

2M11.2697.1

ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES  
AFFILIÉE À L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

Modélisation de la stratégie optimale à adopter par deux concurrents  
en période de guerre de prix

par  
Brigitte Corriveau

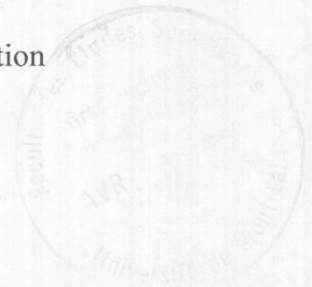
Sciences de la gestion

Mémoire présenté en vue de l'obtention  
du grade de maître ès sciences  
(M.Sc.)

Novembre 1998

© Brigitte Corriveau, 1998

m/1998  
No 93



*Le présent document a été rédigé pour satisfaire aux exigences  
du programme de maîtrise et le contenu n'engage que son  
auteur. Les membres du jury n'endossent pas  
nécessairement l'approche et les  
résultats obtenus.*



## REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier mon directeur, Georges Zaccour, pour sa disponibilité et sa patience légendaire. Il a su m'initier à la théorie des jeux et à ses applications de façon agréable et convaincue. Par dessus tout, il a contribué grandement au développement de ma rigueur. Je remercie également mes deux lecteurs, M. Vencatachellum et M. Gagné, d'avoir accepté de prendre le temps nécessaire à l'évaluation de ce mémoire.

Je remercie particulièrement deux membres de ma famille, Lorraine et Sophie, qui ont accepté de contribuer à la réalisation de ce travail par de judicieux conseils grammaticaux. Elles m'ont par ailleurs encouragé depuis la toute première allusion de mon désir de poursuivre des études de deuxième cycle.

Ces remerciements ne sauraient être complets sans mentionner l'encouragement et la confiance que m'ont prodigué Martin, Laurent et André.

## SOMMAIRE

Souvent controversés pour le pouvoir qu'ils détiennent sur les consommateurs, les oligopoles occupent une attention particulière au sein des gouvernements et de la presse populaire. Pour éviter la réglementation, les oligopoles utilisent parfois l'avènement des guerres de prix comme indicateur d'une saine concurrence. Effectivement, les prix fixés par une industrie en guerre reflètent bien plus une concurrence "normale" que les prix collusifs observés en période de stabilité. Les consommateurs font figures de gagnants à l'occasion des guerres de prix, par comparaison aux entreprises qui ne semblent pas en tirer beaucoup de bénéfices. Pour cette raison, plusieurs auteurs ont cherché à expliquer les raisons sous-jacentes aux déclenchements de guerres de prix par les entreprises.

Dans la littérature, il n'existe pas de raison unique pouvant expliquer ce phénomène. Une guerre peut être provoquée par:

- une baisse imprévue de la demande,
- une baisse irrévocable de la demande,
- des fluctuations cycliques de la demande,
- le désir d'une entreprise de renégocier les rentes obtenues par une collusion de type cartel ou de type tacite,
- le désir d'une entreprise de gagner, ou de ne pas perdre, des parts de marché.

Certains auteurs ont aussi décrit les types de stratégies utilisées par les entreprises en guerre. La stratégie dite discontinue consiste en une baisse de prix atteignant directement le niveau concurrentiel. La stratégie continue fait plutôt descendre les prix de façon proportionnelle à la diminution du compétiteur.

Ce mémoire se propose de modéliser une guerre de prix de façon à évaluer la stratégie optimale à adopter par un duopole selon la demande de chacun de ses membres. La stratégie optimale sera aussi comparée à la stratégie selon laquelle une entreprise ne fait qu'égaliser le prix de son compétiteur. Absente de la littérature, cette dernière stratégie fut observée durant la guerre de prix de l'essence qu'a connu le Québec au cours de l'été 1996.

D'abord analysé à l'aide des statiques comparatives, ce modèle, inspiré de la théorie des jeux, fait ensuite l'objet d'une simulation. Cette dernière fait d'abord varier de façon symétrique, puis asymétrique, les paramètres retenus dans l'équation de demande des entreprises du duopole.

Les résultats de la simulation indiquent que:

- la stratégie optimale correspond toujours à la stratégie discontinue;
- une guerre de prix jouée de façon optimale dure toujours quatre périodes;
- dans le cas où les entreprises possèdent une demande symétrique, l'instigateur de la guerre obtient toujours un profit actualisé supérieur à celui de son compétiteur, bien que ce profit soit inférieur à ce qu'il aurait dû être, n'eut été de la guerre.

**Ainsi, une entreprise qui a des raisons de croire que son compétiteur veut déclencher une guerre de prix a tout avantage à être la première à diminuer son prix.**

Lorsqu'une entreprise ne cherche pas à jouer de façon optimale en voulant plutôt égaliser le prix de l'instigateur de la guerre, la durée de la guerre tend vers l'infini, les prix joués tendent vers l'équilibre concurrentiel et les profits actualisés tendent vers zéro.



De plus,

- une entreprise dont la clientèle est moins sensible au prix que ne l'est la clientèle du compétiteur obtiendra un profit actualisé supérieur suite à une guerre de prix;
- un joueur dont les coûts variables sont plus élevés que son compétiteur augmentera son profit actualisé en déclenchant une guerre de prix.
- lorsque les deux joueurs ne possèdent pas une clientèle également sensible au prix du compétiteur, une guerre de prix permettra à son instigateur d'obtenir un profit actualisé supérieur à ce qu'il aurait récolté en période de collusion. De plus, son compétiteur souffrira d'une perte de profit telle qu'il devra potentiellement sortir du jeu.

**Le modèle permet donc un ajout à la littérature s'intéressant aux causes des guerres de prix. Il démontre qu'un joueur dont les paramètres des variables de sensibilité sont inférieurs ou dont le coût variable est supérieur au compétiteur sera avantagé par la guerre. Une telle situation est possible suite à une variation des fonctions de demande.**



## TABLE DES MATIÈRES

|   |    |
|---|----|
| SOMMAIRE  | I  |
| INTRODUCTION  | 1  |
| CHAPITRE 1 - DÉFINITION DES TERMES  | 4  |
| 1.1. La théorie des jeux  | 4  |
| 1.2. Les jeux non-coopératifs   | 5  |
| 1.2.1. Le dilemme du prisonnier   | 5  |
| 1.2.2. L'équilibre de Nash  | 6  |
| 1.2.3. L'équilibre parfait du sous-jeu  | 7  |
| 1.3. La solution aux jeux non-coopératifs                                     | 7  |
| 1.3.1. Le modèle de Cournot   | 7  |
| 1.3.2. Le modèle de Bertrand  | 9  |
| 1.4. La solution des jeux coopératifs   | 9  |
| 1.5. Les jeux répétés   | 10 |
| CHAPITRE 2 - REVUE DE LA LITTÉRATURE  | 12 |
| 2.1. La collusion tacite  | 13 |
| 2.2. La modélisation des guerres de prix en présence de coûts de surveillance | 14 |
| 2.2.1. Les aléas de la demande  | 15 |
| 2.2.2. Les études portant sur le JEC  | 17 |
| 2.2.3. L'épisode de guerre de prix comme équilibre du sous-jeu                | 18 |
| 2.2.4. Changement dans les parts de marché                                    | 19 |
| 2.2.5. Le prolongement du modèle de Green & Porter                            | 21 |
| 2.3. L'utilisation des stratégies de punitions continues                      | 26 |
| 2.4. La modélisation des guerres de prix en présence d'informations parfaites | 27 |
| 2.4.1. Les guerres de prix suivant une baisse de la demande                   | 28 |
| 2.4.2. Les guerres de prix suite à une hausse de la demande                   | 30 |
| 2.4.3. Comparaison des modèles de Green & Porter et de Rotemberg & Saloner    | 31 |

|  |     |
|--|-----|
|  | V   |
| 2.5. Les guerres de prix ... au-delà des superjeux                             | 36  |
| CHAPITRE 3 - LE MODÈLE   | 46  |
| 3.1. Objectif de l'étude   | 46  |
| 3.2. Bref rappel: la guerre des prix de l'essence                              | 47  |
| 3.3. Description du jeu  | 49  |
| 3.4. Le modèle   | 50  |
| 3.5. Les stratégies  | 53  |
| 3.6. Statiques Comparatives  | 56  |
| 3.6.1. Variation de la fonction de réaction d'un joueur                        | 57  |
| 3.6.2. Variations des paramètres du joueur i                                   | 58  |
| 3.6.3. Variations des paramètres du joueur j                                   | 60  |
| CHAPITRE 4 - LA SIMULATION   | 63  |
| 4.1. Les variations symétriques  | 65  |
| 4.1.1. Les variations dans la clientèle de base                                | 65  |
| 4.1.2. Les variations de la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur    | 68  |
| 4.1.3. Les variations de la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur | 72  |
| 4.1.4. Les variations du taux d'intérêt  | 75  |
| 4.1.5. Les variations du coût variable   | 78  |
| 4.1.6. Lorsqu'un joueur égalise le prix du défecteur                           | 81  |
| 4.2. Les variations asymétriques   | 82  |
| 4.2.1. Les variations dans la clientèle de base                                | 83  |
| 4.2.2. Les variations de la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur    | 85  |
| 4.2.3. Les variations de la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur | 88  |
| 4.2.4. Les variations du taux d'intérêt  | 90  |
| 4.2.5. Les variations du coût variable   | 92  |
| CHAPITRE 5 - COMMENTAIRES DE LA FIN  | 101 |
| 5.1. Limites de l'étude  | 101 |
| 5.1.2. Validité interne  | 101 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
|                                 | VI  |
| 5.1.3. Validité externe _____   | 102 |
| 5.2. Apport de l'étude _____    | 103 |
| 5.3. Avenues de recherche _____ | 104 |
| 5.4. Conclusion _____           | 104 |
| BIBLIOGRAPHIE _____             | 107 |

## FIGURE

|  |   |
|--|---|
| Figure 1: Le dilemme du prisonnier _____ | 6 |
|--|---|

## LISTE DES TABLEAUX

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1: Synthèse des modèles théoriques de guerres de prix _____                            | 42 |
| Tableau 2: Synthèse des études empiriques portant sur les guerres de prix _____                | 44 |
| Tableau 3: Simulation de variations dans la clientèle de base ( $\alpha=1\ 050$ ) _____        | 66 |
| Tableau 4: Simulation de variations dans la clientèle de base ( $\alpha=1\ 110$ ) _____        | 67 |
| Tableau 5: Simulation de variations dans la clientèle de base ( $\alpha=1\ 150$ ) _____        | 67 |
| Tableau 6: Simulation de variations dans la clientèle de base ( $\alpha=1\ 200$ ) _____        | 67 |
| Tableau 7: Simulation de variations dans la clientèle de base ( $\alpha=1\ 250$ ) _____        | 68 |
| Tableau 8: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle ( $\beta=112$ ) _____  | 70 |
| Tableau 9: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle ( $\beta=114$ ) _____  | 70 |
| Tableau 10: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle ( $\beta=116$ ) _____ | 70 |
| Tableau 11: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle ( $\beta=118$ ) _____ | 71 |
| Tableau 12: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle ( $\beta=120$ ) _____ | 71 |
| Tableau 13: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle ( $\phi=108$ ) _____  | 73 |
| Tableau 14: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle ( $\phi=109$ ) _____  | 73 |
| Tableau 15: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle ( $\phi=110$ ) _____  | 74 |
| Tableau 16: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle ( $\phi=111$ ) _____  | 74 |
| Tableau 17: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle ( $\phi=112$ ) _____  | 75 |



|  |     |
|--|-----|
| Tableau 18: Simulation de variations dans le taux d'intérêt                | 77  |
| Tableau 19: Profits actualisés suite à la variation dans le taux d'intérêt | 77  |
| Tableau 20: Simulation de variations dans les coûts variables ( $\xi=12$ ) | 79  |
| Tableau 21: Simulation de variations dans les coûts variables ( $\xi=17$ ) | 79  |
| Tableau 22: Simulation de variations dans les coûts variables ( $\xi=22$ ) | 80  |
| Tableau 23: Simulation de variations dans les coûts variables ( $\xi=27$ ) | 80  |
| Tableau 24: Simulation de variations dans les coûts variables ( $\xi=32$ ) | 80  |
| Tableau 25: Synthèse des simulations (variations symétriques)              | 99  |
| Tableau 26: Synthèse des simulations (variations asymétriques)             | 100 |

## LISTE DES GRAPHIQUES

|  |    |
|--|----|
| Graphique 1: Profit total actualisé selon la clientèle de base ( $\alpha$ )          | 65 |
| Graphique 2: Profit total actualisé selon la sensibilité de la clientèle ( $\beta$ ) | 69 |
| Graphique 3: Profit total actualisé selon la sensibilité de la clientèle ( $\phi$ )  | 72 |
| Graphique 4: Profit total actualisé selon le taux d'intérêt ( $\rho$ )               | 76 |
| Graphique 5: Profit total actualisé selon le coût variable ( $\xi$ )                 | 78 |
| Graphique 6: Le joueur i égalise le prix du joueur j                                 | 82 |
| Graphique 7: La clientèle de base du joueur i est plus élevée que celle du joueur j  | 84 |
| Graphique 8: La clientèle de base du joueur j est plus élevée que celle du joueur i  | 85 |
| Graphique 9: La sensibilité au prix de la clientèle du joueur i est plus élevée      | 86 |
| Graphique 10: La sensibilité au prix de la clientèle du joueur i est moins élevée    | 87 |
| Graphique 11: La clientèle du joueur i est plus sensible au prix du joueur j         | 89 |
| Graphique 12: La clientèle du joueur i est moins sensible au prix du joueur j        | 90 |
| Graphique 13: Le taux d'intérêt du joueur i est plus élevé                           | 91 |
| Graphique 14: Le taux d'intérêt du joueur i est moins élevé                          | 92 |
| Graphique 15: Le coût variable du joueur i est plus élevé                            | 93 |
| Graphique 16: Le coût variable du joueur i est moins élevé                           | 94 |



## INTRODUCTION

Il est de ces guerres de prix qui ont été mémorables au Québec. On peut penser, entre autres, à la guerre opposant les supermarchés au début des années 1990. Plus récemment, du 18 juin au 9 juillet 1996, les prix de détail de l'essence ordinaire ont baissés à 29,9 cents le litre alors qu'au cours de cette même année, la moyenne fut de 60,6 cents le litre, à Montréal, dans les stations libre-service. Durant cette période, les pertes de revenus d'Ultramar, accusée d'être l'instigatrice de cette guerre, ont été chiffrées, par certains journalistes, entre 17 et 18,7 millions de dollars.

Rapidement, les détaillants indépendants ont exercé des pressions sur le gouvernement québécois afin que ce dernier empêche la répétition de telles guerres car, selon eux, les entreprises majeures cherchent à éliminer les détaillants indépendants du marché afin de récolter éventuellement des profits de monopole.

De leur côté, les entreprises majeures, représentées par l'Institut Canadien des Produits Pétroliers, ont lancé une campagne d'information auprès du grand public concernant le prix de l'essence. Elles visent ainsi à promouvoir la libre concurrence qui, selon elles, permet d'offrir de meilleurs prix et services.

Selon la théorie des jeux, il est possible pour un oligopole de soutenir une collusion tacite entre les membres de son industrie. Les entreprises peuvent ainsi obtenir un profit qui se situe entre celui d'une situation de concurrence pure et parfaite et celui d'une situation de monopole.

Friedman (1971) a démontré qu'il existe un équilibre parfait du sous-jeu dans lequel une menace de déclencher une guerre de prix suffit à contenir la défection des

joueurs. Puisqu'aucune guerre de prix n'est prévisible avec le modèle de Friedman (1971), plusieurs auteurs ont ensuite cherché à l'étoffer.

Green & Porter (1984), Porter (1983a), Abreu, Pearce et Stacchetti (1986) et Slade (1988) ont développé des modèles qui expliquent les guerres de prix par une baisse imprévue de la demande. D'un autre côté, Rotemberg & Saloner (1986) appuient plutôt leur modèle sur des variations saisonnières de la demande. Ces modèles furent testés par Porter (1983b; 1985), Levenstein (1997), Ellison (1994) et Domowitz, Hubbard & Peterson (1987).

Les premiers modèles théoriques de guerres de prix utilisaient des stratégies discontinues. Au déclenchement d'une période réversive, le prix atteignait directement l'équilibre de Cournot. Kalai & Stanford (1986) furent les premiers à décrire des situations de jeux dans laquelle les entreprises utilisent des stratégies continues. Dans ce genre de modèle, la diminution de prix du joueur est proportionnelle à la diminution de prix préalable de son compétiteur. Ils furent ensuite suivi par Slade (1988). Cette dernière tenta par la suite, en observant une guerre de prix en 1983, de discriminer entre l'utilisation de stratégies continues et discontinues.

Dans un autre ordre d'idée, Maskin & Tirole (1988) modélisèrent les guerres de prix comme étant une façon de gagner des parts de marché. Ce modèle fut ensuite utilisé empiriquement par Castanias & Johnson (1993).

L'objectif de ce mémoire est de modéliser les stratégies optimales d'un duopole produisant un bien et où les joueurs ont des coûts asymétriques. La plupart des auteurs s'étant auparavant intéressés aux motifs de déclenchement des guerres, la modélisation des stratégies apportera un éclaircissement supplémentaire à la compréhension des guerres de prix.

