dérivés.

En effet, les auteurs remarquent que la première firme possède une structure de coût plutôt rigide. Il lui est plus bénéfique d'utiliser les produits dérivés pour gérer son risque. À l'inverse, avec une fonction de coût assez flexible, l'autre firme a plutôt intérêt à adopter une gestion opérationnelle du risque. Dans ce cas, la flexibilité de la fonction de coût permet l'ajustement de la production en fonction du prix sur le marché et donc elle va permettre de stabiliser les revenus.

Garand (2000) valide ce résultat en dégageant une relation positive<sup>5</sup> entre la volatilité des bénéfices et la motivation de se protéger. Cette relation suppose qu'en ajustant sa production en fonction des fluctuations du prix, la firme parvient à diminuer la volatilité de ces bénéfices et diminue par là même son besoin de se couvrir sur le marché à terme. Toutefois, d'autres facteurs, comme la diversification, peuvent expliquer ce résultat.

Petersen et Thiagarajan (2000) parviennent à la conclusion que le choix d'une stratégie appropriée est étroitement lié à l'objectif de la firme, à ses capacités financières et à ses opportunités d'investissement. Cela sous-entend que l'utilisation des produits dérivés n'est pas la seule issue pour contrôler le risque. Il est donc important d'envisager l'utilisation d'autres formes alternatives de gestion de risque.

---

<sup>5</sup> Bien qu'on s'attende, avec une utilisation efficace des produits dérivés, à une relation plutôt négative qui prouve que l'utilisation de ces produits réduit la volatilité des prix (voir Tufano (1998)).

En résumé, la revue de littérature montre que la firme dispose d'une palette d'outils pour faire face au risque de prix. Le choix d'un programme efficace de gestion de risque, qui dépend principalement des caractéristiques de la firme, ne passe pas nécessairement par l'utilisation des produits dérivés. La politique de flexibilité pourrait s'avérer une formule supplémentaire, voire même complémentaire, de gestion de risque.

Toutefois, la critique qui peut être adressée à la littérature est qu'elle n'apporte pas de réponses quant à l'évolution de la relation entre la flexibilité de la production et la stratégie de couverture voire de spéculation sur le marché à terme. En effet, les études et travaux traitant du choix de stratégie de gestion de risque en fonction du degré de flexibilité sont assez limités pour nous fournir un support théorique ou empirique sur la question.

C'est dans cette optique que nous allons établir un cadre théorique pour essayer d'analyser et d'expliquer la relation entre le degré d'intervention sur le marché à terme et des degrés plus ou moins élevés de flexibilité productive.

## CHAPITRE III

### LE MODÈLE

Souvent les modèles de la théorie de la firme sous l'incertitude des prix reposent sur l'approche de l'espérance d'utilité. Dans ce contexte risqué, on se trouve avec une situation relativement classique d'optimisation sous contraintes. En effet, l'objectif de la firme qui fait face à l'incertitude des prix est la maximisation de l'espérance de l'utilité de ces profits. L'analyse de cette situation est intéressante dans la mesure où elle introduit d'autres considérations, comme l'attitude envers le risque, ce qui permet une meilleure compréhension du comportement de la firme.

L'hypothèse d'aversion au risque des firmes a généralement caractérisé ces types de modèles. Cette restriction est justifiée dans la mesure où une petite firme est peu diversifiée de par sa production (en général celle-ci est une firme monoproduit) et ses actionnaires (généralement un seul propriétaire-gérant). Dans ce cas, le cash flow sera plus sensible aux variations du prix de marché et la firme aura plus de restrictions pour avoir des capitaux extérieurs. En plus, la littérature sur les déterminants de la gestion du risque évoque souvent la riscophobie des managers et non des actionnaires ou propriétaires comme facteur expliquant le choix de stratégie de couverture. Ceci est justifié par le fait que ces actionnaires sont capables de diversifier leurs risques.

Bien que la littérature sur la théorie de la firme soit assez riche, le problème de couverture avec flexibilité de la production n'a pas fait l'objet d'études plus poussées. Dans notre travail, on essaiera d'explorer, dans un cadre théorique, le comportement de la firme qui fait face à l'incertitude de prix des outputs. Ceci du point de vue de la relation entre degré de flexibilité des techniques de production et stratégies de couverture voire de spéculation sur le marché à terme. Bien que cette relation soit assez compliquée à analyser; surtout pour le cas d'ajustement partiel, on va essayer dans un premier temps de traiter juste les deux cas extrêmes : (1) cas de flexibilité parfaite. (2) cas d'inflexibilité.

## NOTATION ET HYPOTHÈSES :

À partir du modèle de Holthausen (1979), en présence de marché à terme, on introduit la notion de flexibilité de la fonction de production en réponse à une variation du prix de marché (i.e. mettre en évidence le coût d'ajustement). Pour se faire, on va adopter certaines hypothèses.

On considère le cas d'une firme en concurrence parfaite qui produit un seul output. La firme est supposée être un *price-taker*; c'est-à-dire que'elle n'est pas suffisamment grande pour affecter le prix sur le marché. Ce prix est une variable aléatoire non négative, avec une fonction de densité  $f(\tilde{P})$ , une moyenne  $\tilde{\mu}$  et une variance  $\tilde{\sigma}^2$ .

La fonction objectif de la firme, sous l'incertitude de prix des outputs, est la maximisation de l'espérance de l'utilité du profit. La fonction d'utilité, étant de type Von Neuman-Morgenstern, est concave, continue et différentiable.

On aura donc :

$$U'(\square) > 0, \quad U''(\square) < 0 \quad (3.1)$$

Ceci suppose que la firme est averse au risque. La fonction de coût de la firme se présente comme suit :

$$C(q, x) = K(q) + A(z) \quad (3.2)$$

où  $q = x + z$  est la production réalisée une fois que  $P$  est connu; c'est la production effective.  $x$  est la production planifiée ex-ante, c'est à dire le niveau d'output pour lequel la firme sera idéalement adaptée au sens de la minimisation des coûts de production. Ce niveau de production doit être choisi avant de connaître  $P$ .  $z$  représente l'écart ex-post entre la production réalisée et planifiée, autrement dit c'est la production additionnelle.

On remarque que la fonction de coût est décomposée en deux fonctions : (1)  $K(\cdot)$  est le coût optimalement minimisé quand la production est planifiée. (2)  $A(\cdot)$  est l'écart entre le coût total de production et le coût de la production optimalement minimisée; c'est le coût d'ajustement.

on suppose que :

$$\begin{aligned} K(0) &= 0, \quad K' > 0 \text{ et } K'' \geq 0 \\ A(0) &= 0, \quad A'(0) = 0, \quad A'' > 0. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Ceci suppose que le coût d'ajustement, défini par une fonction convexe, est nul pour un niveau de production additionnel égal à zéro.

Il faut noter que : (1)  $A'$  est négatif ou positif selon que  $q < x$  ou  $q > x$ .

(2) Pour un niveau de  $q$  donné,  $C(q, x)$  est minimisé en posant  $x = q$ .

Une propriété importante découle de ceci :

$$dC(q, x)/dq = K'(q) + A'(z) \quad (3.4)$$

Étant donné la convexité de la fonction de coût d'ajustement, l'équation (3.4) signifie que le coût marginal ex-post ( $dC(q, x)/dq$ ) est respectivement inférieur ou supérieur à  $K'(q)$  selon que  $q < x$  ou  $q > x$ . Autrement dit, la pente du coût marginal ex-post est plus forte que celle du coût marginal avec ajustement parfait. Cette pente est d'autant plus forte que les coûts d'ajustement<sup>6</sup> sont importants. À la limite, cette pente est verticale et il n'y aura pas d'ajustement en fonction du prix au comptant sur le marché. À l'autre extrémité,  $A'(z) = 0$  et l'ajustement sera parfait. Ainsi le modèle avec coût d'ajustement inclut comme cas limites les situations d'ajustement parfait ( $A'(\cdot) = 0$ ) et l'absence d'ajustement ( $A'(\cdot)$  est infini en valeur absolue) déjà décrits précédemment.