Les non-initiés à la théorie des jeux bénéficieront, dans un premier temps, d'un chapitre dédié à l'explication des concepts utilisés tout au long du mémoire. Par la suite, la revue de la littérature présentera les différentes raisons pouvant expliquer le phénomène des guerres de prix. Suivront ensuite la présentation du modèle, la simulation d'une guerre de prix, première ébauche dans l'évaluation de la robustesse du modèle, et le commentaire de la fin.



## CHAPITRE 1

### DÉFINITION DES TERMES

#### 1.1. *La théorie des jeux*

Pour la première fois cet après-midi, Robert joue aux échecs. Une fois que son grand-père, Fernand, lui ait bien expliqué les déplacements permis pour chacune des pièces, la partie commence. Ayant en tête un plan de jeu prédéfini, Robert dirige lentement une de ses pièces vers le Roi de Fernand. Alors que Robert croyait avoir atteint son but, Fernand mange sa pièce et le rend échec et mat. Robert a ainsi appris que pour gagner une partie d'échec, il devait tenir compte en tout temps des actions de son adversaire. C'est exactement ce en quoi consiste la théorie des jeux. Elle s'intéresse à la façon, pour un joueur, de prendre des décisions, sachant que ses actions ont des implications pour tous les autres joueurs et que chaque joueur prend en considération ces conséquences lors de sa prise de décision.

Les premiers modèles de jeux, portant sur les décisions de prix et de production dans des industries oligopolistiques, furent développés par Cournot (1838), Bertrand (1883) et Edgeworth (1925). Il fallut toutefois attendre John Von Neumann et Oskar Morgenstern (1944), pour que soit lancée l'idée générale de la théorie des jeux et de ses applications économiques.

Le jeu se définit par la description de ses joueurs, les séquences du jeu, l'information détenue par chacun des joueurs, les actions possibles et leurs résultats, ainsi que l'effet de chaque résultat, qu'on appelle ici utilité et qui, souvent, correspond au profit.



Au cours de ce chapitre, les concepts nécessaires à la compréhension de la revue de la littérature seront expliqués. Nous verrons donc brièvement les concepts de jeux non-coopératifs et coopératifs ainsi que leurs solutions. L'équilibre de Nash (1950), les modèles de Bertrand et de Cournot seront aussi rapidement développés, tout comme le prolongement d'un jeu pour une période infinie.

## *1.2. Les jeux non-coopératifs*

Un jeu est dit non-coopératif s'il est impossible de former une entente entre les joueurs. L'exemple classique de ce type de jeu est le dilemme du prisonnier, décrit ci après. Il a servi de base de développement dans diverses applications de la théorie des jeux. Le dilemme du prisonnier aidera, par ailleurs, le lecteur à comprendre les concepts d'équilibre de Nash et d'équilibre parfait du sous-jeu.

### 1.2.1. Le dilemme du prisonnier

Deux individus, soupçonnés d'avoir commis un crime, sont en état d'arrestation. Les policiers, manquant de preuve pour les incriminer, doivent en arriver à ce qu'ils témoignent l'un contre l'autre. Ils incarcèrent d'abord les suspects dans des cellules différentes afin d'éviter qu'ils communiquent entre-eux. Ensuite, les policiers expliquent aux suspects les différents choix qui s'offrent à eux.

Si un des suspects témoigne contre l'autre, il sera libéré et recevra une récompense. Si aucun des deux suspects ne témoigne, ils seront tous deux relâchés sans toutefois obtenir de récompenses. Si les deux suspects témoignent, ils seront tous deux incarcérés en recevant, toutefois, une récompense.

Les utilités suivantes s'offrent donc aux comparses:

**Figure 1: Le dilemme du prisonnier**

| Fernand |   | C    | D    |
|---------|---|------|------|
| Robert  | C | 1,1  | -1,2 |
|         | D | 2,-1 | 0,0  |

Si les deux suspects coopèrent (C), c'est-à-dire s'ils gardent tous deux le silence, ils seront libérés (utilité = 1). Si, par contre, ils défectent (D), en d'autres termes, si les deux suspects témoignent, ils seront emprisonnés mais obtiendront une récompense (utilité =  $-1 + 1 = 0$ ). Enfin, si l'un des deux témoigne tandis que son comparse garde le silence, en plus d'être libéré, il sera récompensé (utilité =  $1 + 1 = 2$ ). Le second individu sera toutefois emprisonné (utilité = -1).

La théorie des jeux prédit qu'afin d'assurer leur propre intérêt, les deux suspects témoigneront l'un contre l'autre bien qu'en ayant coopéré, ils auraient tous deux obtenus une utilité supérieure. En effet, leur témoignage constitue un équilibre de Nash.

#### 1.2.2. L'équilibre de Nash

L'équilibre de Nash est utilisé pour solutionner un jeu. Il permet de prédire le comportement des joueurs. Il contient une stratégie par joueur telle que chaque stratégie est optimale si les autres joueurs utilisent leur stratégie d'équilibre.

Par exemple, dans le dilemme du prisonnier à la figure 1, Robert doit choisir la stratégie à adopter. S'il croit que Fernand coopérera, il est optimal pour lui de défecter. Par ailleurs, s'il croit que Fernand défectera, il est, une fois de plus, optimal pour lui de défecter. Le même raisonnement s'applique à Fernand. La défection constitue donc un équilibre de Nash.

### 1.2.3. L'équilibre parfait du sous-jeu

Un sous-jeu est essentiellement un petit jeu que l'on trouve à l'intérieur d'un grand jeu. Lorsque les joueurs débute un sous-jeu, ils y jouent jusqu'à la fin du jeu. De plus, tous les joueurs savent qu'ils jouent un sous-jeu. Un profil stratégique est un équilibre parfait du sous-jeu lorsqu'il correspond à l'équilibre de Nash pour chacun des sous-jeux du grand jeu.

## 1.3. *La solution aux jeux non-coopératifs*

Dans le cadre de ce mémoire, les concepts de la théorie des jeux auxquels nous nous intéressons concernent les décisions stratégiques que doivent prendre les entreprises afin de maximiser leurs profits. Plus précisément, les modèles de Cournot et de Bertrand fournissent des solutions utiles à la prise de décision concernant les quantités à vendre et la fixation des prix.

### 1.3.1. Le modèle de Cournot

Dans le modèle de Cournot, les produits sont homogènes. Les entreprises d'un duopole choisissent de façon simultanée la quantité à produire, en émettant l'hypothèse que leurs concurrents fabriqueront la même quantité que la période précédente. Les prix s'ajustent selon l'offre totale de sorte que toutes les entreprises



obtiennent le même prix pour leur produit. Le prix n'est donc pas une variable stratégique, il résulte des décisions de quantités produites par les deux joueurs.

Dénotons par:

P: le prix;

$Q_i$ : la quantité produite par le joueur,  $i = A, B$

$\alpha$ : la constante.

CT: le coût total;

$\xi$ : le coût variable;

F: le coût fixe;

$\pi_i$ : Profit du joueur  $i$

En supposant que la loi de demande est linéaire:

$$(1) P = \alpha - (Q_A + Q_B) \quad \alpha, Q_A, Q_B, \text{ et } P > 0$$

$$(2) CT_i = \xi Q_i + F \quad \xi, Q_i \text{ et } F > 0$$

$$(3) \pi_i(Q_A, Q_B) = (\alpha - (Q_A + Q_B)) * Q_i - (\xi Q_i + F)$$

En dérivant le profit par  $Q_i$  et en égalant la dérivée à zéro, on trouve que:

$$(4) Q_i = \alpha - \xi$$

En remplaçant l'équation (4) dans l'équation (1), puis en utilisant l'équation (5) et (4) dans l'équation (3), il en résulte que:

$$(5) P = 2\xi - \alpha$$

$$(6) \pi_i(Q_A, Q_B) = 2\xi\alpha - \xi^2 - \alpha^2 - F$$



### 1.3.2. Le modèle de Bertrand

Dans le modèle de Bertrand, les produits sont aussi homogènes. Cependant, le prix devient la variable stratégique. Les entreprises d'un duopole choisissent de façon simultanée le prix auquel vendre en émettant l'hypothèse que leurs concurrents vendront au même prix qu'à la période précédente. À chaque période, une entreprise diminuera légèrement son prix par rapport au concurrent de façon à capturer tout le marché. Cette baisse de prix séquentielle s'arrêtera à l'instant où les deux entreprises atteindront l'équilibre de Bertrand, soit lorsque le prix sera égal au coût marginal.

$$(7) P = \xi$$

$$(8) Q = \xi/\beta$$

$$(9) \pi = -F$$

### 1.4. **La solution des jeux coopératifs**

Lorsqu'il est possible que des entreprises coopèrent en formant, par exemple, un cartel, les profits sont alors Pareto optimal. Une solution est dite paretienne si aucun joueur ne peut augmenter son profit sans que soit diminué celui des autres joueurs.

$$(10) Q_A + Q_B = Q_T$$

$$(11) P = \alpha - Q_T$$

$$(12) C = \xi Q_T + F$$

$$(13) \pi_T = (\alpha - Q_T) Q_T - (\xi Q_T + F)$$

En dérivant le profit par  $Q_T$  et en égalant la dérivée à zéro, on trouve que:

$$(14) Q_T = (\alpha - \xi) / 2$$

Les entreprises A et B produiront chacune  $(\alpha - \xi) / 4$

$$(15) P = (\alpha + \xi) / 2$$

$$(16) \pi = (\alpha^2 + \xi^2 - 2\alpha\xi - 4F) / 4$$

En supposant qu'elles les divisent en parts égales, les entreprises A et B auront chacune des profits de  $(\alpha^2 + \xi^2 - 2\alpha\xi - 4F) / 8$ , soient des profits supérieurs à ceux correspondant au modèle de Cournot et au modèle de Bertrand.

### 1.5. Les jeux répétés

Il existe une énorme différence entre les jeux que nous venons de décrire et la réalité des entreprises. En effet, de par leurs activités continues, les entreprises se retrouvent dans des situations d'interactions stratégiques avec leurs compétiteurs de façon répétée. Leurs décisions concernant, soit la quantité à produire, soit le prix auquel vendre, doivent donc prendre en considération l'effet qu'elles ont sur les compétiteurs pour les jeux à venir. Les joueurs chercheront à maximiser leurs profits à long terme, auxquels ils ajouteront un facteur d'actualisation afin d'évaluer la valeur actuelle de ce profit. Lorsque ce jeu se répète à l'infini, le jeu se nomme un superjeu.

Reprenons l'exemple du dilemme du prisonnier. Supposons que  $g_i(a^i)$  représente l'utilité des comparses et que  $\delta$  est le facteur d'actualisation et qu'il est  $> 1/2$ . L'utilité d'une séquence devient donc:

$$\frac{1-\delta}{1-\delta^{T+1}} \sum \delta^t g_i(a^i)$$

Si le jeu est exécuté à l'infini, il existe maintenant deux équilibres parfaits du sous-jeu. La première stratégie consiste à ce que les deux accusés défectent à chaque période. Dans la deuxième stratégie, les deux joueurs coopèrent durant la première période et continuent ainsi pour les périodes à venir. Si, toutefois, durant une période un des deux comparses défectent, l'autre défectera pour le reste du jeu.

Les effets de la répétition sur les jeux non-coopératifs sont discutés de façon extensive dans la revue de la littérature.



## CHAPITRE 2

### REVUE DE LA LITTÉRATURE

La présente revue de la littérature expliquera comment des oligopoles peuvent s'entendre pour augmenter leurs profits respectifs (Friedman, 1971). Par la suite, certains auteurs (Green & Porter, 1984; Porter, 1983a; Abreu, Pearce et Stachetti, 1986) ont développé des modèles théoriques de guerre de prix en présence de coûts de surveillance des autres membres de l'industrie. Des tests empiriques appliqués à ces modèles (Porter, 1983b; Porter, 1985; Levenstein, 1997) seront aussi présentés. Par ailleurs, une distinction sera effectuée entre les baisses de prix continues et discontinues (Kalai & Stanford, 1985; Slade, 1987). En outre, seront présentés les modèles théoriques développés en présence d'information complète (Slade, 1988; Rotemberg & Saloner, 1986). Une section présentera aussi des comparaisons empiriques effectuées entre les modèles à information parfaite et imparfaite (Domowitz, Hubbard & Peterson, 1987; Ellison, 1994). Finalement, nous verrons brièvement comment le modèle d'Edgeworth peut servir de base de compréhension des épisodes de guerres de prix (Maskin & Tirole, 1988; Castanias & Johnson, 1993).

Les modèles théoriques sont synthétisés au tableau 1 tandis que leurs tests empiriques apparaissent au tableau 2. Ces tableaux sont présentés à la fin de cette section.

### 2.1. *La collusion tacite*

Friedman (1971) démontra qu'il est possible pour un oligopole de converger vers une collusion tacite en autant que le facteur d'actualisation soit suffisamment près de un. Le modèle de Friedman s'applique aux oligopoles symétriques qui répètent à l'infini le même jeu et dans lequel la quantité est la variable de décision. La solution non-coopérative de Nash possède quelques caractéristiques de l'équilibre coopératif.

Les entreprises, insatisfaites du niveau de production de Cournot qui n'est pas Pareto optimal, cherchent à améliorer leurs profits à long terme. La formation de cartel étant illégale en Amérique du Nord, elles converseront en codes afin d'atteindre un équilibre au-delà de celui prédit par le jeu unique associé. En d'autres termes, une entreprise, en vendant son produit à un prix plus élevé que celui prédit par l'équilibre de Cournot, indiquera à ses compétiteurs son désir de converger vers une stratégie de collusion tacite. Sachant qu'ils réussiront ainsi à augmenter leurs profits, les compétiteurs emboîteront le pas. En cas de défection d'un des joueurs, les entreprises retourneront à l'équilibre de Cournot pour toutes les autres périodes du jeu.

Pour les entreprises, le choix entre l'utilisation de la stratégie de Cournot ou de coopération dépend essentiellement du facteur d'actualisation. Plus ce dernier est bas, plus les entreprises favoriseront l'équilibre non-coopératif du jeu unique associé. En effet, si le gain obtenu durant la première période de coopération est moindre que la perte actualisée en étant en équilibre de Cournot pour toutes les périodes à venir, la stratégie de Cournot sera dominante. Le taux d'actualisation devra donc se situer entre ce point d'indifférence et un.

Il est donc possible que des firmes, intéressées à obtenir le maximum de profits, puissent modifier leurs comportements de façon à ce que toutes les entreprises du secteur gagnent un profit qui soit Pareto optimal. La tentation de surproduire

sachant que les compétiteurs produiront la quantité réduite de collusion s'évanouit par le désir de maximiser le profit à long terme. Selon le modèle de Friedman, le retour à une production de Cournot dans une industrie correspond donc à un échec de la collusion.

## 2.2 *La modélisation des guerres de prix en présence de coûts de surveillance des compétiteurs*

Puisqu'en réalité des guerres de prix surviennent de façon sporadique dans certaines industries, Green & Porter (1984) ont développé un modèle dans lequel les aléas de la demande expliquent les épisodes de réversion à la production de Cournot. Porter (1983a) détermina ensuite les propriétés optimales de ce modèle théorique. Puis, en utilisant les données du *Joint Executive Committee* (JEC), un cartel de chemin de fer formé à la fin du siècle dernier, Porter (1983b) valida l'hypothèse du modèle de Green & Porter (1984) voulant que les guerres de prix représentent un équilibre parfait du sous-jeu nécessaire au maintien de la collusion. Subséquemment, Porter (1985) soumit les données du JEC à un test visant à vérifier si les guerres de prix se produisaient bien à la suite d'une déviation des parts de marché des membres par rapport à l'entente signée par le cartel. Les résultats se sont avérés significatifs.

Le modèle de Green & Porter fut prolongé par Abreu, Pearce et Stachetti (1986) qui établirent une structure markovienne entre les périodes de coopération et de non-coopération. Les tests empiriques effectués par Levenstein (1997) dans l'industrie du bromure de potassium n'ont pas rejeté l'existence d'un tel processus.



### 2.2.1. Les aléas de la demande

En introduisant la notion d'incertitude dans leur modèle de guerres de prix, Green & Porter (1984) ont montré que les structures incitatives optimales nécessaires au maintien de la coopération incluent le recours à des épisodes de guerres de prix.

Leur modèle décrit une industrie oligopolistique en maturité. Fabriquant des produits homogènes, la quantité est la seule variable de décision des entreprises. Le prix obtenu est le même pour tous. Bien que l'information sur les coûts soit connue, le niveau de demande à chaque période ainsi que la production des compétiteurs demeurent inconnus.

L'incertitude concernant les quantités produites par les rivaux entraîne des problèmes de surveillance au sein du "cartel". En effet, la seule variable observable est le prix. Toutefois, la distribution de cette variable ne dépend pas que des quantités produites par les autres entreprises. Elle est aussi fonction du hasard. Afin d'assurer la coopération, les entreprises s'entendent sur un "prix de déclenchement" qui servira de base de comparaison. À chaque début de période, une entreprise doit choisir la quantité à produire. Lorsque le prix du marché est en-deça du prix de déclenchement, l'entreprise produira la quantité prévue par l'équilibre de Cournot pour une période de temps prédéterminée.

Contrairement au modèle de Friedman (1971), les entreprises décrites par Green & Porter (1984) ne conversent pas en codes. Elles s'entendent plutôt de façon explicite sur le prix de déclenchement et la durée de la punition de façon à déterminer les meilleurs incitatifs à la collusion. Grâce aux paramètres optimaux choisis, aucune entreprise rationnelle ne cherchera à tricher puisqu'une hausse de production augmente la probabilité d'une guerre de prix, laquelle éliminerait les gains supplémentaires obtenus par la défection.

Les guerres de prix s'expliquent par des aléas de la demande. Bien que les entreprises sachent qu'il ne s'agit pas d'une surproduction par un compétiteur, il est rationnel qu'elles participent à l'épisode de guerre de prix puisque cette dernière correspond à un équilibre parfait du sous-jeu nécessaire à la crédibilité de l'entente du cartel.

À l'opposé de Friedman (1971), la seule menace de déclencher une guerre de prix est insuffisante. Pour que cette menace soit crédible, le modèle prédit qu'il y aura, de temps à autre, un retour à l'équilibre de Cournot. Ce qui ressemble à un démantèlement du cartel, suivi de sa reconstruction, n'est en réalité qu'un équilibre non-coopératif d'un jeu répété dans lequel les entreprises ont été aux prises avec une faible demande.

Porter (1983a) s'applique ensuite à déterminer les propriétés optimales du modèle de Green & Porter. Ainsi, sous la contrainte d'éliminer les incitatifs à la déviation, il détermine les valeurs du prix de déclenchement et du nombre de périodes de punition qui maximisent le profit actualisé des membres d'un cartel. Selon ces différentes valeurs, il existe un domaine de vecteurs de quantités qui respectent l'équilibre et qui est fonction du facteur d'actualisation, de la distribution des aléas de la demande et du nombre de firmes. Porter privilégie l'équilibre coopératif qui procurera le meilleur incitatif à la coopération tout en se restreignant aux stratégies de déclenchement simples.

La quantité optimale de coopération dans un superjeu sera plus élevée que la quantité qui maximiserait les profits dans un jeu à une période. En effet, plus les profits seront élevés durant la période coopérative, plus le bénéfice marginal associé à la surproduction secrète sera élevé. Les pertes espérées doivent donc être augmentées en diminuant la déviation de prix nécessaire pour déclencher une guerre de prix ou en augmentant la longueur des épisodes de guerre de prix. Le facteur d'actualisation approprié dépend à la fois du prix de déclenchement et du nombre de périodes de punition.

De plus, les quantités optimales sont une fonction nondécroissante du nombre d'entreprises. En d'autres termes, au fur et à mesure que le nombre d'entreprises membres du cartel augmente, le prix de coopération se rapproche du prix compétitif. En effet, une augmentation du nombre d'entreprises est une invitation à adopter un comportement resquilleur sur les gains obtenus par la coopération. Ainsi, la fréquence espérée des périodes de guerres de prix augmentera. La pénalité provoquée par la tricherie doit donc augmenter avec le nombre d'entreprises.

Il en va de même pour les aléas de la demande. Lorsque le degré d'incertitude de la demande augmente, le prix de coopération se confond avec le prix compétitif.

#### 2.2.2. Les études portant sur le JEC

Plusieurs auteurs ont cherché à valider empiriquement le modèle de Green & Porter en utilisant les données du *Joint Executive Committe* (JEC).

Ce cartel du chemin de fer opérait entre Chicago et la côte est américaine entre les années 1879 et 1886. Il précéda le Sherman Act de 1890 qui interdit depuis la formation de cartels aux États-Unis. Les trains transportaient des denrées périssables principalement destinées au marché d'exportation.

L'entente du cartel portait sur les parts de marché. Chacun établissait ses prix en fonction de la demande, qui variait d'une semaine à l'autre, tout en respectant les parts allouées à chacune des entreprises.

Le comité compilait de façon hebdomadaire les quantités transportées et les prix fixés par chaque entreprise. De plus, lorsque de nouveaux acteurs s'intégraient à l'industrie, le comité leur allouait des parts de marché de façon à conserver le fonctionnement du cartel.



Le JEC avait pour principal compétiteur les transporteurs maritimes qui ne représentaient une alternative au transport ferroviaire que durant une certaine période de l'année.

Les données du JEC peuvent être utilisées dans le but de vérifier principalement trois prédictions du modèle de Green & Porter. D'abord, tout cartel vivra un épisode de guerre de prix. Ensuite, les guerres de prix se produisent lorsque les parts de marché diffèrent de l'entente prévue par le cartel. Finalement, les entreprises ne trichant pas, les guerres de prix ont été causées par les aléas de la demande.

### 2.2.3. L'épisode de guerre de prix comme équilibre du sous-jeu

Dans un effort de valider la première prédiction du modèle de Green & Porter (1984), nommément l'observation d'épisodes de guerres de prix dans un cartel, Porter (1983b), en utilisant les données du JEC pour la période de 1880-1886, bâtit un modèle économétrique dans le but de tester si les prix observés reflètent bel et bien le passage d'un comportement collusif à un comportement non-coopératif.

Le modèle considère une fonction de coût asymétrique et un produit homogène. Son équation logarithmique de la demande,  $Q = f(p, L, U)$ , où  $L$  est une variable dichotomique représentant l'ouverture des grands lacs à la navigation et  $U$  les résidus  $\sim N(\mu_1=0, \sigma^2_1)$ , tient compte du fait que la réversion peut représenter soit l'équilibre de Cournot ou de Bertrand.

L'équation logarithmique de l'offre,  $P = f(Q, S, I, U)$  considère l'arrivée de nouvelles entreprises au sein du cartel par la variable dichotomique  $S$ . Selon le modèle théorique de Green & Porter, l'entrée de nouveaux transporteurs ne devrait pas être la cause des guerres de prix. La variable dichotomique  $I$  prend la valeur 1 si

l'industrie est en période de coopération. Les résidus  $U \sim N(\mu_2=0, \sigma_2^2)$  et  $\text{Cov}(\mu_{1t}, \mu_{2t}) = \sigma_{12}$ .

Les paramètres sont estimés d'abord par la méthode des moindres carrés en deux étapes, puis par la technique de régression simultanée de Kiefer. Dans les deux cas, les coefficients sont tous significativement différents de 0. Cependant, les  $R^2$  de la première méthode, 0,312 et 0,320 (pour les équations de demande et d'offre) deviennent, grâce à la deuxième méthode 0,307 et 0,863, représentant une différence majeure pour l'équation de l'offre.

Les tests permettent d'identifier le passage de périodes coopératives, durant lesquelles les entreprises se comportent selon les prédictions de Cournot, à des périodes non-coopératives, qui se situent plus près de l'équilibre de Bertrand. Ces épisodes durent approximativement 10 semaines et se produisent pendant les années 1881, 1884 et 1885. Durant les guerres, les prix étaient réduits d'environ 40%.

Les tests ne permettent cependant pas d'identifier les causes des épisodes de réversion. Cependant, les différentes guerres de prix du JEC ne semblent pas s'être produites seulement durant les périodes de faibles demandes. L'examen du modèle économétrique de Porter permet aussi de remarquer que la fréquence des périodes non-coopératives hausse avec l'augmentation du nombre d'entreprises membres du cartel.

#### 2.2.4. Les épisodes de guerre de prix suite à un changement dans les parts de marché

Cherchant par la suite à déterminer la cause des épisodes de guerres de prix et leur durée, Porter (1985) teste la deuxième prédiction du modèle de Green & Porter selon laquelle les guerres de prix se produisent lorsque les parts de marché diffèrent de l'entente prévue par le cartel.

Porter utilise quatre modèles de régression probit. Les deux premiers modèles identifient les variables influençant le début d'une guerre de prix, conditionnellement au fait que durant la période précédente, le comportement coopératif était observé. Les deux derniers modèles testent la durée des guerres de prix.

Dans le premier modèle,  $\hat{W} = f(L_{t-1}, Q_{t-1}, H_{t-1}, SSD_{t-1})$ , où  $\hat{W}$  classe la période comme étant collusive ou non-coopérative (selon *Railway Review*),  $L$  est une variable dichotomique représentant l'ouverture des grands lacs,  $H$  est l'index Herfindal des parts de marché allouées, et  $SSD$  est la somme des carrés des déviations des parts de marché actuelles par rapport aux parts de marché allouées. Il effectue ces régressions en tenant compte de deux périodes. La première période est en vigueur de la semaine 28 en 1880 à la semaine 10 en 1883. Durant cette période, quatre entreprises étaient membres du cartel. Il eut trois guerres de prix d'une durée moyenne de 14 semaines. La seconde période s'étend de la semaine 26 en 1883 à la semaine 11 en 1886. À ce moment, 5 entreprises étaient membres du cartel et il s'y produisit 7 guerres de prix d'une durée approximative de 11,6 semaines. Les régressions s'effectuent sur l'échantillon complet puis sur l'échantillon de la période 1 et de la période 2.

De ce premier modèle, seule la variable  $H$  est significative. La fréquence des guerres de prix augmente donc lorsque le nombre d'entreprises membres du cartel augmente. Selon le modèle de Green et Porter, il était prévisible que  $L$  soit non significatif puisque l'arrivée connue de nouveaux compétiteurs ne devrait pas causer de guerres de prix. Toutefois, la variable  $SSD$  étant non significative, il semble que les déviations dans les parts de marché n'influencent pas l'occurrence de guerres de prix. Cette dernière observation, pour le moins surprenante, se corrige dans le deuxième modèle de régression.

Dans le second modèle,  $I = f(L_{t-1}, Q_{t-1}, H_{t-1}, SSD_{t-1})$  où  $I$  classe la période comme étant collusive ou non-coopérative selon un précédent article de Lee et Porter (1984). Selon les résultats de ces deux auteurs, il eut, durant la première période, une



guerre de prix d'une durée de 37 semaines. La seconde période fut témoin de sept guerres de prix d'une durée moyenne de 8,1 semaines. Les régressions s'effectuent sur l'échantillon complet puis sur l'échantillon de la période 2. Cette fois, toutes les variables, sauf  $L$ , sont significativement différentes de 0, ce qui correspond bien au modèle théorique de Green et Porter.

Les troisième et quatrième modèles de régression testent la durée des guerres de prix en utilisant  $\hat{W} = f(\hat{W}, L, SSD)$  et  $I = f(L, H)$ , où  $\hat{W}$  est la durée prévue des guerres de prix en utilisant le *Railway Review*. Les régressions s'effectuent sur l'échantillon complet puis sur l'échantillon de la période 2. Selon ces modèles, il semble que les guerres de prix aient été plus longues lorsque les voies navigables des grands lacs étaient fermées. La durée des guerres semble aussi corrélée avec la probabilité de son avènement, soit avec la variable  $SSD$ . Cependant, elles étaient beaucoup plus courtes suite à l'arrivée du cinquième membre du cartel.

La troisième prédiction du modèle sera traitée à la section 2.4.3.

#### 2.2.5. Le prolongement du modèle de Green & Porter

En déterminant les propriétés optimales du modèle de Green & Porter (1984), Porter (1983a) imposa les restrictions suivantes:

1. L'ensemble critique des prix déclenchant  $T$  périodes de punition prend la forme  $[0, \tilde{p}]$ , nécessitant l'utilisation d'un test unilatéral.
2. Le prix de déclenchement à la période  $t$  est indépendant des prix précédant la période  $t-1$ .

3. La réversion à la production de Cournot est la seule punition utilisée. En d'autres termes, les entreprises ne peuvent augmenter leur production en quantités différentes ou pour une période de temps différente.
4. La quantité produite par une entreprise à la période  $t$  ne peut pas être une fonction des quantités qu'elle a produites précédemment.
5. Les punitions plus sévères que la réversion à la production de Cournot ne sont pas permises.

Abreu, Pearce et Stacchetti (1986) modifièrent le modèle de Green & Porter en remplaçant les niveaux de production continus par un ensemble discret pour chaque joueur de façon à éliminer les cinq restrictions imposées par Porter. La technique employée consiste à réduire le jeu répété en une structure statique de laquelle est extraite l'équilibre optimal.

Le modèle d'Abreu, Pearce et Stacchetti (ABS), tout en supportant les gains du modèle de Green & Porter, prédit que les entreprises d'une industrie suivront un processus de Markov qui passe d'une collusion maximale à une punition maximale, potentiellement plus sévère que la réversion à l'équilibre de Cournot. Dans chacun de ses deux états, les entreprises adopteront le même comportement.

Levenstein (1997) compare le modèle de Green & Porter au prolongement proposé par ABS en étudiant empiriquement les comportements du cartel du bromure de potassium.

Entre 1885 et 1914, l'industrie américaine du bromure de potassium signa trois différents accords de cartel, lesquels indiquaient les punitions à adopter en cas de défection d'un des membres. Ces dernières devaient être proportionnelles à la déviation observée. Ce cartel connut six guerres de prix.

Dans un premier temps, Levenstein (1997) utilise les données hebdomadaires de prix, publiées par *Oil, Paint and Drug Reporter*, dans le but d'en analyser les tendances.

Les prix étaient plus stables durant les périodes de coopération. En effet, durant ces périodes, les prix changeaient toutes les 41,1 semaines plutôt qu'au 11,5 semaines en période de non-coopération.

Par ailleurs, les prix moyens se sont avérés être plus élevés durant les périodes de coopération. Au terme du cartel, les prix ont baissé.

Dans un deuxième temps, Levenstein (1997) utilise à la fois les données internes de la *Dow Chemical Company*, les publications gouvernementales et de l'industrie afin d'évaluer le rôle des guerres dans la stabilité des cartels du bromure de potassium au tournant du siècle. Les publications fournissent des données annuelles sur les prix et les quantités de bromure de potassium transigées sur le marché alors que les livres de *Dow* permettent l'estimation des paramètres de coûts pour les différentes entreprises de l'industrie.

Suite à des discussions avec certains membres de l'industrie, Levenstein (1997) considère les coûts marginaux comme étant constants et les établit en fonction du prix du bromure, du prix du potassium et du prix de transformation. La demande du bromure de potassium est une fonction linéaire dans laquelle le prix dépend de la quantité vendue et du prix du potassium.

L'établissement des fonctions de coûts et de demande permet le calcul des prix auxquels se serait transigé le bromure de potassium selon que les firmes aient jouées Bertrand, Cournot ou la collusion parfaite.

Durant les périodes de coopération, le prix se situait entre celui prévu par Cournot et le prix de monopole.



Par ailleurs, une analyse de la corrélation entre les variables prix et coûts indique clairement (-0,042) que les variations de coûts n'expliquent pas les variations de prix.

Par la suite, une série de tests ne permettent pas de rejeter l'hypothèse que la coopération dans l'industrie du bromure de potassium suive un processus markovien. Toutefois, les tests ne sont pas très concluants.

En outre, l'observation des variations substantielles, que ce soit dans les baisses initiales ou totales des prix et dans la durée des six guerres de prix, ne soutiennent pas la prédiction du modèle de ABS voulant que les entreprises adoptent le même comportement dans chacun des deux états.

Durant quatre des six guerres, les prix n'ont pas atteint les niveaux de Cournot. En fait, ce genre de menace était trop prononcé pour être considéré comme étant crédible et n'apparaissait pas dans les contrats de coopération. De plus, la possibilité d'emmagasinier le bromure de potassium réduit la sévérité des guerres. Enfin, l'auteur émet l'hypothèse qu'une guerre trop sévère aurait compromis la coopération subséquente.

Durant deux des six guerres, les prix ont atteint des niveaux plus bas que ceux prévus par Cournot, sans toutefois descendre en-deça des coûts marginaux. Contrairement aux quatre guerres précédemment analysées, ces deux guerres ne sont pas le fait d'une imperfection dans l'information. En effet, ces deux guerres étaient précédées d'une annonce publique de renonciation à l'entente actuelle qui s'interprétait, par les autres participants, comme étant une stratégie de renégociation des rentes obtenues par la coopération. Par conséquent, il ne s'agissait pas d'une période de punition qui rétablirait la coopération mais d'une compétition révélant de l'information sur les entreprises et leurs pouvoirs. Ces guerres ont par la suite servi de base à la négociation d'un nouvel accord de coopération.

L'étude de Levenstein ne permet donc pas de corroborer la sévérité des punitions prédites par ABS dans son prolongement du modèle de Green & Porter. Toutefois, quatre guerres du bromure de potassium supportent l'hypothèse de Green & Porter selon laquelle les guerres de prix ne sont pas incohérentes avec la collusion dans une industrie. Cette industrie donne aussi l'exemple de guerres reflétant une fin de la coopération.

En résumé, les problèmes de surveillance au sein d'un cartel empêchent les entreprises d'identifier la cause des déviations de leurs demandes. Chaque fois que le prix du marché atteindra un prix de déclenchement, préalablement déterminé par les membres, ceux-ci agiront comme si l'un des leurs trichait et adopteront un comportement réversif. La punition durera pour une période de temps prédéterminée. En supposant que le prix de déclenchement et la durée de la réversion soit calculée optimalement, toutes les guerres de prix sont dûes aux aléas de la demande. Les joueurs déclencheront toutefois une guerre de prix afin que l'entente du cartel demeure crédible. Plus le nombre d'entreprises membres du cartel est élevé, plus l'adoption de comportements réversifs sera fréquente.

En utilisant les données du JEC, Porter (1983b) trouva qu'effectivement le cartel passait de périodes de coopération en périodes de non-coopération. Porter (1985) démontra par la suite que le nombre de guerres augmentait avec le nombre d'entreprises et que les périodes réversives étaient corrélées avec une déviation des parts de marché.

En cherchant à améliorer le modèle de Green & Porter (1984), Abreu, Pearce & Stachetti (1986) ajoutèrent un processus markovien entre les périodes de coopération et de non-coopération. De plus, les auteurs permirent une réversion qui irait en-deça de l'équilibre de Cournot et qui serait identique à chaque régime réversif. Les tests empiriques de ces améliorations paraissent toutefois ambigus. Levenstein (1997) trouve qu'il est effectivement possible qu'une telle structure

s'impose entre les régimes. Par contre, les régimes réversifs diffèrent d'une fois à l'autre et ne descendent jamais en-deça de l'équilibre de Cournot.