À partir de ces hypothèses, on peut dire a priori qu'en certitude, la firme choisit une production additionnelle nulle ( $z = 0$ ). Avec l'incertitude de prix le profit de la firme pour chaque réalisation du prix est défini comme suit :

$$\hat{\Pi}(P) = \max_{q(P)} \{ P \cdot q(P) - C(q(P), x) + Y \cdot (P_t - P) \} \quad (3.5)$$

---

<sup>6</sup> Ce coût est le prix de la modification de la production par rapport à la production planifiée.

où  $P$  étant connu et la maximisation se fait par rapport à  $q(P)$ .  $Y$  est la position sur le marché à terme. Il faut noter que  $Y$  peut être aussi bien positive que négative. Elle correspond respectivement à une vente ou à un achat de produits dérivés.  $P_t$  est le prix sur le marché à terme et  $\Pi$  est le profit total.

## DÉRIVATION DU MODÈLE :

Dans un monde déterministe, la firme compétitive maximise son profit. Or avec incertitude de prix, l'objectif de la firme sera la maximisation de l'espérance de l'utilité du profit. Dans ces conditions, le programme de la firme est défini comme suit :

$$\underset{q(P), Y}{\text{Max}} E\{U(P \cdot q - C(q, x) + Y \cdot (P_t - P))\} = \underset{q(P), Y}{\text{Max}} \mathbb{E} [P \cdot q(P) - C(q(P), x) + Y(P_t - P)] dP$$

c'est-à-dire

$$\underset{q(P), Y}{\text{Max}} E\{U(\Pi_p + \Pi_s)\} \quad (3.6)$$

avec  $\Pi = (\Pi_p + \Pi_s)$  où  $\Pi_p$  est le profit de production, défini par :  $[P \cdot q(P) - C(q, x)]$  et  $\Pi_s$  est le profit de spéculation qui est égal à :  $[(P_t - P) \cdot Y]$ .  $E$  est l'opérateur d'espérance.

À ce stade, il est important de signaler que le programme de la firme se fait par induction à rebours; c'est un programme dynamique en incertitude. En effet, la firme choisit d'abord sa production planifiée  $x$  et sa position sur le marché à terme  $Y$  avant d'observer  $P$ . Elle choisit ensuite sa production effective  $q$  une fois  $P$  connu, étant donné  $x$  et  $Y$ .

Pour déterminer le niveau optimal de  $x$ ,  $Y$  et  $z$ , on va procéder en deux étapes. La première étape consiste à déterminer le niveau de la production additionnelle ( $z$ ), étant donné un certain niveau de prix  $P$  et un niveau de production et de couverture respectivement  $x$  et  $Y$ . La deuxième étape permet de choisir le niveau optimal de  $x$  et  $Y$  de façon à maximiser l'espérance de l'utilité du profit.

(i) Choix de  $z$ :

Dans cette première étape, on détermine le niveau de la production additionnelle compte tenu du prix sur le marché au comptant  $P$ , du niveau de la production  $x$  et de la position sur le marché des produits dérivés  $Y$ . Étant donné que le prix est connu, le choix de  $z$  se fait en maximisant  $\mathbb{U}(P)$  par rapport à  $z$ .

La condition de premier ordre :

Par rapport à  $z$  :

$$d\{\mathbb{U}(P)\}/dz = 0$$

ce qui donne :

$$P = K'(x+z) + A'(z), \quad \text{pour tout } P. \quad (3.7)$$

Résultat 1 : *Le niveau optimal de la production ajustée égalise le prix sur le marché au comptant au coût marginal ex-post. Ainsi, la décision de la production additionnelle dépend des coûts d'ajustement.*

Le coût marginal ex-post est composé du coût marginal de la production effective quand planifiée et du coût marginal d'ajustement. On peut ainsi, à partir de l'équation

(3.7), définir le niveau de la production ajustée  $z(x, P)$  et le profit de production  $\Pi p(x, P)$ . Or vues ex-ante, ces variables sont aléatoires. Ceci nous amène à la deuxième étape qui se présente comme suit :

(ii) Choix de x et Y:

La deuxième étape consiste à déterminer le niveau optimal de production planifiée et la position optimale sur le marché à terme, ceci en maximisant l'espérance de l'utilité du profit.

$$\text{Max } E\{U(\Pi p(x, \tilde{P}) + Y.(P_t - \tilde{P}))\}$$

Les conditions de premier ordre :

Par rapport à x :

$$d E\{U(\Pi p(x, \tilde{P}) + \Pi s(\tilde{P}))\}/dx = \int_0^1 U'(\Pi p + \Pi s) [\tilde{P} - (K'(x+z(P, x)))] f(\tilde{P}) d\tilde{P} = 0$$

ce qui donne :

$$E\{U'(\Pi). (P - K'(x+z(P, x)))\} = 0. \quad (3.8)$$

Par rapport à Y :

$$d E\{U(\Pi p(x, \tilde{P}) + \Pi s(\tilde{P}))\}/dY = \int_0^1 U'(\Pi p + \Pi s) [P_t - \tilde{P}] f(\tilde{P}) d\tilde{P} = 0$$

on a :

$$E\{U'(\Pi). (P_t - P)\} = 0. \quad (3.9)$$

avec  $U'(\Pi) = dU(\Pi)/d\Pi$ .

À partir des équations (3.8) et (3.9), le niveau de la production planifiée vérifie l'équation suivante:

$$P_t = E(K'(x+z)) + [\text{cov}(U'(\square), K'(x+z) / E(U'(\square))] \quad (3.10)$$

Le niveau de la production planifiée est choisi de façon à égaliser l'espérance du coût marginal au prix à terme, compte tenu d'une correction. En introduisant l'équation (3.7) dans le système d'équation précédent on obtient :

$$P_t = E(P - A'(z)) + [\text{cov}(U'(\square), (P - A'(z)) / E(U'(\square))] \quad (3.10a)$$

A priori, on peut dire que la décision de production dépend de l'anticipation du prix, même en présence du marché à terme. Ce résultat contredit les conclusions de Holthausen (1979), qui démontre qu'en présence de marché à terme, la décision de production est indépendante des anticipations de prix. La relation entre le prix au comptant et le coût marginal ex-post est importante dans le choix du niveau de production. Le signe du terme  $A'(z)$  dépend de l'écart entre  $P$  et  $P_t$ . Si le prix à terme est inférieur au prix anticipé ( $P_t < P$ ) alors la production réalisée va être supérieure à celle planifiée ( $q > x$ ), alors  $A'(z) < 0$ . Dans le cas contraire,  $A'(z)$  va être positive et  $q < x$ .

Résultat 2 : *En présence de marché à terme et de flexibilité des techniques de production, la décision de production est affectée par l'anticipation du prix et les coûts d'ajustements.*

Le niveau de couverture optimal vérifie l'équation suivante :

$$P_t = E(P) + [ \text{cov}(U'(\square), P) / E(U'(\square)) ] \quad (3.11)$$

La décision de couverture va dépendre de l'écart entre le prix au comptant et le prix à terme. En effet, le signe du terme en covariance  $[\text{cov}(U'(\square), P) / E(U'(\square))]$  dépend de cet écart. Dans le cas où  $P_t > E(P)$ , le signe de la covariance est positif. Dans le cas contraire, il est négatif.

L'équation (3.11) peut être réécrite comme suit :

$$P_t = E(K'(x+z) + A'(z)) + [ \text{cov}(U'(\square), P) / E(U'(\square)) ] \quad (3.11a)$$

Résultat 3 : *Le choix du niveau de couverture dépend de l'incertitude de prix, de l'aversion au risque et du coût marginal d'ajustement.*

À ce stade, il est important de souligner qu'il est difficile d'analyser et interpréter directement la relation entre le degré de flexibilité et la participation au marché à terme. Toutefois, nous allons tenter d'aborder cette relation en considérant deux cas extrêmes : (1) le cas où aucun ajustement n'est possible. (2) le cas où la firme peut s'ajuster complètement. Procédant ainsi, on essayera de mettre en évidence l'importance du besoin de couverture pour ces deux cas. Aussi, on tentera de vérifier si ce qu'on sait généralement sur le comportement de la firme en incertitude est conforme à notre modélisation.