### 2.3. *L'utilisation des stratégies de punitions continues*

Une importante différence entre l'entente du cartel de bromure de potassium et le modèle de Green & Porter (1984) concerne la stratégie de punition adoptée en cas de défection d'un joueur. Alors que Green & Porter (1984) supposent qu'une déviation entraînera une réversion immédiate à la production de Cournot, l'entente du cartel du bromure de potassium stipulait plutôt une punition proportionnelle à la déviation. Le travail de Kalai & Standford (1986) se distingue de celui de Friedman (1971), Green & Porter (1984) et ABS (1986) justement par leur considération d'une famille de stratégies qui soit continue.

Kalai & Standford (1986) modélisent le superjeu d'un duopole qui répète infiniment le même jeu de Cournot. Dans leur modèle, l'entente légale est interdite. Les auteurs retournent donc à la collusion implicite prônée par Friedman. Le produit est homogène et les coûts marginaux sont constants et identiques pour les deux joueurs. Chaque entreprise connaît la quantité produite par son compétiteur durant la période précédente et utilise cette information dans sa décision de production. Les stratégies utilisées par chaque firme, ci-après nommées stratégies de variations conjecturales constantes, sont alors une fonction linéaire de la production du compétiteur à la période précédente. Par conséquent, il s'agit d'un duopole symétrique qui joue de façon simultanée. Les entreprises cherchent à maximiser la somme des profits actualisés. Il existe de nombreux équilibres de variations conjecturales de Nash. Pour atteindre un équilibre parfait du sous-jeu, il est nécessaire d'inclure la longueur des périodes dans le modèle.

Dans le cas de conjectures positives, l'équilibre de production combiné se situe toujours entre l'équilibre de Cournot et l'équilibre monopolistique. En outre,



plus la valeur du paramètre d'actualisation augmente, plus la production combinée diminue de la production de Cournot à celle d'un monopole.

Afin que ces équilibres de Nash puissent être considérés comme étant des équilibres parfaits du sous-jeu, Kalai & Stanford incluent la longueur de la période comme paramètre du superjeu. Au fur et à mesure que les périodes raccourcissent, la punition imposée au traître s'amenuise. En effet, la diminution de la longueur des périodes implique la transaction de plus petites quantités à chaque période. Les pertes associées à la déviation sont donc aussi plus petites. Par ailleurs, lorsque la période d'un jeu diminue, les stratégies de variations conjecturales constantes convergent plus rapidement vers un état stationnaire. La séquence réactive causée par la défection sera donc brève. Ainsi, lorsque les entreprises ont la possibilité de réagir rapidement aux changements de production de leurs compétiteurs, l'adoption des stratégies de variations conjecturales constantes possède la crédibilité nécessaire pour être un équilibre du sous-jeu.

#### *2.4. La modélisation des guerres de prix en présence d'informations parfaites*

Dans certaines industries, notamment celles du commerce de détail d'essence ou des supermarchés, il n'est pas pertinent de comparer les guerres de prix à un mal nécessaire à la crédibilité d'un cartel suite aux aléas de la demande. En effet, dans ce genre d'oligopole, il est possible de connaître avec précision le prix des compétiteurs et d'estimer les quantités vendues par ces derniers.

Selon Slade (1988), les guerres de prix dans ce genre d'industries, bien qu'aussi reliées à une baisse de la demande, servent à réestimer les paramètres d'une demande qui est modifiée à jamais. Slade (1987) utilisera ce nouveau modèle de guerres de prix afin de discriminer empiriquement entre l'utilisation de stratégies de punitions continues et discontinues dans l'industrie de la vente au détail d'essence.

De leur côté, Rotemberg & Saloner (1986) attribuent les guerres de prix aux cycles de l'économie. Lorsque la demande d'une industrie est en hausse, il y sera impossible de soutenir une collusion tacite puisque la défection rapportera plus que la punition qui suivra. Classée comme étant à l'opposé du modèle de Green & Porter (1984), la théorie de Rotemberg & Saloner (1986) y sera donc comparée par Domowitz, Hubbard & Peterson (1987) et par Ellison (1994).

#### 2.4.1. Les guerres de prix suivant une baisse de la demande

Pour Slade (1988), les entreprises doivent changer leurs prix suite à une baisse imprévue de la demande puisque le nouveau jeu est déséquilibré. Cependant, l'équilibre de Nash de ce nouveau jeu est inconnu des entreprises. Elles doivent donc toutes fixer des prix différents afin d'évaluer les nouveaux paramètres de la demande. Aucune d'entre-elles ne veut toutefois fixer le prix le plus élevé. Les entreprises couperont à tour de rôle leurs prix. L'industrie est en guerre. Les variations dans les coûts ne peuvent causer une guerre de prix puisqu'une firme connaît ses propres coûts de même que ceux de ses compétiteurs (symétriques) et par le fait même peut calculer le nouvel équilibre. Slade utilise les stratégies développées par Kalai & Stanford qu'elle modifiera de façon à utiliser le prix comme variable stratégique d'un oligopole symétrique vendant des produits différenciés.

Pour qu'une telle guerre de prix corresponde à un équilibre parfait du sous-jeu, deux conditions s'imposent. D'abord, tel que stipulé par Kalai & Stanford (1986), le temps de réaction doit être court. Ensuite, les chocs doivent être suffisamment rares pour que la collusion de l'industrie soit soutenable. L'auteur trouve plusieurs équilibres d'un superjeu à demande stochastique. Chacun de ces équilibres contient une guerre de prix périodique.

Les prédictions du modèle sont au nombre de trois. Dans les industries à faible temps de réaction se produiront, de temps à autres, des guerres de prix. Les

variations de prix durant les guerres seront plus élevées qu'en période de collusion tacite et les guerres de prix ne sont sévères que lorsque la demande baisse.

Slade (1987) tentera ensuite de discriminer empiriquement entre la stratégie de punition discontinue proposée par Friedman et la stratégie de punition continue proposée par Kalai & Standford dans une industrie à collusion tacite.

Pour ce faire, elle utilisera des données issues d'une guerre de prix dans la vente au détail de l'essence. Dans ce jeu, le prix est la variable de décision et le produit est différencié puisque la demande est influencée par la bannière (indépendant ou majeur), les services offerts et la localisation. Les guerres de prix sont occasionnelles, séparées par des périodes de stabilité, et se terminent de façon naturelle après quoi la collusion reprend. Finalement, le temps de réaction des entreprises, ne vendant pas leur produit selon un contrat à long terme, est assez court.

Son échantillon se compose de 13 stations-service de la région de Kingsway à Vancouver. Elle obtint des entreprises les prix, les ventes journalières ainsi que les coûts. Les stations services sont divisées en deux groupes selon qu'elles appartiennent ou non à un indépendant. Les coefficients sont estimés par une moyenne pondérée à la distance entre chaque station. Le coût marginal est considéré comme étant constant et identique entre les stations. Les paramètres des fonctions de demande et de réaction sont estimés en utilisant la méthode des moindres carrés en trois étapes sous contrainte que les paramètres des stations service d'un même groupe soient égaux.

Le calcul des solutions coopératives, non-coopératives (Bertrand) et du jeu réel permet de constater que les prix durant la guerre se sont maintenus entre le prix de monopole et le coût marginal. Il semble donc que la possibilité de punir un comportement déviant soit une menace suffisante, dans une industrie où le temps de réaction est suffisamment court et le nombre de guerre relativement faible, pour



permettre aux entreprises de se diriger vers un équilibre de collusion en situation de jeu répété.

Malheureusement, puisque les données représentent une période plus longue que la réaction entre firmes, il est impossible de distinguer définitivement entre les stratégies continues versus discontinues. Cependant, les tests statistiques rejettent l'hypothèse  $H_0$  selon laquelle le prix à la période  $t$  n'est pas proportionnel au prix à la période  $t-1$ . Il semble donc que la stratégie de punition utilisée dans ce jeu ait été continue.

#### 2.4.2. Les guerres de prix suite à une hausse de la demande

Pour Rotemberg & Saloner (1986), les guerres de prix ne correspondent pas à un équilibre parfait du sous-jeu mais plutôt à l'incapacité, pour un oligopole, de soutenir une collusion tacite en période de forte demande.

Leur modèle à horizon infini implique un oligopole symétrique, arrivé à maturité, produisant un produit homogène. Suite à une augmentation observable de la demande, la défection rapporte plus, même si une punition s'en suit.

Leur théorie intègre ainsi les cycles économiques aux guerres de prix puisque selon les économistes classiques, les cycles sont souvent causés par un mauvais ajustement des prix. Les auteurs calculent un ratio prix sur coûts marginaux qu'ils trouvent contraire aux cycles économiques dans les industries à forte concentration. Selon cette théorie, le degré de collusion va donc en sens inverse des cycles économiques.

Les auteurs modélisent les guerres de prix d'abord pour les industries qui utilisent le prix comme variable de décision et ensuite pour les industries utilisant les quantités.

Dans le premier cas, au fur et à mesure que la demande augmente, l'incitatif à la défection devient si important que pour demeurer collusive, une industrie devra utiliser un prix qui se rapproche de façon continue au prix compétitif. Les guerres de prix auront donc plus de chances de se produire lorsque la demande est élevée et que les joueurs anticipent un déclin. À la limite, leur théorie peut non seulement s'appliquer aux cycles économiques mais aussi aux cycles saisonniers.

La modélisation en utilisant la quantité comme variable stratégique nécessite deux modifications. D'abord, une entreprise considérant la défection suppose que ses compétiteurs garderont constantes leurs quantités. Ensuite, la punition tend vers une production de Cournot plutôt que vers le coût marginal. Pour ces raisons, une augmentation de la demande n'entraînera les entreprises vers une déviation que dans les cas où la demande et les coûts marginaux sont linéaires.

#### 2.4.3. La comparaison des modèles de Green & Porter et de Rotemberg & Saloner

Dans une tentative de comparer empiriquement la validité des modèles de Green & Porter (1984) et de Rotemberg & Saloner (1986), Domowitz, Hubbard & Peterson (1987) utilisent des données annuelles de recensement des entreprises. Ils sélectionnent les codes industriels à quatre chiffres entre 1958 et 1981.

Afin d'obtenir un échantillon d'industries matures, produisant un bien homogène dans un marché défini, ils choisirent 57 industries correspondant aux critères suivants:

- a) 50% de leur production est achetée pour un investissement ou comme composante d'un autre produit.
- b) Leurs données de recensement sont compilées au moins depuis 1958.

- c) Quatre de leurs entreprises possèdent un ratio de concentration au-delà de 0,5 en 1972<sup>1</sup>.
- d) Elles ne sont pas incluses dans la catégorie "divers" ou "autres".

Selon les auteurs, ces données permettent de tester deux prédictions du modèle de Green & Porter et une prédiction du modèle de Rotemberg & Saloner. Du premier modèle, ils testeront le comportement cyclique des prix et de l'indice prix sur coût, en plus de chercher des déclin de prix périodiques et drastiques. Selon, le modèle de Rotemberg et Saloner, un boom de la demande tend à diminuer la marge pour que la collusion soit soutenable. Cette hypothèse peut être testée en supposant le coût marginal stable et en testant le comportement cyclique des prix. Il s'agit donc du même test que celui fait pour le modèle de Green & Porter. Les deux modèles prédisent cependant des résultats opposés.

Les auteurs calculent la marge d'une industrie (PCM) de la façon suivante:

$$\text{PCM} = \frac{P - MC_i}{P} = \frac{S_i (1 + V_i)}{\varepsilon}$$

où  $S_i$ : part de marché de l'entreprise  $i$   
 $V_i$ : variation conjecturale de l'entreprise  $i$   
 $\varepsilon$ : élasticité de la demande pour l'industrie.

Dans une industrie monopolistique,  $\text{PCM} = 1/\varepsilon$  tandis qu'une industrie produisant à l'équilibre de Cournot affiche un  $\text{PCM} = S_i/\varepsilon$ .

Après calculs, la plupart des industries ont un PCM plutôt bas, bien qu'il soit élevé pour certains. Les marges correspondent donc plus à un jeu de Cournot qu'à un jeu répété qui entraîne la collusion.

<sup>1</sup> Ratio compilé par WEISS, L. et PASCOE, G. (1981) "Adjusted Concentration Ratios in manufacturing", mimeograph.



Les auteurs modélisent ensuite le PCM comme étant une fonction linéaire d'une mesure de concentration de l'industrie, du ratio capital-production, du ratio publicité-ventes et de l'utilisation de la capacité de production. Les marges sont moins pro-cycliques dans les industries concentrées affichant un PCM élevé que dans les industries concentrées affichant un faible PCM.

Les auteurs calculèrent ensuite les changements de prix d'une industrie par rapport aux changements moyens de toutes les industries pour les années 1961, 1970, 1975 et 1980, soient les quatre années de l'échantillon durant lesquelles l'utilisation de la capacité de production descendit sous les 80%. Les résultats ne démontrent pas de réversion d'un comportement coopératif à un équilibre de Cournot, tel que prévu par Green & Porter (1984). Il est important toutefois de rappeler qu'en utilisant des données annuelles, il est impossible de détecter de courtes guerres de prix. L'estimation des mouvements de prix se révèle finalement être contre-cyclique.

Selon les auteurs, la faible collusion ainsi que les marges et les prix contre-cycliques obtenus dans leur étude permet de douter de la validité du modèle théorique de Green & Porter (1984) et de favoriser celui de Rotemberg & Saloner (1986).

Utilisant les données du JEC, Ellison (1994) compare lui aussi la validité empirique des modèles de Green & Porter (1984) et de Rotemberg & Saloner (1986). Il testera d'abord, tel que déjà fait par Porter (1983b), l'existence de guerres de prix dans ce cartel en modifiant toutefois le modèle utilisé par Porter (1983b). Ensuite, il cherchera à déterminer la cause des guerres de prix, à savoir une baisse (tel que prédit par Green & Porter, 1984) ou une hausse (Rotemberg & Saloner, 1986) de la demande. Puisque les deux modèles théoriques prédisent que les guerres de prix sont causées par un dérèglement de la demande, inobservable chez Green & Porter (1984) et observable pour Rotemberg & Saloner (1986), Ellison (1994) tentera de déterminer si effectivement aucune entreprise n'a diminué secrètement ses prix.

Afin de prouver l'existence de guerres de prix, Ellison impose une structure markovienne sur la transition entre les régimes collusifs et non-coopératifs. L'indicateur de collusion  $I$  évolue selon le modèle logit. De cette façon, l'estimation de l'élasticité-prix passe de 0,84 à 1,8 indiquant une courbe de demande élastique. En plus, le degré de collusion estimé passe de 0,4 à 0,85. Il est à noter qu'un degré de 1 indiquerait un prix de monopole. Par ailleurs, la probabilité de collusion suivant une période de collusion égale  $0,975 (e^{3,67}/(1+e^{3,67}))$  tandis que la probabilité de collusion suivant une période de guerre de prix égale 0,067. Le processus markovien, d'abord proposée par ABS (1986) renforce donc l'étude de Porter (1983b) voulant que le cartel agisse de façon collusive entre d'occasionnelles guerres de prix.

Dans les modèles théoriques, un signal de déviation, que ce soit de la demande ou d'un joueur, se distingue par une part de marché élevée pour une entreprise et de petites parts pour les autres membres ou par une petite part pour un seul joueur. De la même façon, une hausse de la demande se traduirait par un transfert des parts de marché et d'une augmentation de la quantité. Afin de déterminer la cause des guerres de prix, Ellison introduit d'abord quatre variables au modèle précédant. BIGSHARE 1, BIGSHARE 2 et BIGSHARE Q représentent une guerre dont le déclenchement est dû à un joueur obtenant une part de marché plus élevée. SMALLSHARE 1 représente une guerre de prix dont le déclenchement est dû à un joueur obtenant une part de marché plus faible. De ces quatre nouvelles variables, seulement BISHARE 1 est significative, avec un coefficient négatif.

Ensuite, Ellison (1994) trouve que les résidus de la demande sont corrélés de façon significative avec les guerres de prix tandis que  $U$ , la variable représentant un choc de la demande observable est non-significatif. Ces résultats semblent donc supporter la théorie de Green & Porter (1984).

Par ailleurs, Ellison (1994) teste aussi si les prix sont moins collusifs durant les booms et si les guerres de prix se produisent plus fréquemment durant un boom. Le boom représente une forte demande, suivie d'une période de faible demande.



Selon cette définition, les guerres de prix seraient plus susceptibles de se produire juste avant la réouverture des grands lacs au transport maritime de marchandises. Il ajoute donc au modèle la variable  $BOOM_t$ , laquelle représente le ratio de la demande actuelle sur la demande future. Lorsqu'intégrée à l'équation de l'offre, dans le but de tester si les prix sont moins collusifs en période de fortes demandes, l'auteur ne peut rejeter  $H_0$ , l'hypothèse selon laquelle la collusion suit le cycle économique. Par ailleurs, en intégrant  $BOOM_t$  au modèle logit, dans le but de tester si les prix sont moins collusifs en période de forte demande, l'auteur ne trouve aucune évidence voulant que les prix ne suivent pas les cycles économiques. Le modèle de Rotemberg & Saloner (1986) ne trouve donc pas de justification avec les données du JEC.

Finalement, Ellison (1994) s'intéresse aux baisses secrètes de prix. En effet, l'absence de tricheries est une importante prédiction des deux modèles théoriques. Les résultats plus ou moins satisfaisants de la section sur les causes des guerres de prix pourraient indiquer qu'un incitatif suffisant à la collusion était inexistant dans ce modèle. En outre, puisque les tests de l'auteur sont basés sur les listes de prix du cartel, qui n'indiquent pas de défection des joueurs, une évidence de baisses secrètes entraînerait un questionnement des résultats obtenus précédemment.

Ellison part de l'hypothèse qu'une baisse secrète de prix consisterait en une variable significative omise dans l'équation de la demande. Il examine donc cette équation, dans un premier temps, dans le but d'y découvrir une telle variable. Suite à une forte évidence de son existence, il cherche, dans un deuxième temps, à déterminer si ces variables représentent ou non une baisse de prix secrète. Une de ces variables, présente dans le quart de chaque période, est compatible avec une baisse secrète d'environ 20%. Bien que contraire aux modèles, cette découverte s'appuie aussi par des faits historiques, rapportés dans *The Daily Commercial Bulletin de 1881 et 1886*. Cependant, dans la majorité du temps, les guerres de prix seraient causées par les aléas de la demande, tel que préconisé par Green & Porter.



En résumé, les problèmes de surveillance au sein d'un cartel ne peuvent servir d'explication aux guerres de prix qui sévissent dans des industries où l'information est parfaite. Dans un pareil cas, deux idéaux s'opposent. D'un côté (Slade, 1988), les guerres de prix sont causées par une faible demande tandis que, de l'autre côté, elles sont le fait d'une hausse de la demande (Rotemberg & Saloner, 1986). De par sa grande popularité, les auteurs utilisent le modèle de Green & Porter (1984) afin de tester la cause des guerres de prix. Domowitz, Hubbard & Peterson (1987) privilégient la théorie de Rotemberg & Saloner (1986) alors qu'Ellison (1994) supporte plutôt Green & Porter.

## 2.5. *Les guerres de prix ... au-delà des superjeux*

La littérature en organisation industrielle offre, elle aussi, quelques explications concernant la concurrence par les prix, notamment avec le cycle d'Edgeworth (1925) et l'équilibre de la courbe de demande *<kinked demand curve>* (Hall & Hitch, 1939, Sweezy, 1939). Maskin & Tirole (1988) élaborent un modèle à partir des notions proposées par ces auteurs du début du siècle. Leur modèle, comparé aux guerres de prix de l'essence de Los Angeles au début des années 1970, semble avoir une explication intéressante des guerres de prix.

Dans le cycle d'Edgeworth, les épisodes de guerres de prix s'expliquent par un désir des entreprises d'une industrie d'augmenter leurs parts de marché. Lorsque la guerre n'est plus rentable, une entreprise augmente ses prix et l'industrie suivra cette tendance jusqu'à ce qu'une d'entre-elles rediminue son prix. Le prix évolue donc de façon cyclique.

L'équilibre de la courbe de demande présente, par ailleurs, un marché stable. Dans ce marché, aucune entreprise ne descend son prix, ayant peur que ce faisant, les autres entreprises du secteur emboîteraient le pas. De même, elles n'augmentent pas leurs prix de peur cette fois que les autres entreprises du secteur ne l'imitent pas.

Maskin & Tirole (1988) introduisent les notions d'équilibre dans les concepts théoriques d'Edgeworth (1925), d'Hall & Hitch (1939) et de Sweezy (1939). Pour ce faire, ils modélisent la concurrence entre les entreprises d'un duopole symétrique à horizon infini, produisant un bien homogène. Les firmes choisissent simultanément leurs prix dans le but de maximiser la valeur actuelle des profits. Leurs stratégies de prix suivent un processus markovien qui dépend du prix choisi par le compétiteur à la période précédente. Le modèle permet aux entreprises de changer rapidement les prix. En d'autres termes, la période de temps,  $t$ , est petite tandis que le facteur d'actualisation est très près de 1.

Pour les mêmes paramètres d'une équation de profit, les auteurs prouvent que l'équilibre peut correspondre soit au cycle d'Edgeworth ou à la courbe de demande. Cet équilibre doit cependant correspondre à un ou l'autre des concepts. Donc, le marché convergera soit vers un prix unique ou évoluera en cycle.

Dans le cas de l'équilibre de la courbe de demande, il existe une multitude d'équilibres, dont la borne inférieure est bien au-delà du prix compétitif et la borne supérieure dépasse le prix de monopole. Toutefois, un seul équilibre est exempt de toute renégociation de la part des membres d'une industrie, l'équilibre de monopole. En effet, seul le prix de monopole est Pareto optimal. Les auteurs démontrent cependant qu'une hausse stochastique de la demande risque d'entraîner une guerre de prix puisque les entreprises risqueraient de perdre des parts de marché en augmentant leurs prix durant un boom.

Dans le cas du cycle d'Edgeworth, lorsque les entreprises placent beaucoup d'importance dans le profit à long terme, le profit moyen agrégé à l'équilibre ne peut descendre en-deça de la moitié du niveau de monopole.

Puisque le modèle de Maskin & Tirole trouve des profits relativement élevés pour les duopoles dont le facteur d'actualisation est près de 1, leur modèle s'apparente aux modèles de collusion tacite de Friedman (1971), Green & Porter

(1984), Kalai & Stanford (1986) et Rotemberg & Saloner (1986). Il contient toutefois trois avantages comparativement aux modèles tirés de la théorie des jeux.

Premièrement, dans la théorie des jeux, les entreprises réagissent à la fois à leurs comportements et à ceux de leurs compétiteurs. Dans le processus markovien de Maskin & Tirole, les entreprises ne tiennent compte que du prix du compétiteur durant la période précédente. Ce modèle élimine donc la complexité des punitions pour expliquer les guerres de prix par le simple désir d'une entreprise de vouloir augmenter sa part de marché.

Deuxièmement, l'équilibre d'un superjeu collusif n'est soutenable qu'en cas de répétition infinie. Pour leur part, Maskin & Tirole ont démontré qu'en cas de concurrence suffisamment longue, l'équilibre d'un duopole s'éloigne de l'équilibre compétitif.

Finalement, dans le modèle de Maskin & Tirole, un seul équilibre soutient des profits exempts de renégociation.

Castanias & Johnson (1993) s'intéressèrent aux phénomènes de guerres de prix dans la vente au détail d'essence à Los Angeles, au début des années 1970. Ils utilisèrent les données hebdomadaires sur les prix et les coûts de l'essence ordinaire, publiées par le *Oil and Gas Journal*, pour la période du 2 janvier 1968 au 23 décembre 1975. Ces guerres de l'essence avaient pour particularité des baisses de prix graduelles jumelées à des augmentations drastiques de prix. À la fin de chaque guerre, le prix retrouvait à peu près le même niveau.



Selon les auteurs, ces guerres de prix ne pouvaient s'expliquer par le modèle théorique de Green & Porter puisque les prix évoluaient de façon périodique et qu'étant affichés, ils étaient facilement observables par les autres membres de l'industrie. Ainsi, ces guerres de prix ne comportaient pas de problèmes liés au manque d'informations.

En dessinant un graphique du prix en fonction du temps, Castanias & Johnson découvrirent une similarité entre leurs données et le même graphique théorique utilisé par Maskin & Tirole dans leur explication du cycle d'Edgeworth. À l'aide d'un test de séquence, ils conclurent que le passage de prix bas à prix élevé ne correspondait pas au hasard. En fait, la longueur des séquences positives (augmentation de prix) sont beaucoup plus courtes que prédites tandis que les séquences négatives (diminution de prix) sont plus longues que prévues. Par ailleurs, la régression du coût sur le prix au détail ne s'avéra pas significative. Les coûts d'achat de l'essence sont constants, surtout lorsque comparés au prix de détail.

En résumé, un duopole peut se comporter soit de façon stable ou cyclique, tout en procurant des profits de collusion, en autant que l'horizon concurrentiel de l'industrie soit suffisamment long. Ce modèle relativement simple de Maskin & Tirole (1986) prédit qu'un seul équilibre empêchera la renégociation. Il explique les guerres de prix par le désir d'une entreprise d'augmenter sa part de marché. Pour Castanias & Johnson (1993), les guerres de prix de l'essence de Los Angeles représentent bien le comportement cyclique que peut adopter une industrie.

En conclusion, jouer le même jeu de façon répétée conduit un oligopole vers une collusion tacite (Friedman, 1971). Cette collusion sera en équilibre en autant que les joueurs s'impliquent dans des guerres de prix lorsque certains indices laissent croire qu'un des membres de l'industrie défecte (Green & Porter, 1984). La validation de ce genre de modèle comporte toutefois des défis. Notamment, afin d'être concluants, les tests doivent être effectués sur des données désagrégées d'entreprises. Les études du JEC présentent, en ce sens, un fort intérêt puisque

l'utilisation de données hebdomadaires peut suffire à l'examen de guerres s'étendant sur de longues périodes. Ainsi, Porter (1983b) put déceler que ce cartel passait de périodes coopératives à des périodes non-coopératives. En 1985, il démontra que le nombre de guerres augmentaient avec le nombre d'entreprises et que les périodes réversives étaient corrélées avec une déviation des parts de marché. En imposant une structure markovienne, telle que préconisée par ABS (1986), Ellison (1994) parvint ensuite à renforcer les résultats de Porter (1983b). L'amélioration du modèle de Green & Porter (1984) développée par ABS (1986) s'est ainsi solidifiée par rapport à l'étude empirique de Levenstein (1997), qui utilisait des données annuelles. L'étude de Levenstein (1997) a toutefois permis de rapporter deux types de guerres de prix. D'une part, elle observa empiriquement des guerres de prix qui reflétaient les aléas de la demande, tel que préconisé par Green & Porter (1984). D'autre part, elle put constater que quelques guerres se disputaient dans le but de renégocier les rentes obtenues par la collusion.

Les guerres de prix peuvent évoluer drastiquement par des stratégies de punitions discontinues (Friedman, 1971; Green & Porter, 1984) ou plus doucement grâce aux stratégies de punitions continues (Kalai & Standford, 1986; Slade, 1988). Malheureusement, même avec des données journalières d'entreprises, Slade (1987) n'a pu conclure hors de tout doute que la guerre de prix de 1983 dans la vente au détail d'essence de Vancouver a évolué de façon continue.

En présence d'informations parfaites, il semble y avoir mésentente entre les auteurs quant aux raisons du déclenchement des guerres de prix. Alors que Slade (1988) y voit le fait d'une baisse de la demande, Rotemberg & Saloner (1986) préconisent plutôt une hausse de la demande. Les données annuelles de Domowitz, Hubbard & Peterson (1986) favorisent le modèle de Rotemberg & Saloner (1986), ce qu'Ellison (1994) ne parvient pas à corroborer avec ses données du JEC.

Finalement, en suivant la trace laissée par Edgeworth (1925), Hall & Hitch (1939) et Sweezy (1939), Maskin & Tirole (1988) modélisent des guerres de prix

comme étant une façon de gagner, ou de ne pas perdre, des parts de marché. Selon Castanias & Johnson (1993), les guerres de prix de l'essence de Los Angeles au début des années soixante-dix semblent suivre le cycle d'Edgeworth (1925).

Le tableau 1 résume les modèles théoriques et le tableau 2 synthétise les tests empiriques effectués sur les modèles théoriques.



**Tableau 1 Synthèse des modèles théoriques de guerres de prix**

| Auteurs                            | Résultats   | Description du jeu  |
|------------------------------------|---|---|
| Friedman (1971)                    | Un oligopole qui répète le même jeu à l'infini parvient à soutenir une collusion tacite. Toutefois, si l'un des joueurs triche, toute l'industrie retourne à une production à l'équilibre de Cournot (stratégie discontinue). | <ul style="list-style-type: none"> <li>- produit homogène</li> <li>- oligopole.</li> <li>- la variable de décision, la quantité est connue.</li> <li>- la stratégie de punition est discontinue.</li> <li>- les firmes cherchent à maximiser leurs profits actualisés.</li> <li>- le même jeu est répété à l'infini.</li> </ul>                                       |
| Green & Porter (1984)              | De bas prix sur le marché indiquent soit qu'un joueur triche ou que la demande a diminué. En période de faible demande, les guerres de prix sont nécessaires à la crédibilité de l'entente du cartel                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- produit homogène</li> <li>- oligopole symétrique</li> <li>- jeu séquentiel</li> <li>- la variable de décision, la quantité, est inconnue.</li> <li>- la stratégie de punition est discontinue.</li> <li>- les firmes cherchent à maximiser leurs profits actualisés.</li> <li>- le même jeu est répété à l'infini</li> </ul> |
| Porter (1983a)                     | Détermine les valeurs optimales des prix et de la période de punition qui empêcheront les entreprises de dévier de la solution coopérative.   | - voir Green & Porter (1984)  |
| Abreu, Pearce et Stacchetti (1986) | Extension du modèle de Green & Porter. La séquence des équilibres de production est une chaîne de Markov.   | - voir Green & Porter (1984)  |
| Kalai & Standford (1985)           | Les guerres de prix assurent la coopération des entreprises en situation de duopole. Les punitions s'effectuent selon une stratégie continue.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- produit homogène.</li> <li>- duopole.</li> <li>- jeu séquentiel.</li> <li>- la variable de décision, la quantité est connue.</li> <li>- la stratégie de punition est continue</li> <li>- les firmes cherchent à maximiser leurs profits actualisés.</li> <li>- le même jeu est répété à l'infini</li> </ul>                  |

**Tableau 1 (suite) Synthèse des modèles théoriques de guerres de prix**

| Auteurs                     | Résultats  | Description du jeu   |
|-----------------------------|--|--|
| Slade (1988)                | Les guerres de prix se produisent lorsque la demande est sujette à un choc imprévu. Les paramètres du modèle ainsi que le comportement optimal devient alors inconnu. Les guerres de prix permettent donc aux acteurs d'identifier les nouveaux paramètres de la demande et se poursuivent jusqu'à ce qu'il soit possible d'identifier un nouvel équilibre stationnaire de Nash. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- produit différencié.</li> <li>- duopole symétrique.</li> <li>- jeu séquentiel</li> <li>- la variable de décision, le prix, est connu.</li> <li>- la stratégie de punition est continue.</li> <li>- les firmes cherchent à maximiser leurs profits actualisés.</li> <li>- le même jeu est répété à l'infini.</li> </ul>  |
| Rotemberg et Saloner (1986) | Les oligopoles ont plus de difficultés à maintenir une collusion tacite en période de forte demande. Le bénéfice relié à la déviation est plus grand que la punition qui s'en suivra.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- produit homogène.</li> <li>- oligopole symétrique.</li> <li>- jeu séquentiel.</li> <li>- élaborent deux modèles: un dans lequel la variable de décision est le prix et l'autre dans lequel la variable de décision est la quantité. Dans les deux cas, l'information concernant ces variables est connues.</li> <li>- les firmes cherchent à maximiser leurs profits actualisés.</li> <li>- le même jeu est répété à l'infini ou presque infini.</li> </ul> |
| Maskin & Tirole (1988)      | Lors d'une guerre de prix, les entreprises ne cherchent pas à "punir" leurs compétiteurs mais à augmenter leur part de marché.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- produit homogène.</li> <li>- duopole symétrique.</li> <li>- jeu séquentiel</li> <li>- la variable de décision, le prix, est connu.</li> <li>- fonctions de réactions dynamiques</li> <li>- les firmes cherchent à maximiser leurs profits actualisés.</li> <li>- le temps est à horizon infini ou presque infini.</li> </ul>  |



**Tableau 2 - Synthèse des études empiriques portant sur les guerres de prix**

| Auteurs           | Objectif  | Modèles utilisés  | Données utilisées  | Résultats   |
|-------------------|---|---|--|---|
| Porter (1983a)    | Tester empiriquement le passage de la collusion au comportement non coopératif en utilisant les données du JEC.                 | Green & Porter (1984).<br>Le modèle a été modifié pour utiliser les parts de marché comme agent déclencheur et pour utiliser l'équilibre de Bertrand. | Données hebdomadaires des quantités, des prix, de la compétition, des coûts, des périodes de collusion et des parts de marché.                             | Durant les périodes de coopération, les entreprises n'atteignent pas l'équilibre monopolistique mais plutôt l'équilibre de Cournot. Les variations inattendues des parts de marché semblent expliquer le déclenchement des guerres de prix. |
| Porter (1985)     | Tester les prédictions théoriques concernant les circonstances et la durée des guerres de prix en utilisant les données du JEC. | Green & Porter (1984), Porter (1983).<br>Les modèles ont été modifiés pour utiliser les parts de marché comme agent déclencheur.                      | Données hebdomadaires des quantités, de la compétition, des périodes de collusion, des parts de marché allouées et des déviations par rapport à celles-ci. | Au fur et à mesure que le nombre d'entreprises membres du cartel augmente, la collusion devient plus difficile à soutenir, les prix baissent, la durée des guerres de prix diminue bien que leurs fréquences augmentent.                    |
| Levenstein (1997) | Examiner le contexte historique dans lequel sont survenues les guerres de prix du bromure de potassium.                         | Friedman (1971), Green & Porter (1984), Abreu, Pearce et Stacchetti (1986).   | Estimation des coûts (à l'aide des livres de Dow). Données annuelles des prix et quantités tirées de publications commerciales et gouvernementales.        | L'information imparfaite a contribué à quelques unes des guerres de prix.<br>La baisse de prix et sa durée ont été similaires à ce que prédit le modèle APS. Les guerres de prix n'ont jamais atteint l'équilibre de Cournot.               |