### Cas1 : Pas de flexibilité des techniques de production

La non-flexibilité des techniques de production se traduit par un coût marginal d'ajustement qui tend vers l'infini (i.e  $A'(z) \rightarrow \infty$ ) lorsque  $z$  est non nul; donc une pente du coût marginal ex-post verticale. L'égalité de l'équation (3.7) implique un niveau de production additionnel nul. L'équation (3.10) devient :

$$K'(x) = P_t \quad (3.12)$$

Résultat 4 : Lorsque le coût marginal d'ajustement est infini, la production additionnelle est nulle et le niveau de production effective dépend seulement du prix sur le marché à terme.

Ce résultat rejoint celui Holthausen (1979), où la décision de production dépend seulement du prix à terme. Dans ce cas, la firme ne peut pas ajuster sa production en réponse à la volatilité des prix. Pour gérer ce risque une stratégie de couverture sur le marché à terme est recommandée.

### Cas 2 : Parfaite flexibilité des techniques de production :

La flexibilité parfaite se traduit par une capacité d'ajustement infinie. Cela signifie qu'un changement du plan de production ne va pas générer des coûts additionnels. La pente du coût marginale ex-post ( $dC/dq$ ) est égale au coût marginal excluant les coûts d'ajustement ( $K'(x + z)$ ). Par conséquent, le choix de la production planifiée n'a pas d'importance puisqu'on peut toujours réviser ce choix, sans coût additionnel, en choisissant  $z$ . On peut donc laisser

tomber l'équation (3.10). Dans ce cas, le concept de production additionnelle perd de sa pertinence. Le niveau de la production vérifie l'équation suivante:

$$P = K'(q(P)). \quad (3.13)$$

Ainsi le choix du niveau de la production se fait de manière à égaliser le coût marginal - excluant le coût marginal d'ajustement - au prix sur le marché au comptant.

Résultat 5 : *Dans le cas de flexibilité parfaite, le niveau de la production va dépendre du niveau de prix sur le marché au comptant.*

Ce résultat montre que, dans le cas de flexibilité parfaite, l'existence du marché à terme n'affecte pas la décision de production en incertitude de prix. Le prix à terme va plutôt conditionner la décision de couverture.

Le niveau de couverture, quant à lui, vérifie toujours l'équation (3.11). Il faut noter aussi qu'à partir de l'équation (3.13), on a toujours l'égalité suivante :

$$E(K') = E(P) \quad (3.13a)$$

Il est donc toujours possible d'écrire :

$$P_t = E(K'(q(P))) + [ \text{cov}(U'(\square), P) / E(U'(\square)) ] \quad (3.14)$$

Ainsi le choix du niveau de couverture va dépendre juste de l'écart entre le prix à terme et le prix anticipé. Dans ce cas, la firme ressent moins le besoin de couverture sur le marché à terme. Sa gestion de risque passe par sa capacité technique d'ajustement. Une position sur le marché à terme est envisageable dans un but de spéulation.

La modélisation des cas extrêmes ne donne pas des résultats assez précis. En plus, le cas de flexibilité parfaite versus non-flexibilité sont des situations théoriques; pas fréquentes en pratique. Pour cette raison on va s'intéresser plutôt aux situations de flexibilité intermédiaire, où on va essayer de dégager une relation entre le degré de flexibilité et la stratégie de couverture et/ou de spéculation. Pour se faire, nous allons, dans le chapitre suivant, paramétriser par des fonctions spécifiques la fonction de coûts et la fonction d'utilité.

## CHAPITRE IV

### APPROXIMATION QUADRATIQUE

La paramétrisation de la fonction de coût ainsi que la fonction d'utilité va nous permettre de déterminer, dans un premier temps, les niveaux de production planifiée et ajustée ainsi que la position sur le marché à terme. On essaiera par la suite de trouver une relation entre ces choix de production et de couverture et le degré de flexibilité de la fonction de coût. Procédant ainsi, on va mettre l'accent sur la capacité d'ajustement comme moyen pour gérer les fluctuations de prix.

#### **HYPOTHÈSES :**

On suppose que la fonction de coût de court terme est définie par une quadratique :

$$C(q, x) = K(q) + A(z) \quad (4.1)$$

où  $K(q) = \square_0 + \square_1 \cdot q + 1/2 \cdot \square_2 \cdot q^2$

et  $A(z) = 1/2 \cdot \square \cdot (q - x)^2$

avec  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$  des coefficients non nuls et où  $\alpha$  est le coefficient d'ajustement.

Pour la fonction d'utilité on suppose qu'elle est de type quadratique :

$$U(\alpha) = \alpha - b/2 \cdot \alpha^2. \quad (4.2)$$

### DÉRIVATION DU MODÈLE :

Le programme de la firme se présente comme suit :

$$\underset{q(P), Y}{\operatorname{Max}} E[U\{\tilde{P} \cdot q(\tilde{P}, x) - C(q(\tilde{P}, x), x) + Y \cdot (P_t - \tilde{P})\}]$$

À l'équilibre on a :

$$Cm(q(P, x); x) = P \quad \text{pour tout } P \quad (4.3)$$

où  $Cm = dC(q(P, x), x) / dq(P, x)$ . On obtient donc:

$$\alpha_1 + \alpha_2 \cdot q + \alpha \cdot (q - x) = P \quad (4.3a)$$

La fonction d'offre de court terme est :

$$q(P, x) = (P - \alpha_1 + \alpha \cdot x) / (\alpha_2 + \alpha) \quad (4.4)$$

On peut dire, a priori, que le niveau de la production effective dépend du niveau de production planifiée ( $x$ ), du prix au comptant ( $P$ ) et du coefficient d'ajustement ( $\alpha$ ).

À ce niveau, on peut remarquer que :

- (1) lorsque le coefficient d'ajustement tend vers zéro, c'est à dire lorsqu'on a une flexibilité parfaite de la fonction de coût, l'équation (4.4) se traduit par:

$$q(P, x) = (P - \alpha_1) / \alpha_2. \quad (4.4a)$$

Proposition 1 : *Avec une flexibilité parfaite, le choix du niveau de la production effective est indépendant du niveau de production planifiée, il est fonction du prix au comptant.*

- (2) lorsque le coefficient d'ajustement tend vers l'infini, on a, au contraire, inflexibilité de la structure de coût, l'équation (4.4) équivaut à:

$$q(P, x) = x \quad (4.4b)$$

Proposition 2 : *Avec une structure de production inflexible, le niveau de production effective tend vers le niveau de production planifiée.*

En dehors de ces cas extrêmes, les décisions optimales de production et de couverture sont déterminées par induction à rebours. Comme mentionné dans le chapitre précédent, le modèle adopté va nous permettre de déterminer de façon successive le niveau de la production ajustée et les positions à prendre sur le marché au comptant et sur le marché à terme.

Étape 1 le choix de  $z$  :

*Cette étape du modèle cherche à déterminer le niveau optimal de la production additionnelle, pour un niveau de production planifiée  $x$ , une position sur le marché à terme  $Y$  et un certain prix au comptant observable. Dans ce contexte déterministe, le programme de la firme est la maximisation du profit :*

$$\Pi = P \cdot q(x, P) - (K(q) + A(z)) + Y \cdot (P_t - P)$$

La condition de premier ordre :

Par rapport à  $z$  :

$$\frac{d\Pi}{dz} = P - \Pi_1 - \Pi_2 \cdot q - \Pi \cdot (z) = 0 \quad (4.5)$$

on obtient :

$$z = (P - \Pi_1 - \Pi_2 \cdot x) / (\Pi_2 + \Pi) \quad (4.6)$$

À partir de l'équation (4.6) on peut remarquer que, connaissant le prix au comptant, le niveau de la production ajustée est directement fonction du coefficient d'ajustement.

Proposition 3 : *La sensibilité du niveau de la production ajustée ( $z$ ) à une variation de prix, est d'autant plus importante que les coûts d'ajustement sont faibles. À la limite le niveau de  $z$  est nul pour des coûts d'ajustement infinis.*

Étape 2 le choix de  $x$  et  $Y$  :

Vues ex-ante, les variables  $z$  et  $P$  sont aléatoires. La firme maximise donc l'espérance de l'utilité de son profit. Les choix du niveau de production et de la position sur le marché à terme sont déterminés avant de résoudre le problème d'incertitude de prix.

$$\underset{x, Y}{\operatorname{Max}} \text{ EU} \{ \tilde{P} \cdot q(\tilde{P}, x) - CT(q(\tilde{P}, x); x) + Y \cdot (P_t - \tilde{P}) \}.$$

Les conditions de premier ordre :

Par rapport à  $x$  :

$$d[\text{EU}\{U(\square)\}]/dx = E\{U'(\square) \cdot (P - \square_1 - \square_2 \cdot x)\} = 0 \quad (4.7)$$

$$\text{avec } U'(\square) = dU(\square) / d\square = 1 - (b \cdot \square)$$

Par rapport à  $Y$  :

$$d[\text{EU}\{U(\square)\}]/dY = E\{U'(\square) \cdot (P_t - P)\} = 0 \quad (4.8)$$

En combinant (4.7) et (4.8) on obtient le niveau optimal de la production planifiée :

$$x = (P_t - \square_1) / \square_2 \quad (4.9)$$

Un premier résultat pourrait être avancé concernant le choix du niveau de la production planifiée ( $x$ ). Ce choix est déterminé indépendamment du degré de

flexibilité et des anticipations de prix, il est affecté par le prix sur le marché à terme  
(Pour preuve voir annexe 1).

Résultat 1 : *Une firme à capacité d'ajustement choisit son niveau de production planifiée en fonction du prix sur le marché à terme; ce choix est indépendant du prix au comptant et des coûts d'ajustement.*

On a pu démontrer que le niveau optimal de  $x$  dépend uniquement du prix à terme. Cependant, le niveau de la production effective va être affecté aussi bien par l'anticipation de prix, par les coûts d'ajustement que par l'incertitude de prix.

Le niveau optimal de  $Y$  vérifie l'égalité suivante :

$$P_t = E(P) + b \cdot [E(\Delta \cdot (P_t - P)) - \text{cov}(\Delta, P)] \quad (4.8a)$$

La résolution de cette égalité montre que le degré d'intervention sur le marché à terme dépend de la différence entre le prix à terme et le prix sur le marché au comptant, des coûts d'ajustement et l'incertitude autour du prix. Dans notre travail, on va mettre l'accent sur la variable coefficient d'ajustement  $\Delta$ , en essayant de discuter sa pertinence dans le choix du niveau de couverture voire de spéculation.

Analytiquement cette relation est définie comme suit :

$$- (\Delta - P_t) \cdot [(\Delta - P_t)^2 + 3 \cdot \Delta^2] / 2 \cdot (\Delta_2 + \Delta)^2 \cdot [(\Delta - P_t)^2 + \Delta^2] \quad (4.10)$$

où  $\bar{P} = E(P)$  et  $\bar{P}^2 = \text{Variance}(P)$ .

Pour pouvoir analyser cette relation, trois cas doivent être évoqués: (1)  $E(P) = P_t$ . (2)  $E(P) > P_t$ , c'est le cas de spéculation à la hausse. (3)  $E(P) < P_t$  ou cas de spéculation à la baisse. Or, à partir de l'équation (4.10), l'effet de la flexibilité sur la décision de couverture n'est pas évident à analyser, donc il a fallu procéder autrement.

À partir du développement analytique, on a pu déterminer le niveau optimal de la production. Pour ce qui est de la décision de couverture, les résultats analytiques s'avèrent assez ambigus et ne peuvent pas être interprétés directement.

Comme on ne peut pas distinguer clairement la relation entre le niveau de couverture et la capacité d'ajustement, on a procédé par résolution numérique. Sur la base de simulations de l'équation (4.8), on a pu faire un calibrage de paramètres. Ainsi on a pu fixer des valeurs pour les paramètres ( $\bar{P}_0, \bar{P}_1, \bar{P}_2$  et  $b$ ), ceci compte tenu de certaines restrictions : (1)  $\bar{P}_2 > 0$ ; ceci pour avoir un niveau de production ( $x$ ) fini et positif. (2)  $b \leq 1/\bar{P}_2$ ; cette condition permet de ne prendre en compte que la partie ascendante de la fonction d'utilité quadratique, donc se limiter à une relation positive entre le profit et la fonction d'utilité dans l'interprétation du comportement de la firme.

## RÉSULTATS :

Les approximations avancées vont nous permettre d'analyser l'effet d'un niveau de flexibilité intermédiaire sur les décisions aussi bien de production que de couverture et d'évoquer, dans certains cas, l'effet de l'augmentation de l'incertitude.

### LA DÉCISION DE PRODUCTION:

La résolution du programme de la firme nous a permis de discuter de la pertinence de la variable coefficient d'ajustement dans la décision de production aussi bien ex-ante que ex-post. Pour analyser cet effet sur le niveau de la production anticipée, on distingue deux cas :

Cas 1 :  $E(P) = P_t$  :

Le niveau de la production anticipée se définit comme suit:

$$E(q(P, x)) = (P_t - \bar{P}_1) / \bar{P}_2 = x \quad (4.11)$$

Dans le cas où le prix à terme est un prédicteur sans biais du prix au comptant, le niveau de la production moyenne  $E(q(P,x))$  est égal au niveau de la production planifiée ( $x$ ). Ce niveau va dépendre du prix à terme (i.e. l'anticipation de prix); ceci quel que soit le degré de flexibilité de la structure de production. Ainsi, le degré de flexibilité technique ne va pas affecter le niveau de la production moyenne, il affectera plutôt le niveau de la production effective ( $q(P,x)$ ). Plus précisément, il jouera sur la variance de la production effective.

Résultat 2 : *Lorsque le prix à terme est un prédicteur sans biais du prix au comptant, la flexibilité technique n'intervient pas dans la décision de production. Le niveau de la production dépend uniquement du prix à terme.*

Cas 2 :  $E(P) \neq P_t$  :

Le niveau de la production anticipée est équivalent à :

$$E(q(P, x)) = (E(P) - \square_1 - \square \cdot x) / (\square_2 + \square) \quad (4.12)$$

Dans le cas où les anticipations de prix sont différentes du prix sur le marché à terme, la production anticipée est d'autant plus sensible aux fluctuations de prix que les coûts d'ajustements sont faibles. À la limite, avec des coûts d'ajustements infinis, le niveau de la production anticipée ( $E(q)$ ) devient insensible aux variations de prix. Il sera égal au niveau planifié ( $x$ ).

Dans le cas de firme optimiste ( $E(P) > P_t$ ), le niveau de production est d'autant plus élevé que les coûts d'ajustement sont faibles. En d'autre terme, en spéculant à la hausse, une firme augmente son niveau de production et cette augmentation est plus importante en présence de capacité d'ajustement. Cependant, dans le cas de spéculation à la baisse ( $E(P) < P_t$ ), la firme baisse le niveau de sa production d'autant plus que ses coûts d'ajustement sont faibles.

En effet, pour un niveau de prix anticipé différent du prix à terme, le niveau de la production ajustée, en valeur absolue, est d'autant plus important que les coûts d'ajustement sont faibles. À mesure que les prix anticipés sont de plus en plus proches du prix à terme, le niveau de la production effective va tendre vers son

niveau planifié ( $E(q) \square x$ ); ceci indépendamment du degré de flexibilité (voir annexe 2, figure1).