**Tableau 2 (suite) Synthèse des études empiriques portant sur les guerres de prix**

| <b>Auteurs</b>                                  | <b>Objectif</b>  | <b>Modèles utilisés</b>   | <b>Données utilisées</b>   | <b>Résultats</b>  |
|---|--|---|--|---|
| Slade<br>(1987)                                 | Connaître les stratégies utilisées par les entreprises (continues ou discontinues)   | Kalai et Standford (1985)<br>Friedman (1971)  | Données journalistiques sur une période de 3 mois dans 13 stations-service (prix, quantité, coût variable)   | La guerre de prix a été moins profitable que la solution coopérative mais plus profitable que la solution non-coopérative. Il a été impossible de déterminer le type de stratégie utilisé.  |
| Domowitz<br>Hubbard<br>et<br>Peterson<br>(1987) | Tester si les guerres de prix ont lieu durant les périodes de récession ou durant les périodes de booms.   | Green & Porter (1984)<br>Rotemberg & Saloner (1986)   | Données annuelles des prix, coûts et quantités tirées du bureau de la statistique américaine.  | L'équilibre des oligopoles ressemble plus à un équilibre de Cournot que monopolistique. Les cycles des prix sont différents selon le degré de concentration des industries. Il semble que les guerres de prix soient contre-cycliques.  |
| Ellison<br>(1994)                               | Évaluer les prédictions théoriques concernant la cause des guerres de prix et la présence de comportements déviants chez les membres du cartel du JEC. | Green & Porter (1984) sur lequel l'auteur impose une structure markovienne entre les périodes de transition.<br>Rotemberg et Saloner (1986) modifié pour tenir compte de l'imperfection de l'information et sur lequel l'auteur ajoute une variable mesurant le ratio de la demande actuelle sur la demande future. | Données hebdomadaires des quantités, des prix, de la compétition, des périodes de collusion, des parts de marché, du nombre d'entreprises membres du cartel et de la saison. | Durant les périodes de coopération, les entreprises atteignent un équilibre quasi-monopolistique. La présence d'incitatifs est significative bien que des baisses de prix secrètes semblent avoir eu cours durant certaines périodes. La théorie de Rotemberg et Saloner n'est pas concluante dans ce cas-ci. |
| Castanias<br>&<br>Johnson<br>(1993)             | Déterminer quel modèle pourra expliquer les guerres de prix de l'essence à Los Angeles.  | Green & Porter (1984)<br>Maskin et Tirole (1988)  | Données hebdomadaires des prix et des coûts.   | Le modèle de Maskin et Tirole semble pouvoir expliquer adéquatement le phénomène.   |

## CHAPITRE 3

### LE MODÈLE

#### 3.1. *Objectif de l'étude*

Les études antérieures se sont principalement attardées à définir et à tester de façon empirique les causes des guerres de prix. En ce sens, l'étude de Slade (1987), qui cherchait à discriminer empiriquement entre la stratégie continue ou discontinue utilisée par un duopole asymétrique en présence d'informations parfaites, fait cavalier seul. À notre connaissance, peu d'auteurs se sont intéressés, jusqu'à présent, aux punitions impliquées par les guerres de prix. Or, il est tout aussi important, pour une industrie, d'évaluer les meilleures stratégies à adopter en période de réversion. Le présent mémoire se propose, par conséquent, de modéliser les différentes stratégies que peuvent adopter les joueurs d'un duopole asymétrique et de tester les solutions des jeux par une simulation numérique. Ce modèle pourrait s'appliquer à tout duopole dans lequel l'information est parfaite. Afin d'en faciliter la compréhension, son illustration s'articulera autour de la guerre des prix dans la vente au détail d'essence du début de l'été 1996. Le chapitre débute par un bref rappel de la guerre de l'essence. Suivront ensuite la description du jeu et la présentation du modèle. Puis, les différentes stratégies utilisées dans la simulation à venir seront explicitées. Finalement, quelques statiques comparatives effectuées sur le modèle permettront d'évaluer l'incidence de la variation de certains paramètres sur la stratégie optimale à adopter, par une entreprise, lors d'une guerre de prix.

### 3.2. *Bref rappel: la guerre des prix de l'essence*

Les 5 700 stations-service québécoises se répartissent en trois groupes d'entreprises pétrolières. Les plus grandes compagnies, Impériale (Esso), Shell et Petro-Canada sont intégrées. Elles produisent du pétrole, le raffine et le commercialise sur tout le territoire canadien. Ces trois compagnies contrôlent environ 56 p. 100 de la capacité de raffinage canadienne et possèdent respectivement 3 000, 2 140 et 1 800 stations-service au Canada

Les raffineurs et distributeurs régionaux, pour leur part, ne sont pas nécessairement intégrés. Des 10 raffineurs régionaux, seulement Ultramar est présent sur le territoire québécois, avec ses 979 postes d'essence (pour un total de 1 320 au Canada), par le biais de ses stations Ultramar, Sergaz et Sunoco. Dans l'analyse qui suit, l'appellation grandes pétrolières inclura à la fois les entreprises intégrées et les raffineurs et distributeurs régionaux.

Le troisième groupe, les indépendants (par exemple Crevier), prit son essor en 1985 lorsque la déréglementation du marché pétrolier canadien leur permis d'envisager l'importation de produits pétroliers pour faire concurrence aux raffineurs locaux. Depuis lors, ils exploitent leurs propres réseaux d'établissements de vente au détail, généralement en région. Au Québec, ces indépendants possèdent 2 400 postes d'essence. Certains d'entre-eux exploitent des installations d'entreposage et expédient des produits raffinés à des distributeurs de gros et de détail.

Les indépendants ont vu leur importance diminuer depuis quelques années. Alors qu'entre 1989 et 1992 leur part de marché passait de 22,6% à 30%, elle ne représentait plus, à la fin de 1995, que 21%. Leur absence du secteur d'amont (raffinage et distribution de pétrole brut) explique, en partie, leur perte de pouvoir sur le marché. (Industries Canada, 1996)



Après avoir subi une baisse drastique de leur place sur le marché en 1992, les grandes pétrolières et les raffineurs et distributeurs régionaux, consolidèrent leur position en développant, d'une part, des services complémentaires (tels que les dépanneurs et la restauration rapide) et, d'autres part, par des acquisitions et des fusions. Ainsi, tandis qu'Impériale achetait Texaco, Pétro-Canada et La Compagnie Distributrice du Saint-Laurent fusionnaient leurs réseaux de stations-service du Bas-Saint-Laurent et de la Gaspésie. De son côté, Ultramar poursuivait sa suite d'acquisition qui avait commencé avec Gulf, il y a quelques années, en s'appropriant les 180 stations-service Sergaz et en échangeant les 128 stations Sunoco au Québec contre ses 89 stations ontariennes. En janvier 1998, Ultramar fusionna avec Pétro-Canada afin d'obtenir un accès rentable aux sources de pétrole brut.

Pour justifier un prix souvent un peu plus élevé que chez les indépendants, les grande pétrolières (i.e. Esso, Shell, Petro-Canada et Ultramar) favorisaient traditionnellement les stratégies de marketing axées sur la qualité du produit et la fidélité à la marque. Par exemple, Pétro-Canada mise beaucoup sur son identité canadienne dans le but d'établir la supériorité de sa marque. Elle vend, entres autres, des essences d'hiver adaptées au climat. D'autre part, le programme Pétro Points cherche à récompenser les clients fidèles en leur donnant des points échangeables contre des produits automobiles. De son côté, Shell fidélise sa clientèle en offrant des miles aériens (Air Miles) et des points du Club Sears à ses clients. La compagnie Ultramar, quant à elle, misa sur les prix plutôt que sur les promotions.

Le 18 juin 1996, Ultramar annonçait la mise en place de son programme Valeur-Plus selon lequel l'entreprise garantissait aux consommateurs un prix à la pompe égal à tout autre compétiteur de la même zone géographique. Cette stratégie de fidélisation de la clientèle provoqua une guerre de prix sans précédent au Québec. Du 19 juin au 9 juillet 1996, 11 730 changements de prix ont été enregistrés et certains détaillants ont vendu leur essence pour aussi peu 29,9 cents le litre. En 17

jours, les pertes de revenus d'Ultramar ont été évaluées entre 17 et 18,7 millions de dollars.

Durant le premier mois de la campagne, le volume des ventes d'Ultramar a augmenté d'environ 70% pour se stabiliser à environ 14% à la fin de l'année par rapport à la même période de l'exercice précédent. Aux prises avec une guerre de prix, les indépendants se voyaient dans l'impossibilité de remonter leurs prix avant Ultramar. Le 9 juillet 1996, Pétro-Canada, à Québec, arrête la guerre en remontant le prix de son essence ordinaire à 63,4 cents le litre. Les autres pétrolières emboîtent le pas.

La part des indépendants a diminué d'au moins 3% pendant la guerre de prix de l'été 1996 qui a causé la fermeture définitive d'une soixantaine de stations-service.

### **3.3. Description du jeu**

Avant que ne débute la guerre de prix de l'essence du début de l'été 1996, nous supposons que l'industrie soutenait une collusion tacite, telle que proposée par Friedman (1971). Le produit, l'essence ordinaire, est différencié puisque la demande est influencée par la bannière, les services offerts et la localisation (Slade, 1987). Ce secteur d'activité peut être considéré comme étant un duopole asymétrique dans lequel se regroupent, d'un côté, les indépendants, tels Canadian Tire et Crevier, et, de l'autre côté, les "majeurs", soient Pétro-Canada, Impériale, Shell et Ultramar. Les indépendants font face à une demande plus élastique que les majeurs (Slade, 1986). Le jeu se déroule de façon séquentielle et l'information est parfaite. Le prix, variable de décision, est affiché. Les coûts des compétiteurs peuvent s'estimer facilement puisque les salaires sont semblables, les équipements sont les mêmes et l'essence provient essentiellement des raffineries possédées par les majeurs. Les entreprises cherchent à maximiser les profits actualisés. Le jeu est à horizon infini.

### 3.4. Le modèle

Supposons que le duopole possède une fonction de demande linéaire. Dans ce cas,

$$(1) \quad q_l = \alpha_l - \beta_l P_l + \phi_l P_l \quad \alpha_l, \beta_l, \phi_l > 0, l = i, j ; \beta_l > \phi_l, l = i, j$$

où

i : indépendants

j : majeurs

$q_l$ : quantité vendue par le joueur,  $l = i, j$

$\alpha_l$ : clientèle de base d'un joueur;

$\beta_l$ : sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur;

$\phi_l$ : sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur.

Dans une industrie asymétrique, les paramètres  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\phi$  des deux joueurs sont inégaux.

Nous supposerons aussi des coûts marginaux constants, obtenus par une fonction de coût total linéaire dans laquelle:

$$(2) \quad c_l(q_l) = F_l + \xi_l q_l \quad F_l, \xi_l > 0, l = i, j$$

où

$c_l$ : coût total;

$F_l$ : coût fixe;

$\xi_l$ : coût variable.



En présence d'une fonction de coût total linéaire, le coût variable,  $\xi_i$ , représente aussi le coût marginal. De ce fait, afin d'obtenir des profits économiques non nuls, une entreprise doit fixer son prix,  $P_i$ , de façon à ce qu'il soit supérieur à  $\xi_i$ .

Les stratégies de chaque joueur consistent aux choix des prix,  $P_i$ , où  $P_i \geq 0$ . L'objectif des entreprises du duopole est de maximiser leurs utilités, ici représentées par les profits, qui dépendent des prix fixés par les deux entreprises.

$$(3) \quad \text{Max } \pi_i = \sum_{t=0}^T \{ (p_i - \xi_i) (\alpha_i - \beta_i P_i + \phi_i P_j) - F_i \} \delta_i^t$$

$$\text{Max } \pi_j = \sum_{t=0}^T \{ (p_j - \xi_j) (\alpha_j - \beta_j P_j + \phi_j P_i) - F_j \} \delta_j^t$$

où

$\delta_i$ : facteur d'actualisation du joueur  $i$ , et

$$(4) \quad \delta_i = \left[ \frac{1}{1+\rho_i} \right]^t$$

$\rho_i$ : taux d'intérêt en vigueur pour l'entreprise  $i$ .

Ce facteur d'actualisation prendra des valeurs situées entre 0 et 1,  $\delta_i \neq \delta_j$ .

Les conditions de premier ordre pour l'optimisation du profit,

$$(5) \quad \frac{\partial \pi_i}{\partial P_i} = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial \pi_j}{\partial P_j} = 0$$

correspondent à l'équilibre concurrentiel de Nash où:

$$(6) \quad \hat{P}_i = \frac{2\beta_j[\alpha_i + \beta_i\xi_i] + \phi_i[\alpha_j + \beta_j\xi_j]}{4\beta_i\beta_j - \phi_i\phi_j}$$

$$\hat{P}_j = \frac{2\beta_i[\alpha_j + \beta_j\xi_j] + \phi_j[\alpha_i + \beta_i\xi_i]}{4\beta_i\beta_j - \phi_i\phi_j}$$

Par ailleurs, selon le modèle proposé par Bertrand (1883):

$$(7) \quad P_{Bi} = \xi_i \quad \text{et} \quad P_{Bj} = \xi_j$$

Les conditions d'obtention du prix monopolistique sont les suivantes:

$$(8) \quad \frac{\partial(\pi_i + \pi_j)}{\partial P_i} = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial(\pi_i + \pi_j)}{\partial P_j} = 0$$

Le vecteur de prix de monopole  $P^*$  correspond donc à :

$$(9) \quad P_i^* = \frac{\phi_i\alpha_i\delta_i\delta_j + 2\alpha_i\beta_i\delta_i\delta_j + \alpha_i\phi_i\delta_i^2 - \beta_i\phi_i\xi_i\delta_i^2 - (\phi_i^2\xi_i\delta_i^2) + 2\beta_j^2\xi_i\delta_i\delta_j - \phi_i\phi_j\xi_i\delta_i\delta_j}{(-(\delta_i^2\phi_i^2) + 4\beta_i\beta_j\delta_i\delta_j - 2\phi_i\phi_j\delta_i\delta_j - (\phi_j^2\delta_j^2))}$$

$$P_j^* = \frac{\phi_j\alpha_i\delta_i\delta_j + 2\alpha_i\beta_i\delta_i\delta_j + \alpha_i\phi_i\delta_i^2 - \beta_i\phi_i\xi_i\delta_i^2 - (\phi_i^2\xi_i\delta_i^2) + 2\beta_i^2\xi_j\delta_i\delta_j - \phi_i\phi_j\xi_j\delta_i\delta_j}{(-(\delta_j^2\phi_j^2) + 4\beta_i\beta_j\delta_i\delta_j - 2\phi_i\phi_j\delta_i\delta_j - (\phi_i^2\delta_i^2))}$$

Le prix de collusion de ce superjeu sera moins élevé que le prix qui maximiserait le profit dans un jeu à une période afin de diminuer le bénéfice marginal associé à la défection (Porter, 1983a). Par conséquent, durant le jeu, les prix prendront les valeurs  $0 < \tilde{P}_i \leq \mu P_i^*$ , où  $\tilde{P}_i$  représente le prix observé sur le marché et  $0 < \mu < 1$ .

### 3.5. Les stratégies

Rappelons que, tel que mentionné dans la revue de la littérature, une industrie en guerre peut utiliser des stratégies de punition continues ou discontinues. Green & Porter (1984) et Porter (1983a, 1983b et 1985) ont porté leurs attentions sur les stratégies discontinues qui consistent en une réversion immédiate à l'équilibre concurrentiel de Nash lors de la défection d'un joueur. Dans ce cas, au déclenchement d'une guerre, le prix en vigueur deviendrait celui calculé par l'équation 6.

Par la suite, ABS (1986) ont critiqué le modèle de Green & Porter. Ils ont mis en évidence, entres autres, l'impossibilité d'utiliser des punitions potentiellement plus sévères que la réversion à l'équilibre de Nash. Lors d'une guerre, selon ABS, le prix pourrait se situer entre celui de l'équation 7 et de l'équation 8. Cette stratégie présente toutefois l'inconvénient d'être trop sévère pour être considérée comme étant crédible. Par conséquent, la menace d'utiliser un tel comportement ne parviendrait pas à soutenir une collusion à la Friedman (1971). Cependant, si une guerre de prix sert de base à la renégociation des rentes obtenues par la collusion, tel qu'observées par Levenstein (1997) dans l'industrie du bromure de potassium, il est effectivement possible que le prix atteigne le niveau de Nash. Nous devrions alors supposer que l'annonce publique d'Ultramar ait été perçue, dans l'industrie, comme étant un désir de renégocier les rentes obtenues par la collusion. Notons que le cartel du bromure n'a jamais descendu ses prix en deça du coût marginal, ici représenté par  $\xi$ .

Par ailleurs, Kalai & Stanford (1986) ont établi que l'utilisation de stratégies de punitions continues pouvait correspondre à un équilibre parfait du sous-jeu à condition que le temps de réaction soit court et les chocs suffisamment rares. Dans une industrie telle que la vente au détail d'essence, les prix peuvent être modifiés en l'espace de quelques minutes. De plus, les guerres de prix occasionnelles sont



séparées par des périodes de stabilité (Slade, 1987). Il est donc concevable qu'une stratégie de punition continue ait été utilisée durant la guerre de l'été 1996.