Résultat 3 : *La flexibilité devient un facteur d'autant plus important dans la décision de production que l'écart entre le prix anticipé et le prix à terme augmente.*

Il faut noter que l'incertitude autour du prix ( $\square^2$ ) n'affecte pas le niveau de la production anticipée.

#### LA DÉCISION DE COUVERTURE :

Le développement analytique de l'équation (4.8) nous permet de conclure que le niveau de couverture dépend de l'écart entre le prix au comptant et le prix sur le marché à terme, du coefficient d'ajustement et de l'incertitude autour du prix.

Pour isoler l'effet de la flexibilité sur la décision de couverture, on va distinguer trois cas.

*Cas I:  $E(P) = P_t$*

Dans ce cas, l'équation (4.8) s'écrit comme suit :

$$Y = (P_t - \square_1) / \square_2 = E(q(\tilde{P}, x)) = x \quad (4.13)$$

L'équation (4.13) signifie que le niveau optimal de couverture dépend uniquement du prix sur le marché à terme. La couverture, dans ce cas, est parfaite quel que soit le degré de flexibilité productive.

Résultat 4 : *Lorsque le prix à terme est un prédicteur sans biais du prix au comptant, le degré de flexibilité de la structure de coût n'intervient pas dans la décision de couverture.*

La décision de couverture, dans ce contexte, est indépendante de la structure de coût; plus précisément du coût d'ajustement. On peut avancer que même avec une flexibilité parfaite, la couverture est totale. Ce résultat peut être considéré comme une généralisation des conclusions de Holthausen (1979) obtenues avec des coûts d'ajustement infinis. Ainsi, lorsqu'une firme intervient sur le marché de produits dérivés pour motif de couverture, les choix de production et de couverture vont dépendre du prix sur le marché à terme. Ces choix ne vont pas être affectés par le degré de flexibilité. Ainsi, l'argument de flexibilité technique perd de sa pertinence dans le cas où la firme prend des positions sur le marché à terme pour motif de pure couverture.

Cas 2 :  $E(P) \neq P_t$

Lorsque les anticipations de la firme sont différentes du prix sur le marché à terme, deux possibilités se présentent quant à l'évolution future du prix au comptant par rapport au prix à terme : (1)  $E(P) > P_t$  ; il y a spéculation à la hausse. (2)  $E(P) < P_t$  ; on parle de spéculation à la baisse.

- Cas de spéculation à la hausse :  $E(P) > P_t$

Dans ce cas, les résultats affichent une relation négative entre le niveau de Y et le coefficient d'ajustement ( $\beta$ ). En effet, avec des coûts d'ajustement élevés, une firme spéculant à la hausse, baisse son niveau de Y. Sa position sur le marché à terme

se traduit par un achat de contrats à terme; c'est-à-dire elle achète à terme pour pouvoir revendre à profit sur le marché au comptant lorsque l'anticipation de prix se réalise (voir annexe 2, figure 2).

Les résultats montrent aussi que la couverture est toujours partielle ( $Y < E(q)$ ) quel que soit le degré de flexibilité (voir annexe 2, figure 3). Néanmoins, le niveau du ratio de couverture ( $Y/E(q)$ ) est affecté par le degré de flexibilité. Les résultats révèlent que la sensibilité du ratio de couverture aux variations de prix est d'autant plus importante que les coûts d'ajustement sont faibles (voir annexe 2 figure 5).

En effet, une firme avec des coûts d'ajustement faibles, préfère attendre la réalisation du prix avant de décider d'augmenter son niveau de production pour gérer son risque. Cependant, sa position sur le marché à terme ne sera pas trop sensible aux variations de prix. Par conséquent, le niveau du ratio de couverture va baisser à mesure que le prix anticipé s'éloigne du prix sur le marché à terme.

En revanche, avec des coûts d'ajustement élevés, la firme va plutôt choisir un niveau de production relativement stable, et pour se couvrir, elle va augmenter son niveau d'intervention sur le marché à terme. Elle va donc prendre une position inverse sur le marché à terme. Dans ce cas, le ratio de couverture va baisser. Mais ce ratio va être plus sensible aux fluctuations de prix quand les coûts d'ajustement sont faibles.

Le ratio de couverture demeure toujours inférieur à l'unité; il traduit une couverture partielle. Ce dernier résultat confirme la pratique courante de couverture, dans le cas de spéculation à la hausse, où on a toujours une couverture partielle.

- Cas de spéculation à la baisse :  $E(P) < P_t$

Dans le cas de spéculation à la baisse, on a une relation positive entre la position sur le marché à terme et le coût d'ajustement. Avec des coûts d'ajustement élevés, une firme, spéculant à la baisse, augmente son degré d'intervention sur le marché à terme. Cette opération correspond à une vente de contrat à terme (voir

annexe 2, figure 2). En plus, la couverture est excédentaire ( $Y > E(q)$ ), ceci quel que soit le degré de flexibilité (voir annexe 2, figure 4).

Les résultats montrent qu'une firme augmente son niveau d'intervention sur le marché à terme d'autant plus que ces coûts d'ajustement sont élevés. En fait,  $Y$  atteint son niveau maximum avec des coûts d'ajustement infinis.

Avec des coûts d'ajustement élevés, la firme gère son risque en augmentant sa position sur le marché à terme, tout en choisissant un niveau de production qui n'est pas trop sensible aux variations de prix. Ceci se traduit par une augmentation du ratio de couverture lorsque l'écart entre les prix anticipé et à terme augmente.

À l'inverse, pour faire face à la baisse du niveau de prix, la firme à flexibilité technique choisit d'ajuster sa production à la baisse lorsque le prix se réalise; elle choisit donc une couverture sûre du risque. Par conséquent, son ratio de couverture va augmenter lorsque le prix anticipé s'éloigne du prix à terme; étant donné que le niveau de  $Y$  n'est pas très sensible aux variations de prix.

Ainsi, dans le cas de spéculation à la baisse, l'accroissement du ratio de couverture est d'autant plus prononcée que les coûts d'ajustement sont faibles (voir annexe 2 figure5).

Dans les deux cas présentés ( $E(B)P_t$  et  $E(P) < P_t$ ), l'écart entre  $Y$  et  $E(q)$ , en valeur absolue, qu'on qualifie de position spéculative, augmente à mesure que les coûts d'ajustement sont plus élevés (voir annexe 2, figure 7a et 7b). En effet, le niveau de couverture est d'autant plus sensible aux variations de prix que la structure de coût n'est pas flexible. Au contraire, le niveau de la production anticipée est plus sensible aux variations de prix quand les coûts d'ajustement sont faibles (voir annexe 2, figure 6). Ceci nous amène à un résultat qui constitue une des conclusions fondamentales de notre analyse.

**Résultat 5 : Une firme augmente sa position spéculative d'autant plus que sa structure de production est moins flexible (voir annexe 2, figure 7).**

Ce résultat traduit le fait que, dans un premier temps, une firme avec une structure de coût assez rigide a tendance à augmenter ses opérations sur le marché à terme pour se couvrir contre les fluctuations de prix. Dans un deuxième temps, lorsque l'écart entre les anticipations de prix et le prix à terme est important, la firme peut spéculer et réaliser des profits additionnels en augmentant davantage son degré d'intervention sur le marché à terme et donc elle augmente par le fait même sa position spéculative.

Avec une fonction de production flexible, la firme ressent moins le besoin d'opérer sur le marché de produits dérivés. Elle préfère plutôt attendre la réalisation du prix sur le marché au comptant, étant donné que ses coûts d'ajustement sont faibles, pour ensuite ajuster le niveau de la production en fonction de l'évolution de prix. Néanmoins elle peut intervenir sur le marché de produits dérivés pour motif de pure spéculation.

Cette conclusion vient confirmer le résultat empirique de Petersen et Thiagarajan (2000), qui argumentent qu'avec une structure de production flexible, une firme parvient à gérer son risque de prix à travers un ajustement de sa fonction d'offre. Alors qu'avec une rigidité de la structure de production, une firme couvre son risque en prenant des positions sur le marché à terme.

Comme mentionné auparavant la décision de production est indépendante de l'incertitude autour du prix. Cependant, ce facteur affecte la décision de couverture voire de spéculation. En effet, le niveau optimal de  $Y$  devient plus sensible aux variations du coefficient d'ajustement avec un accroissement de l'incertitude. Le niveau optimal de  $Y$ , en valeur absolue, augmente mais devient assez stable (moins

sensible aux coûts d'ajustement) avec une baisse de l'incertitude (voir annexe2, figure 2a).

Résultat 6 : *La flexibilité devient un facteur pertinent dans la décision de couverture voire de spéculation dans un cadre d'incertitude accrue autour du prix.*

En effet, la firme prend de moins en moins des positions spéculatives à mesure que le risque autour du prix augmente. Cette baisse est d'autant plus importante que les coûts d'ajustement sont faibles. Ce résultat rejoint les propos de Stigler (1939) qui considère que l'introduction de la flexibilité technologique n'est intéressante que si la firme est confrontée à un avenir incertain.

Résultat 7 : *Une firme à flexibilité productive a tendance à prendre de moins en moins de positions spéculatives quand le risque autour du prix augmente. À l'inverse, une firme à structure de coût moins flexible augmente sa position sur le marché à terme d'autant plus que le risque de prix augmente.*

Ce résultat implique que, dans le cas de flexibilité infinie, l'accroissement de l'incertitude accentue la sensibilité de Y face aux fluctuations de prix. Ceci se traduit par une importante augmentation du niveau de Y. À l'inverse, dans le cas de flexibilité productive, cet accroissement va donner plus de stabilité au niveau de Y. La baisse de l'incertitude, quant à elle, entraîne une augmentation de la position spéculative dans les deux cas, bien qu'elle demeure supérieure dans le cas de coûts d'ajustement infinis.

Les résultats obtenus montrent la pertinence du facteur degré de flexibilité dans la décision du niveau d'intervention sur le marché à terme. De plus, ce facteur prend plus de l'importance dans un contexte d'incertitude accru autour du prix.

## CHAPITRE V

### CONCLUSION

Tout au long de ce travail, on a essayé de présenter - dans un cadre théorique – le comportement de la firme face à la volatilité des prix; ceci en fonction du degré de flexibilité dans la production. Ce comportement concerne les décisions de production et de couverture, voire de spéculation. L'objectif est ainsi d'analyser la relation entre un degré plus ou moins élevé de flexibilité et la participation sur le marché à terme.

Les résultats obtenus indiquent que lorsque le prix à terme est un indicateur sans biais du prix au comptant, le degré de flexibilité n'intervient pas dans la décision de production ni de couverture. Ces décisions vont dépendre uniquement du prix sur le marché à terme. Dans la spécification quadratique retenue, le niveau de production anticipée est alors égal au niveau planifié et la couverture va être parfaite. Ce résultat peut être considéré comme une généralisation des conclusions de Holthausen (1979) obtenues avec coûts d'ajustement infinis.

Aussi l'analyse du modèle montre que le degré de flexibilité devient un facteur pertinent dans le choix du degré d'intervention sur le marché à terme lorsque l'anticipation de prix est différente du prix à terme. Dans ce cas, une firme augmente sa position spéculative d'autant plus que sa structure de production est moins flexible. Cette augmentation devient plus importante avec l'accroissement de l'incertitude autour du prix.

Bref, nous pouvons conclure qu'une plus grande flexibilité de la fonction de coût permet une gestion du risque, qui s'avère autant efficace que l'utilisation des produits dérivés. De plus, avec une politique de flexibilité, la participation sur le marché à terme offre la possibilité d'obtenir des profits spéculatifs.

Dans ce travail, on a analysé la relation entre le degré de flexibilité et la stratégie traditionnelle de gestion des risques par les positions sur le marché à terme. Cette analyse pourrait constituer la première étape d'une recherche plus poussée, où la flexibilité deviendrait une variable de décision. De plus, étant donné que la flexibilité de production apparaît comme une formule supplémentaire de gestion des risques qu'il s'agit de bien combiner avec d'autres (i.e. le recours au marché à terme), quel sera donc le montant maximum que la firme est prête à dépenser pour accéder au marché à terme de même qu'elle est disposée à investir en flexibilité?

## ANNEXE 1

### Démonstration du résultat 1 du chapitre IV:

Étant donnée la fonction de profit suivante :

$$\Pi = P \cdot q - C(q, x) + Y (P_t - P) \quad (1)$$

La condition de première ordre :

Par rapport à  $x$  :

$$d\{E(U(\Pi))\} / dx = E(U'(\Pi) \cdot d\Pi/dx) = 0 \quad (2)$$

avec  $U'(\Pi) = d(U(\Pi)) / d(\Pi)$  et  $q = (P - \Pi_1 + \Pi \cdot x) / (\Pi_2 + \Pi)$

L'équation (1) peut être écrite comme suit :

$$\Pi = (P - \Pi_1) \cdot q - \Pi_0 - 1/2 \cdot q^2 \cdot (\Pi_2 + \Pi) - 1/2 \cdot \Pi \cdot x^2 + \Pi \cdot q \cdot x + Y \cdot (P_t - P)$$

et

$$d\Pi/dx = ((2 \cdot \Pi \cdot (P - \Pi_1)) / (\Pi_2 + \Pi)) + (2 \cdot \Pi^2 \cdot x) / (\Pi_2 + \Pi) - \Pi \cdot (P - \Pi_1 + \Pi \cdot x) / (\Pi_2 + \Pi) - \Pi \cdot x$$

$$= (\square \cdot (P - \square_1) + \square^2 \cdot x) / (\square_2 + \square) - (\square \cdot x).$$

$$= \square \cdot (P - \square_1 - x \cdot \square_2) / (\square_2 + \square).$$

Ainsi on obtient que (2) équivaut à :

$$E(U'(\square) \cdot (P - \square_1 - \square_2 \cdot x)) = 0 \quad (3)$$

la condition de première ordre :

Par rapport à Y :

$$dE\{U(\square)\} / dY = E\{U'(\square) \cdot (P_t - P)\} = 0 \quad (4)$$

À partir de l'équation (4) on a:

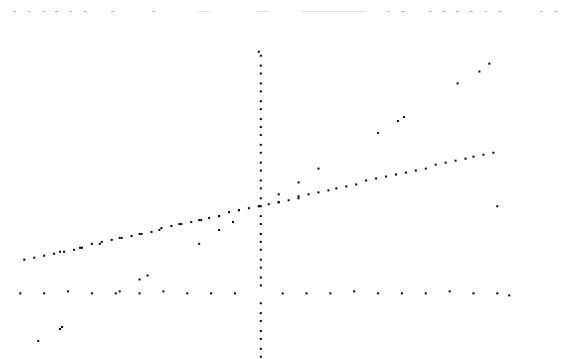
$$P_t \cdot E(U'(\square)) = E(U'(\square) \cdot P).$$

Donc la condition (3) peut s'écrire comme suit:

$$P_t \cdot E(U'(\square)) = (\square_1 + \square_2 \cdot x) \cdot E(U'(\square)) \quad (5)$$

On obtient donc:

$$x = (P_t - \square_1) / \square_2 \quad (6)$$

**ANNEXE 2****Figure 1 :**Axes: abscisse  $E(P)$  : prix anticipé ( $P \in [.5, 1.5]$  )ordonnée  $E(q)$ : production anticipée*Production anticipée fonction des anticipations de prix*[—]:  $E(q_i)$  avec  $\alpha = 0.5$ [---]:  $E(q_5)$  avec  $\alpha = 0.5$ [\_ \_]:  $E(q_0)$  avec  $\alpha = 0$

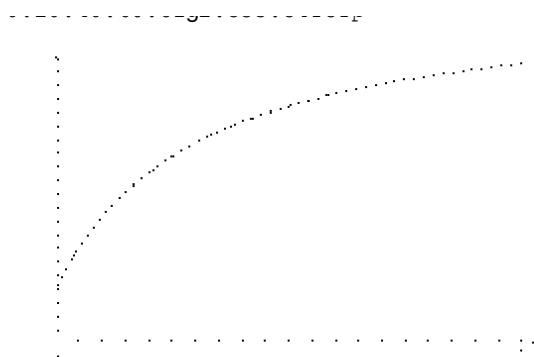
**Figure 2 :**

Axes: abscisse ( $\square$ ) : coefficient d'ajustement ( $\square \in [0, 1]$  )

ordonné (Y) : Position sur le marché à terme.