Slade (1988) a par la suite modélisé l'utilisation de stratégies continues dans un oligopole à informations parfaites. Ce modèle présentait des baisses de prix proportionnelles à celles du compétiteur. Lors de la guerre de l'été 1996, il semble que les indépendants aient agi de cette façon. Dans ce cas,

$$(10) \quad \begin{aligned} \tilde{P}_{it} &= f(\tilde{P}_{jt-1}) \\ &= P^*_{it} + \psi_i (\tilde{P}_{jt-1} - P^*_{jt-1}) \end{aligned}$$

De même,

$$\tilde{P}_{jt} = P^*_{jt} + \psi_j (\tilde{P}_{it-1} - P^*_{it-1})$$

La guerre de prix se déclenche lorsque  $\tilde{P}_{jt-1} - P^*_{jt-1} < 0$  ou que  $\tilde{P}_{it-1} - P^*_{it-1} < 0$ . À ce moment, pour qu'il y ait interactions stratégiques,  $\psi$  peut correspondre à trois domaines de valeurs:

- 1) si  $0 < \psi < 1$ : le joueur descend son prix d'un montant inférieur à celui du compétiteur;
- 2) si  $\psi = 1$ : le joueur descend son prix du même montant que le compétiteur ;
- 3) si  $\psi > 1$ : le joueur descend son prix d'un montant plus élevé que le compétiteur.

Pour simplifier, assumons que:

$$P^*_{it} = P^*_i \quad \forall t$$

$$P^*_{jt} = P^*_j \quad \forall t$$

Selon cette hypothèse, le prix de monopole est le même pour toutes les périodes du jeu. En d'autres termes, les paramètres  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\phi$  et  $\xi$  demeurent inchangés.

Le profit, lors des guerres de prix, devient donc:

$$(11) \quad \pi_{it} = \sum_{t=0}^T \{ (P_i^* + \psi_i (\tilde{P}_{it-1} - P_i^*) - \xi_i)(\alpha_i - \beta_i (P_i^* + \psi_i (\tilde{P}_{it-1} - P_i^*))) + \phi_i (P_j^* + \psi_j (\tilde{P}_{it-1} - P_j^*)) - F_i \} \delta_i^t$$

$$\pi_{jt} = \sum_{t=0}^T \{ (P_j^* + \psi_j (\tilde{P}_{jt-1} - P_j^*) - \xi_j)(\alpha_j - \beta_j (P_j^* + \psi_j (\tilde{P}_{jt-1} - P_j^*))) + \phi_j (P_i^* + \psi_i (\tilde{P}_{jt-1} - P_i^*)) - F_j \} \delta_j^t$$

La valeur de  $T$  dépend du nombre de périodes nécessaires à l'atteinte du prix correspondant à l'équilibre concurrentiel de Nash prévu par l'équation (6).

Les conditions de premier ordre d'optimisation de l'interaction des joueurs sont:

$$(12) \quad \frac{\partial \pi_{it}}{\partial \psi_i} = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial \pi_{jt}}{\partial \psi_j} = 0$$

correspondant à

$$(13a) \quad \psi_i^* = \frac{-(-\alpha_i + 2\beta_i P_i^* - \phi_i P_j^* - \beta_i \xi_i + \phi_i P_i^* \psi_j - \phi_i \tilde{P}_{it-1} \psi_j)}{2\beta_i (-P_i^* + \tilde{P}_{it-1})}$$

$$(13b) \quad \psi_j^* = \frac{-(-\alpha_j + 2\beta_j P_j^* - \phi_j P_i^* - \beta_j \xi_j + \phi_j P_j^* \psi_i - \phi_j \tilde{P}_{jt-1} \psi_i)}{2\beta_j (-P_j^* + \tilde{P}_{jt-1})}$$

Les équations 13a et 13b représentent les fonctions de réaction des deux joueurs, soient les indépendants et les majeurs. Pour chaque baisse proportionnelle choisie par un joueur, il est ainsi possible de déterminer le pourcentage de la baisse qui permettra de maximiser le profit de l'autre joueur.

En remplaçant  $\psi_j$  de l'équation 13a par l'équation 13b, et vice versa, nous obtenons les résultats suivants:

$$(14a) \quad \psi_i^* = \frac{\alpha_i \phi_i + 2\alpha_i \beta_j - 4\beta_i \beta_j P_i^* + \phi_i \phi_j P_j^* + \phi_i \beta_j \xi_j + 2\beta_i \beta_j \xi_i}{(4\beta_i \beta_j - \phi_i \phi_j) (-P_i^* + \tilde{P}_{j,t-1})}$$

$$(14b) \quad \psi_j^* = \frac{\alpha_j \phi_j + 2\alpha_j \beta_i - 4\beta_j \beta_i P_j^* + \phi_j \phi_i P_i^* + \phi_j \beta_i \xi_i + 2\beta_j \beta_i \xi_j}{(4\beta_j \beta_i - \phi_j \phi_i) (-P_j^* + \tilde{P}_{i,t-1})}$$

Nous ajouterons aussi une stratégie qui semble avoir caractérisé la guerre de l'essence de 1996. En s'engageant à offrir un prix égal à celui des compétiteurs, représentés par les joueurs indépendants, Ultramar ne vendait pas son essence à un prix inférieur, bien qu'elle fut la dernière à remonter ses prix. Dans un pareil cas,

$$(15) \quad \tilde{P}_{jt} = \tilde{P}_{it-1}$$

### 3.6. Statiques Comparatives

Cette section analysera les conséquences de la variation des paramètres du modèle sur la guerre de prix. Nous évaluerons d'abord les conséquences d'un changement dans la fonction de réaction d'un joueur sur son compétiteur. Par la suite, seront étudiés tour à tour l'effet des modifications des paramètres d'un joueur sur sa stratégie de prix optimale et le résultat des fluctuations des paramètres d'un joueur sur la stratégie de prix optimale de son compétiteur.



### 3.6.1. L'impact de la variation de la fonction de réaction d'un joueur sur l'interaction stratégique optimale de son compétiteur

Les fonctions de réaction, représentées par les équations 13a et 13b, permettent à un joueur d'évaluer le pourcentage optimal de sa baisse de prix selon la baisse initiale de son compétiteur. En dérivant le  $\psi_i^*$  de l'équation 13a par  $\psi_j$ , nous obtenons un résultat positif.

$$(16) \quad \frac{\partial \psi_i^*}{\partial \psi_j} = - \frac{\phi_i (P_i^* - \tilde{P}_{it-1})}{2\beta_i (-P_j^* + \tilde{P}_{jt-1})} < 0$$

En effet, il a été précisé par Porter (1983a) que le prix de collusion d'un superjeu doit être moins élevé que le prix  $P^*$  qui maximiserait le profit dans un jeu à une période afin de diminuer le bénéfice marginal associé à la défection. Ainsi, sans dévier de l'entente tacite,  $\tilde{P}_{it-1}$  est toujours inférieur à  $P_i^*$ . De même,  $\tilde{P}_{jt-1}$  sera toujours inférieur à  $P_j^*$ . La partie  $P_i^* - \tilde{P}_{it-1}$  du numérateur est donc positive tandis que la portion  $-P_j^* + \tilde{P}_{jt-1}$  du dénominateur est négative. Les résultats globaux négatifs au numérateur et au dénominateur impliquent une dérivée positive.

L'équation 10 présentait la méthode de fixation de prix des joueurs  $i$  et  $j$ . Pour le joueur  $i$ ,  $\tilde{P}_{it} = P_{it}^* + \psi_i (\tilde{P}_{jt-1} - P_{jt-1}^*)$ . Par définition,  $\psi_i^*$  sera toujours multiplié à un nombre négatif. Plus  $\psi_i^*$  est élevé, plus le  $\tilde{P}_{it}$  correspondant sera faible.

En bref, l'équation 16 nous révèle que plus la variable d'interaction stratégique  $\psi_j$  augmente, plus  $\psi_i$  augmentera. En d'autres termes, plus le joueur  $j$  diminuera son prix, plus le joueur  $i$  devra baisser le sien dans une proportion plus élevée. L'inverse est aussi vrai.

### 3.6.2. L'impact des variations des paramètres du joueur i sur son interaction stratégique optimale

Puisque chacun des paramètres du modèle possède une signification propre dans l'équation de demande ou de profit de chacune des entreprises, il est intéressant d'étudier l'incidence de leurs variations sur le déroulement d'une guerre de prix. Dans cette section, nous nous attardons aux paramètres de l'entreprise i, soit  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$ ,  $\phi_i$  et  $\xi_i$ . Les paramètres de l'entreprise concurrente seront analysés dans la prochaine section.

Le paramètre  $\alpha_i$  représente la clientèle de base du joueur i. À l'aide de l'équation 1, il est aisé de comprendre qu'il s'agit de la quantité vendue par l'entreprise i, advenant un prix  $P_i$  et  $P_j$  égal à zéro. En dérivant le  $\psi^*_i$  de l'équation 14a par  $\alpha_i$ , nous obtenons un résultat négatif.

$$(17) \quad \frac{\partial \psi^*_i}{\partial \alpha_i} = \frac{2\beta_i}{(4\beta_i\beta_j - \phi_i\phi_j)(-P^*_j + \tilde{P}_{j,t-1})} < 0$$

En effet, il a été précisé, à l'équation 1, que la sensibilité au prix de la clientèle d'un joueur est plus élevée, en valeur absolue, que la sensibilité au prix que cette même clientèle démontre à l'égard du compétiteur. Il en résulte que  $4\beta_i\beta_j - \phi_i\phi_j$  est positif. Le résultat global positif au numérateur et négatif au dénominateur implique une dérivée négative.

Ainsi, plus la clientèle de base du joueur i est élevée, moins il devra réagir agressivement aux baisses de prix du joueur i. L'inverse est aussi vrai.

Le paramètre  $\beta_i$  exprime la sensibilité au prix de la clientèle du joueur i. L'équation 1 démontre que plus cette sensibilité est forte, plus la quantité vendue par le joueur i sera faible. La dérivée du  $\psi^*_i$  de l'équation 14a par  $\beta_i$  est positive.

$$(18) \quad \frac{\partial \psi^*_i}{\partial \beta_i} = \frac{2\beta_j(2\alpha_j\phi_i + 4\alpha_i\beta_j + 2\beta_j\phi_i\xi_j + \phi_i\phi_j\xi_i)}{(-4\beta_i\beta_j + \phi_i\phi_j)^2(P^*_j - P_{jt-1})} > 0$$

Il semble donc que plus la clientèle  $i$  est sensible au prix, plus ce joueur devra réagir violemment envers une baisse de prix de son compétiteur.

Le paramètre  $\phi_i$  désigne la sensibilité de la clientèle  $i$  au prix du joueur  $j$ . L'équation 1 démontre que plus cette sensibilité est forte, plus la quantité vendue par l'entreprise  $i$  sera élevée. En effet, les consommateurs  $i$  demeureront fidèles à l'entreprise  $i$ . La dérivée du  $\psi^*_i$  de l'équation 14a par  $\phi_i$  est négative.

$$(19) \quad \frac{\partial \psi^*_i}{\partial \phi_i} = \frac{2\beta_j(2\alpha_j\beta_i + \alpha_i\phi_j + 2\beta_i\beta_j\xi_j + \beta_i\phi_j\xi_i)}{(-4\beta_i\beta_j + \phi_i\phi_j)^2(-P^*_j + P_{jt-1})} < 0$$

Par conséquent, plus la clientèle d'un joueur est sensible au prix du compétiteur, moins ce joueur devra réagir fortement aux baisses de prix du compétiteur.

Finalement, la variable  $\xi_i$  représente le coût variable de l'entreprise  $i$ . La dérivée de  $\psi^*_i$  de l'équation 14 par rapport à  $\xi_i$  donne un résultat négatif.

$$(20) \quad \frac{\partial \psi^*_i}{\partial \xi_i} = \frac{2\beta_i\beta_j}{(4\beta_i\beta_j - \phi_i\phi_j)(-P^*_j + P_{jt-1})} < 0$$

Dans ce cas, plus le coût variable d'une entreprise augmente, moins elle devra réagir aux baisses de prix du concurrent.



### 3.6.3. L'impact des variations des paramètres du joueur j sur l'interaction stratégique optimale du joueur i.

Le paramètre  $\alpha_j$  décrit la clientèle de base du joueur j. En effectuant la dérivée de  $\psi^*_i$  par rapport à  $\alpha_j$ , nous obtenons un résultat négatif.

$$(21) \quad \frac{\partial \psi^*_i}{\partial \alpha_j} = \frac{\phi_i}{(4\beta_i\beta_j - \phi_i\phi_j)(-P^*_j + \tilde{P}_{jt-1})} < 0$$

Plus la clientèle de base du joueur j augmente, moins la diminution de prix de i par rapport à la baisse initiale de j devra être drastique.

De même, le paramètre  $\beta_j$  évoque la sensibilité de la clientèle j par rapport au prix de l'entreprise j. La dérivée de  $\psi^*_i$  par rapport à  $\beta_j$  s'exprime positivement.

$$(22) \quad \frac{\partial \psi^*_i}{\partial \beta_j} = \frac{\phi_i(4\beta_i\alpha_i + 2\alpha_i\phi_i + \phi_i\phi_i\xi_i + 2\beta_i\phi_i\xi_i)}{(-4\beta_i\beta_j + \phi_i\phi_j)^2(P^*_j - \tilde{P}_{jt-1})} > 0$$

En d'autres termes, plus la clientèle de j est sensible au prix de j, moins il sera optimal pour i de réagir vigoureusement aux baisses de prix initiées par le joueur j.

Quant au paramètre  $\phi_j$ , il correspond à la sensibilité de la clientèle j au prix de l'entreprise i. La dérivée de  $\psi^*_i$  de l'équation 14 par rapport à  $\phi_j$  donne un résultat négatif.

$$(23) \quad \frac{\partial \psi^*_i}{\partial \phi_j} = \frac{\phi_i(\phi_i\alpha_j + 2\alpha_i\beta_j + \phi_i\beta_j\xi_j + 2\beta_i\beta_j\xi_i)}{(-4\beta_i\beta_j + \phi_i\phi_j)^2(-P^*_j + \tilde{P}_{jt-1})} < 0$$

Plus la clientèle d'un compétiteur est sensible au prix d'une entreprise, moins la baisse de prix qu'elle devra effectuer suite à une première descente de sa concurrente sera élevée.

Finalement, la dérivée de  $\psi^*_i$  de l'équation 14 par rapport à  $\xi_j$ , variable symbolisant le coût variable du joueur  $j$ , est négative.

$$(24) \quad \frac{\partial \psi^*_i}{\partial \xi_j} = \frac{\phi_i \beta_j}{(4\beta_i \beta_j + \phi_i \phi_j)(-P^*_j + \tilde{P}_{j,t-1})} < 0$$

Plus le coût variable de l'entreprise adverse augmente, moins une entreprise devra réagir brutalement à une baisse de prix de cette concurrente.

Il est à noter que l'équation 14, représentant l'interaction stratégique optimale des deux joueurs, n'inclut pas le facteur d'actualisation  $\delta$  qui s'interprète comme désignant l'impatience d'un joueur. Il semble que le fait qu'un joueur soit plus anxieux d'en finir avec une guerre de prix que son compétiteur n'ait aucun impact sur la meilleure interaction stratégique à adopter.

En résumé, la guerre des prix de l'essence ordinaire, observée au Québec durant l'été 1996, sert de prétexte à la modélisation des stratégies utilisées, lors de périodes réversives, par des duopoles asymétriques en situation d'informations parfaites. Cette guerre de prix démarra lorsqu'Ultramar annonça qu'elle vendrait son essence au même prix que les indépendants. Traditionnellement, l'essence des majeurs s'était toujours vendue à un prix légèrement supérieur à celle des indépendants, ces-derniers faisant face à une demande plus élastique.

Nous proposons donc un modèle de jeu séquentiel à horizon infini qui suppose un état initial de collusion tacite et des fonctions de demande et de coût total

linéaires. La maximisation des profits du duopole s'obtient grâce à un prix de collusion se situant entre le prix concurrentiel de Nash et le prix de monopole.

Au déclenchement d'une guerre de prix, les joueurs peuvent utiliser une stratégie de punition discontinue, qui consiste à descendre immédiatement le prix à celui prédit par l'équilibre de Nash. Par ailleurs, les compétiteurs peuvent aussi punir de façon continue en baissant les prix de façon proportionnelle aux diminutions offertes par la partie adverse. Les tests empiriques décrits dans la revue de la littérature ont rarement conclu en des réductions de prix en-deça de l'équilibre concurrentiel de Nash. En effet, des punitions aussi sévères ne possèdent pas la crédibilité nécessaire au soutien d'une collusion tacite. Bien que l'intérêt de ce mémoire ne porte pas sur la cause de la guerre des prix de l'essence, supposer qu'elle soit due à un désir de renégocier les rentes obtenues par la collusion nous donne le loisir d'utiliser des stratégies dans lesquelles les prix pourraient atteindre le niveau prédit par Bertrand.

Par ailleurs, il est possible qu'un joueur, plutôt que de baisser son prix de façon proportionnelle, décide d'égaliser le prix du compétiteur. Il semble, d'ailleurs, que cette stratégie ait été adoptée par les majeurs lors de la guerre des prix de l'essence de 1996.

Finalement, en effectuant quelques statiques comparatives sur les paramètres du modèle de guerre de prix, nous remarquons que seules les variations des paramètres  $\beta_i$  et  $\beta_j$ , représentant respectivement la sensibilité au prix de la clientèle de l'entreprise  $i$  et de l'entreprise  $j$ , impliquent une augmentation de la réaction d'une entreprise face à une baisse de prix de son compétiteur. Dans tous les autres cas, nommément dans les cas des paramètres de clientèles de base  $\alpha$ , de sensibilité de la clientèle  $\phi$  et de coûts variables  $\xi$ , une augmentation de leurs valeurs entraîne une baisse de la réaction d'un joueur à l'égard de la baisse de prix de son compétiteur.