*Position sur le marché à terme fonction du coefficient d'ajustement*

(avec  $\square^2 = 1$ )



[—]:  $Y_0$  avec  $E(P) > P_t$

[----]:  $Y_p$  avec  $E(P) < P_t$

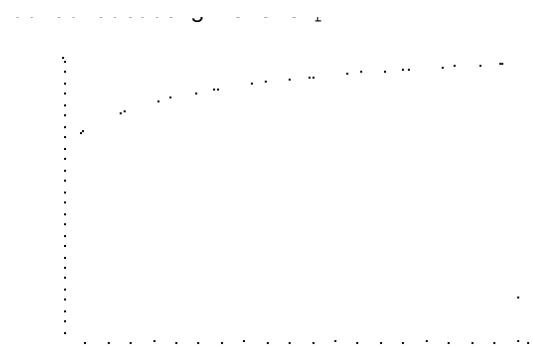
**Figure 2a :**

Axes: abscisse ( $\square$ ) : coefficient d'ajustement ( $\square \in [0, 1]$ )

ordonné (Y) : Position sur le marché à terme.

*Position sur marché à terme fonction du coefficient d'ajustement*

(avec  $\square^2 = .5$ )



[ $\square$  ]: Yo avec  $E(P) > P_t$

[ $\_$   $\_$  ] : Yp avec  $E(P) < P_t$

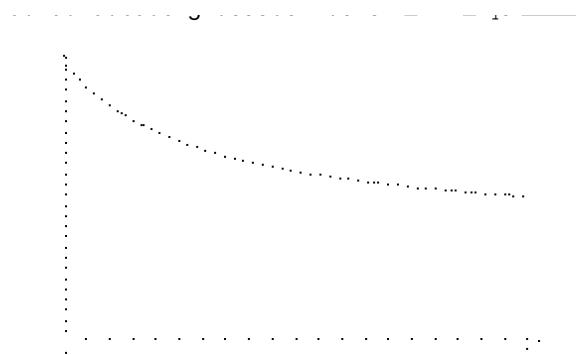
**Figure 3 :**

Axes: abscisse ( $\square$ ) : coefficient d'ajustement ( $\square \square [0, 1]$  )

ordonné (Y) et E(q) : Position sur le marché à terme et production anticipée.

*Niveau de production et de couverture fonction du coefficient d'ajustement*

(avec  $E(P) > P_t$ )



[ $\square$  ]:  $Y_0$  avec  $E(P) > P_t$

[---]:  $E(q_0)$  avec  $E(P) > P_t$

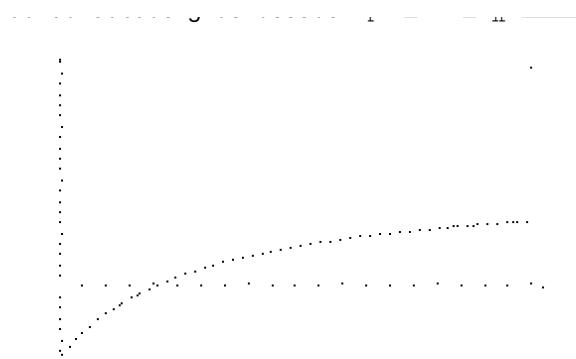
**Figure 4 :**

Axes: abscisse ( $\square$ ) : coefficient d'ajustement ( $\square \square [0, 1]$  )

ordonné (Y) et  $E(q)$  : Position sur le marché à terme et production anticipée.

*Niveau de production et de couverture fonction du coefficient d'ajustement*

(avec  $E(P) < P_t$ )



[—]:  $Y_0$  avec  $E(P) < P_t$

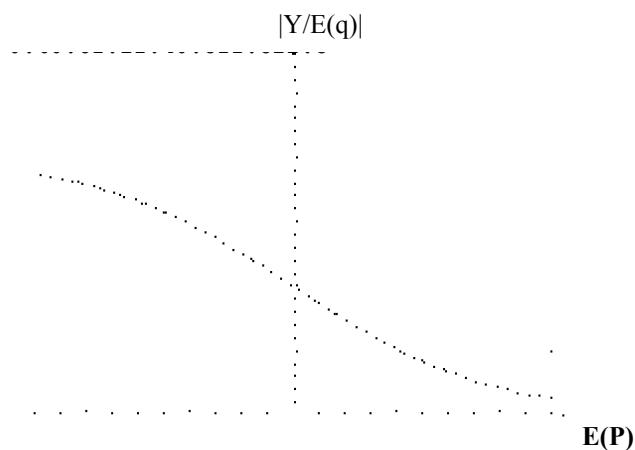
[---]:  $E(q_0)$  avec  $E(P) < P_t$

**Figure 5 :**

Axes: abscisse  $E(P)$  : prix anticipé (  $E(P) \in [.5, 1.5]$  )

ordonné  $|Y/E(q)|$ : ratio de couverture.

*Ratio de couverture fonction du prix anticipé*



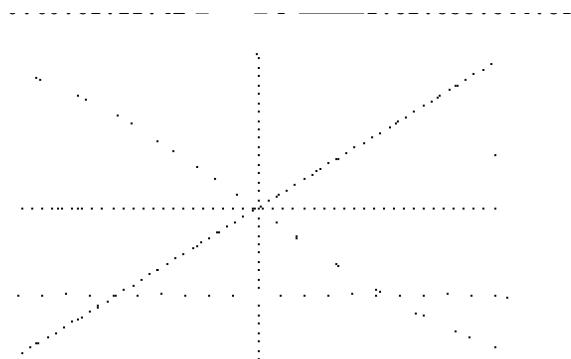
[—]:  $Y/E(q)$  avec  $\square \square 0$

[----] :  $Y/E(q)$  avec  $\square \square$

Figure 6 :

Axes: abscisse ( $E(P)$ ) : prix anticipé ( $P \in [.5, 1.5]$  )  
 ordonné ( $Y$ ) et  $E(q)$  : Position sur le marché à terme et production anticipée.

*Production anticipée et la position sur le marché à terme fonction  
 des anticipations de prix*



- [—]:  $Y_0$  avec  $E(q) = 0$
- [----]: horizontale]:  $E(q_i)$  avec  $E(P) = 0$
- [----]:  $E(q_0)$  avec  $E(P) = 0$
- [\_\_]:  $Y_i$  avec  $E(P) = 0$

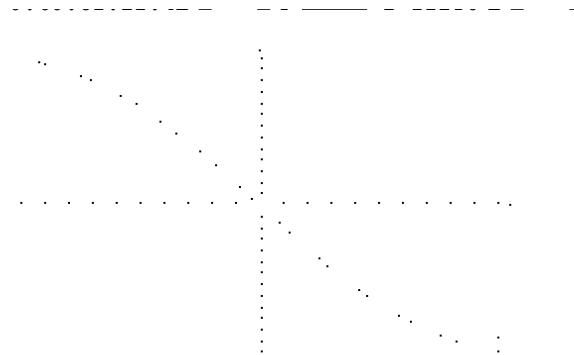
**Figure 7**

Axes: abscisse  $E(P)$  : prix anticipé (  $E(P) \in [.5, 1.5]$  )

ordonné  $Y-E(q)$ : position spéculative.

*Position spéculative fonction des anticipations de prix*

( avec  $\sigma^2 = .5$  )



[—]:  $Y_0-E(q_0)$  avec  $\sigma^2 = 0$

[---]:  $Y_i-E(q_i)$  avec  $\sigma^2$

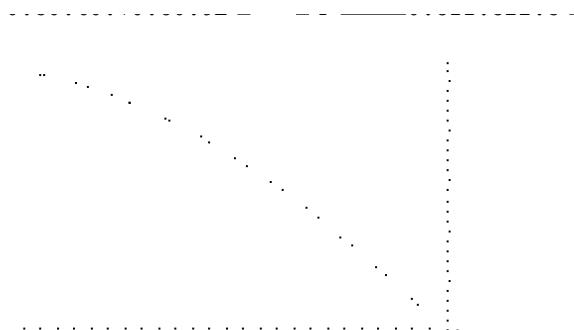
**Figure 7a**

Axes: abscisse  $E(P)$  : prix anticipé (  $E(P) \in [.5, 1.5]$  )

ordonné  $|Y - E(q)|$ : position spéculative.

*Position spéculative, en valeur absolue, fonction des anticipations de prix*

( avec  $E(P) < P_t$  )



[—]:  $|Y_0 - E(q_0)|$  avec  $\square \square 0$

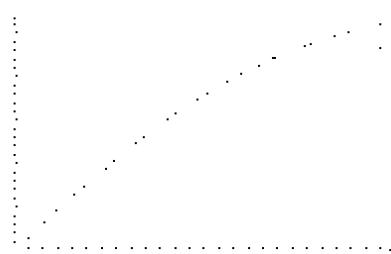
[— —]:  $|Y_i - E(q_i)|$  avec  $\square \square$

**Figure 7b**

Axes: abscisse  $E(P)$  : prix anticipé (  $E(P) \in [.5, 1.5]$  )  
 ordonné  $|Y - E(q)|$ : position spéculative.

*Position spéculative, en valeur absolue, fonction des anticipations de prix*

(avec  $E(P) > P_t$ )



[—]:  $|Y_0 - E(q_0)|$  avec  $\square \square 0$

[— —]:  $|Y_i - E(q_i)|$  avec  $\square \square$

## BIBLIOGRAPHIE

- ❖ Anderson, R. W. et J.P. Danthine, (1983), « Hedging Diversity in Futures Markets. », *The Economic Journal*, June 1983, vol. 93: 370-389.
- ❖ Baron, D. P., (1970), «Price Uncertainty, Utility, and Industry Equilibrium in Pure Competition. », *International Economic Review*, october1970, vol. 11, 3: 463-480.
- ❖ Batra, R. N. et A. Ullah, (1974), « The Competitive Firm and the Theory of Input Demand Under Uncertainty. », *Journal of Political Economy*, May/June 1974, vol. 82:537-548.
- ❖ Berkam, H. et M. E. Bradbury, (1996), « Empirical Evidence on the Corporate Use of Derivatives. », *Financial Management*, Summer 1996, Vol. 25, no.2: 5-13
- ❖ Cliche, J. A., (2000), « Les Déterminants de la Gestion des Risques par les Entreprises non Financières : Une Revue de Littérature. », *Assurances* 67, 4: 595-636.
- ❖ Cohendet, P. et P. Llerena, (1986), « Flexibilité, Risque et Incertitude dans la Théorie de la Firme. », *Journée Flexibilité, BETA*, Strasbourg, Avril 1986.

- ❖ Danthine, J. P., (1978), « Information, Futures Prices, and Stabilizing Speculation. », *Journal of Economic Theory*, (1978), vol. 17 : 79-98.
- ❖ Dionne, G. et M. Garand, (2000), « Une Mesure Empirique des Déterminants qui Affectent la Gestion des Risques des Entreprises non Financières. », *Cahier de Recherche* 00-09, Octobre 2000.
- ❖ Drèse, J. H. et F. Modigliani, (1972), « Consumption Decision Under Uncertainty. », *Journal of Economic Theory*, 1972, vol. 5 : 308-335.
- ❖ Epstein, L., (1978), « Production Flexibility and the Behaviour of the Competitive Firm Under Price Uncertainty. », *Review of Economic Studies*, 1978, vol. 45: 251-261.
- ❖ Feder, G., R. E. Just, et A. Schmitz, (1980), « Futures Markets and the Theory of the firm Under Price Uncertainty. », *Quarterly Journal of Economics*, 1980, vol. 94:317-328.
- ❖ Hartman, R., (1976), « Factor Demand with Output Price Uncertainty. », *American Economic Review*, September 1976) vol. 66: 675-681.
- ❖ Haushalter, D., (1998), « Financing Policy, Basis and Corporate Hedging: Evidence from Oil and Gas Producers. », *University of Oregon. Working Paper*, April 1998.
- ❖ Hirshleifer, D., (1988), « Risk, Futures Pricing, and the Organization of Production in Commodity Markets. », *Journal of Political Economy*, 1988, vol.96: 1206-1220.

- ❖ Holthausen, D. M., (1979), « Hedging and Competitive Firm Under Price Uncertainty. », *American Economic Review*, 1979, vol. 69, 5: 989-995.
- ❖ Kamdem, D., (1990), « Marché à terme de marchandises et réduction du risque du producteur dans le cadre d'un modèle à deux séquences. », *In Economie Appliquée*, 1990, vol. 13: 165-178.
- ❖ Lapan, H., G. Moschini et S. D. Hanson, (1991), « Production, Hedging, and Speculative Decision With Options and Futures Markets. », *American Journal of Agricultural Economics*, February 1991, 66-74.
- ❖ Marschak, T. et R. Nelson, (1962), « Flexibility, uncertainty and Economic Theory. », *Metroeconomica*, 1962, vol. 14: 42-58.
- ❖ McCall, J. J., (1967), « Competitive Production for Constant Risk Utility Functions. », *Review Economic Studies*, October 1967, vol. 34: 417-420.
- ❖ Modigliani, F. et M.H. Miller, (1958), « The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment. », *The American Economic Review*, June 1958, vol. 48, no, 3 : 453-488.
- ❖ Moschini, G. et H. Lapan, (1992), « Hedging Price Risk With Options and Futures for the Competitive Firm With Production Flexibility. », *International Economic Review*, August 1992, vol. 33, 3: 607-618.
- ❖ Oi, W. Y., (1961), « The Desirability of Price Instability Under Perfect Competition. », *Econometrica*, January 1961, vol. 29, 1: 58-64.

- ❖ Petersen, M. A. et Thiagarajan, (2000), « Risk Measurement and Hedging: With and Without Derivatives. », *Financial Management*, August (2000).
- ❖ Sandmo, A., (1971), « On the Theory of the Competitive Firm Under Uncertainty. », *American Economic Review*, March 1971, vol. 61: 65-73.
- ❖ Stigler, G. S., (1939), « Production and Distribution in the Short Run. », *Journal of Political Economy*, June 1939, vol. 47: 305-327.
- ❖ Stulz, R., (1984), « Optimal Hedging Policies. », *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 19, no. 2: 127-139.
- ❖ Stulz, R., (1996), « Rethinking Risk Management. », *Journal of Applied Corporate Finance* 9, 3: 8-24.
- ❖ Smith, C. W. et R. M. Stulz, (1985), « The determinant of Firm's Hedging Policies. », *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, December 1985, Vol.20, no. 4: 391-405.
- ❖ Tisdell, C., (1963), « Uncertainty, Instability, Expected Profit. », *Econometrica*, January-April 1963, vol. 31, 1-2: 243-248.
- ❖ Tufano, P., (1996), « Who Manages Risk? An Empirical Examination of Risk Management Practices in the Gold Mining Industry. », *Journal of Finance*, September 1996, 1, 097-1 137.
- ❖ Tufano, P., (1998), « Agency Cost of Corporate Risk Management. », *Financial Management*, Spring 1998, vol. 27, no.1: 67-77.

- ❖ Turnovsky, S. J., (1973), « Production Flexibility, Price Uncertainty and The Behavior of The Competitive Firm. », *International Economic Review*, June 1973, vol. 14, 2: 395-413.