## CHAPITRE 4

### LA SIMULATION

Cette section présente une série de simulations, effectuées à partir du modèle de guerre de prix, dans le but d'identifier les stratégies optimales et leurs résultantes pour les deux joueurs selon différents scénarios. Alors que les statiques comparatives évaluaient exclusivement la conséquence de changements dans les paramètres sur la stratégie optimale d'un joueur, cette simulation permet, en plus, d'évaluer le nombre de périodes que durera une guerre ainsi que l'évolution des profits et des prix. Afin de faciliter l'analyse des résultats, la guerre de prix sera amorcée par le joueur  $j$  dans chacune des simulations.

Rappelons que le modèle comporte 5 paramètres, soient :

- $\alpha$ : clientèle de base d'un joueur;
- $\beta$ : sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur;
- $\phi$ : sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur;
- $\xi$ : coût variable;
- $\rho$ : taux d'intérêt.

Dans le logiciel Excel, chacune des équations du chapitre 3 ont été programmées et les valeurs de références suivantes ont été attribuées aux paramètres:

$$\alpha=1150, \beta=115, \phi=110, \xi=22, \rho=0,10$$

Ce faisant, il est possible de calculer le prix de collusion ( $P^*$ ), le prix de l'équilibre concurrentiel de Nash ( $P$ ), le prix de Bertrand ( $P_B$ ), le profit de chaque

période du jeu ( $\pi$ ), le profit total actualisé ( $\pi_t$ ), soit la somme des profits actualisés de toutes les périodes du jeu, le prix optimal du joueur désirant déclencher une guerre ainsi que la stratégie optimale ( $\psi$ ) du concurrent qui doit répondre à cette attaque. Dans le calcul du profit, les frais fixes ont été évalués à 750\$. La simulation consiste à faire varier chacune des valeurs de références attribuées aux paramètres de façon à pouvoir comparer les profits, les prix et la stratégie optimale dans les différentes situations.

Les paramètres varieront d'abord de façon symétrique. En d'autres termes, lorsque la valeur d'un paramètre variera, ce sera de façon égale pour les deux joueurs. Ces simulations seront représentées graphiquement en mettant en évidence les profits totaux actualisés et la stratégie optimale ( $\psi$ ) selon différentes valeurs de chacun des paramètres. Des tableaux représentent l'évolution des prix durant la guerre en comparaison avec le prix de collusion et le prix concurrentiel obtenu par le calcul de l'équilibre de Nash. Le prix de Bertrand n'est pas inclus dans les tableaux puisqu'il est toujours égal au coût variable dont la valeur de référence est 22, exception faite de la section 4.1.5. qui fait différer le coût variable.

Est contenue dans la section des variations symétriques la stratégie selon laquelle un joueur égalise le prix du défecteur. Cette stratégie est représentée par un graphique démontrant le nombre de périodes d'un jeu, les prix joués par chaque joueur, et leurs profits actualisés.

Finalement, les paramètres varieront de façon asymétrique. En d'autres termes, les valeurs des paramètres différeront entre les deux joueurs pour représenter les situations dans lesquelles un des deux joueurs possède un avantage concurrentiel sur l'autre joueur. Les graphiques des variations asymétriques serviront à illustrer le nombre de période du jeu, les prix joués par chaque joueur ainsi que leurs profits actualisés.

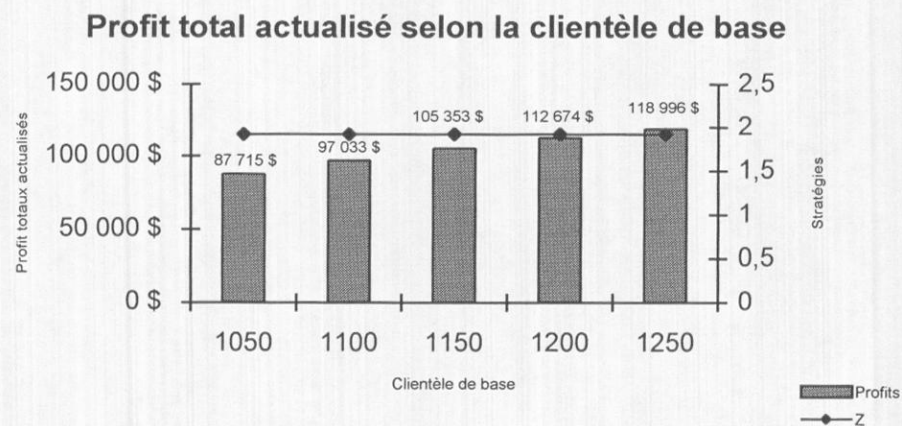
#### 4.1. Les variations symétriques

Cette section simule, dans l'ordre, des variations pour les joueurs  $i$  et  $j$  dans : la clientèle de base ( $\alpha$ ), la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur ( $\beta$ ), la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur ( $\phi$ ), le taux d'intérêt en vigueur ( $\rho$ ) et le coût variable ( $\xi$ ). À la fin de la section, une simulation sera effectuée dans le but d'analyser la stratégie selon laquelle le compétiteur égalise le prix du joueur qui débute la guerre de prix.

##### 4.1.1. Les variations dans la clientèle de base

Cinq simulations ont assigné une clientèle de base aux joueurs  $i$  et  $j$  égalant 1 050, 1 100, 1 150, 1 200 et 1 250. Le graphique 1 présente le profit total actualisé et la stratégie optimale selon les différentes valeurs du paramètre  $\alpha$ . La variation dans la clientèle de base n'a pas d'impact sur la stratégie ( $\psi$ ) du joueur triché.

Graphique 1



Suite à l'adoption, par  $j$ , du prix prévu par l'équation 11, prix de déclenchement d'une guerre, si  $i$  se comporte de façon optimale, il diminuera toujours



son prix de 1,92 par rapport à la baisse initiale de  $j$ . Dans les faits (voir tableaux 3 à 7), le modèle indique que l'entreprise  $i$  devrait immédiatement afficher un prix correspondant à l'équilibre concurrentiel de Nash,  $p$ , prévu par l'équation 6. Ainsi, après la quatrième période de jeu, les deux concurrents affichent le prix concurrentiel de Nash, soit le prix normalement en vigueur dans une industrie non collusive.

Remarquons que plus la clientèle de base est élevée, plus le profit total actualisé est élevé. Les tableaux 3 à 7 présentent le prix joué, le prix de collusion, la stratégie optimale et les profits actualisés selon la période du jeu. À titre indicatif, le prix prévu par l'équilibre concurrentiel de Nash est également indiqué. Les cinq tableaux se distinguent par leurs valeurs différentes du paramètre  $\alpha$ . Le prix prévu par l'équilibre de Bertrand égal 22.

**Tableau 3: Simulation de variations dans la clientèle de base  
( $\alpha=1050$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>(éq. 11 ou 10) | Prix de collusion<br>(éq. 9) | Stratégies<br>(éq. 15) | Prix concurrentiel<br>(éq. 6) | Profit actualisé $i$ | Profit actualisé $j$ |
|--|----------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                | 54,16                        | -                      | 29,83                         | 24306,32\$           | 24306,32\$           |
| 2: Baisse initiale de $j$              | 41,47                            | 54,16                        | 1,92                   | 29,83                         | 3727,22\$            | 67131,38\$           |
| 3: réponse de $i$                      | 29,83                            | 54,16                        | 1,92                   | 29,83                         | 18572,45\$           | 58718,33\$           |
| 4: réponse de $j$                      | 29,83                            | 54,16                        | 1                      | 29,83                         | 23784,45\$           | 63930,34\$           |

**Tableau 4: Simulation de variations dans la clientèle de base  
( $\alpha=1100$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>(équ. 11 ou 10) | Prix de collusion<br>(équ. 9) | Stratégies<br>(équ. 15) | Prix concurrentiel<br>(équ. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                 | 59,16                         | -                       | 30,25                          | 29131,32\$         | 29131,32\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 44,07                             | 59,16                         | 1,92                    | 30,25                          | (3375,73\$)        | 84418,40\$         |
| 3: réponse de i                        | 30,25                             | 59,16                         | 1,92                    | 30,25                          | 14463,21\$         | 70872,12\$         |
| 4: réponse de j                        | 30,25                             | 59,16                         | 1                       | 30,25                          | 20312,12\$         | 76721,03\$         |

**Tableau 5: Simulation de variations dans la clientèle de base  
( $\alpha=1150$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>(équ. 11 ou 10) | Prix de collusion<br>(équ. 9) | Stratégies<br>(équ. 15) | Prix concurrentiel<br>(équ. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                 | 64,16                         | -                       | 30,67                          | 34206,32\$         | 34206,32\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 46,68                             | 64,16                         | 1,92                    | 30,67                          | (12609,11\$)       | 103520,65\$        |
| 3: réponse de i                        | 30,67                             | 64,16                         | 1,92                    | 30,67                          | 8442,50\$          | 83872,74\$         |
| 4: réponse de j                        | 30,67                             | 64,16                         | 1                       | 30,67                          | 14961,32\$         | 90390,57\$         |

**Tableau 6: Simulation de variations dans la clientèle de base  
( $\alpha=1200$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>(équ. 11 ou 10) | Prix de collusion<br>(équ. 9) | Stratégies<br>(équ. 15) | Prix concurrentiel<br>(équ. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                 | 69,16                         | -                       | 31,08                          | 39531,32\$         | 39531,32\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 49,29                             | 69,16                         | 1,92                    | 31,08                          | (23972,93\$)       | 124438,11\$        |
| 3: réponse de i                        | 31,08                             | 69,16                         | 1,92                    | 31,08                          | 510,33\$           | 97720,21\$         |
| 4: réponse de j                        | 31,08                             | 69,16                         | 1                       | 31,08                          | 7732,06\$          | 104941,94\$        |

**Tableau 7: Simulation de variations dans la clientèle de base  
( $\alpha=1250$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>( $\text{eq. 11}$<br>ou 10) | Prix de collusion<br>( $\text{eq. 9}$ ) | Stratégies<br>( $\text{eq. 15}$ ) | Prix concurrentiel<br>( $\text{eq. 6}$ ) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|---|---|-----------------------------------|--|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -   | 74,16                                   | -                                 | 31,50                                    | 45106,32\$         | 45106,32\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 51,90   | 74,16                                   | 1,92                              | 31,50                                    | (37467,18\$)       | 147170,80\$        |
| 3: réponse de i                        | 31,50   | 74,16                                   | 1,92                              | 31,50                                    | (9333,31\$)        | 112414,51\$        |
| 4: réponse de j                        | 31,50   | 74,16                                   | 1                                 | 31,50                                    | (1375,66\$)        | 120372,15\$        |

L'entreprise j, instigatrice de la guerre de prix, termine toujours une guerre de prix avec un profit actualisé plus élevé que l'entreprise i, bien que ce profit soit inférieur à ce qu'il aurait été en l'absence de périodes réversives. La baisse initiale de j, à la période 2 (1,92), est à la fois suffisamment élevée pour attirer une clientèle importante et suffisamment faible pour obtenir un profit intéressant. En outre, plus la clientèle de base est élevée, plus la différence entre les profits actualisés des deux compétiteurs est élevée. En effet, dans le tableau 3 la clientèle de base est égale à 1 050. L'entreprise j obtient un profit actualisé supérieur de 40 145,89\$ à sa concurrente. Lorsque la clientèle de base égale 1 250 (tableau 7), la différence de profit équivaut 121 747,81\$ en faveur de l'entreprise j.

#### **4.1.2. Les variations de la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur**

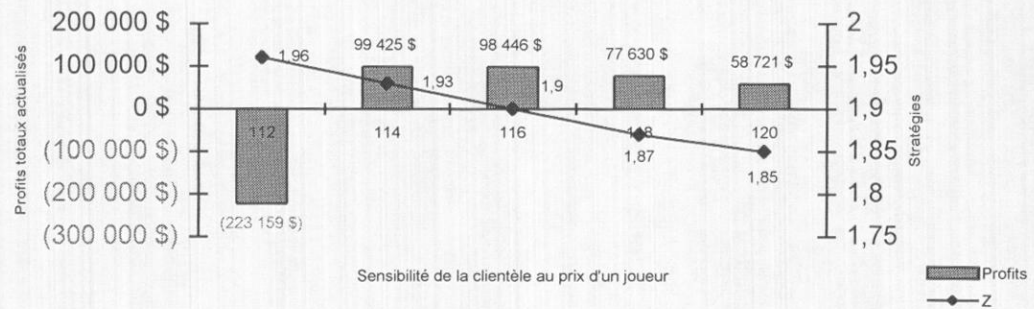
Les valeurs de 112, 114, 116, 118 et 120 ont été attribuées au paramètre de la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur dans les cinq simulations de cette section. Le graphique 2 présente le profit total actualisé et la stratégie optimale selon les différentes valeurs du paramètre  $\beta$ . Plus la sensibilité de la clientèle au prix d'un



joueur est élevée, moins grande devra être la baisse de prix du joueur triché ( $\psi$  diminue).

Graphique 2

**Profit total actualisé selon la sensibilité de la clientèle  
au prix d'un joueur**



En effet, une plus petite diminution de prix suffira à attirer la clientèle. Encore une fois (voir tableaux 8 à 12), le modèle indique que l'entreprise *i* devrait afficher, dès la troisième période, un prix,  $p$ , correspondant à l'équilibre concurrentiel de Nash (équation 6). Ainsi, après la quatrième période de jeu, les deux concurrents affichent le prix concurrentiel de Nash, soit le prix normalement en vigueur dans une industrie non collusive.

Notons que la relation entre la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur et le profit total actualisé est non linéaire. En effet, le profit total actualisé augmente pour des valeurs de  $\beta$  se situant entre [112; 116[. Toutefois, le profit diminue lorsque  $\beta$  se situe entre [116; 120]. Les tableaux 8 à 12 présentent le prix joué, le prix de collusion, la stratégie optimale et les profits actualisés selon la période du jeu. À titre indicatif, le prix prévu par l'équilibre concurrentiel de Nash est également indiqué. Les cinq tableaux se distinguent par leurs valeurs différentes du paramètre  $\beta$ . Le prix prévu par l'équilibre de Bertrand égal 22.

**Tableau 8: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur ( $\beta = 112$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>(équ. 11 ou 10) | Prix de collusion<br>(équ. 9) | Stratégies<br>(équ. 15) | Prix concurrentiel<br>(équ. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                 | 145,89                        | -                       | 31,70                          | 105573,28\$        | 105573,28\$        |
| 2: Baisse initiale de j                | 87,78                             | 145,89                        | 1,96                    | 31,70                          | (580785,77\$)      | 589375,38\$        |
| 3: réponse de i                        | 31,70                             | 145,89                        | 1,96                    | 31,70                          | (517483,11\$)      | 278138,83\$        |
| 4: réponse de j                        | 31,70                             | 145,89                        | 1                       | 31,70                          | (509390,64\$)      | 286231,30\$        |

**Tableau 9: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur ( $\beta = 114$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>(équ. 11 ou 10) | Prix de collusion<br>(équ. 9) | Stratégies<br>(équ. 15) | Prix concurrentiel<br>(équ. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                 | 77,77                         | -                       | 31                             | 46039,37\$         | 46039,37\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 53,57                             | 77,77                         | 1,93                    | 31                             | (56441,48\$)       | 158885,21\$        |
| 3: réponse de i                        | 31                                | 77,77                         | 1,93                    | 31                             | (28418,75\$)       | 113820,64\$        |
| 4: réponse de j                        | 31                                | 77,77                         | 1                       | 31                             | (21407,18\$)       | 120832,21\$        |

**Tableau 10: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur ( $\beta = 116$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>(équ. 11 ou 10) | Prix de collusion<br>(équ. 9) | Stratégies<br>(équ. 15) | Prix concurrentiel<br>(équ. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                 | 55,08                         | -                       | 30,34                          | 26358,59\$         | 26358,59\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 42,07                             | 55,08                         | 1,90                    | 30,34                          | 5391,28\$          | 72341,16\$         |
| 3: réponse de i                        | 30,34                             | 55,08                         | 1,90                    | 30,34                          | 21837,47\$         | 64498,71\$         |
| 4: réponse de j                        | 30,34                             | 55,08                         | 1                       | 30,34                          | 27892,59\$         | 70553,84\$         |

**Tableau 11: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur ( $\beta = 118$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>( $\text{eq. 11}$<br>ou 10) | Prix de collusion<br>( $\text{eq. 9}$ ) | Stratégies<br>( $\text{eq. 15}$ ) | Prix concurrentiel<br>( $\text{eq. 6}$ ) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|---|---|-----------------------------------|--|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -   | 43,74                                   | -                                 | 29,73                                    | 16641,08           | 16641,08           |
| 2: Baisse initiale de j                | 36,26   | 43,74                                   | 1,87                              | 29,73                                    | 15403,81           | 38879,99           |
| 3: réponse de i                        | 29,73   | 43,74                                   | 1,87                              | 29,73                                    | 26178,39           | 41036,85           |
| 4: réponse de j                        | 29,73   | 43,74                                   | 1                                 | 29,73                                    | 31385,93           | 46244,39           |

**Tableau 12: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur ( $\beta = 120$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>( $\text{eq. 11}$<br>ou 10) | Prix de collusion<br>( $\text{eq. 9}$ ) | Stratégies<br>( $\text{eq. 15}$ ) | Prix concurrentiel<br>( $\text{eq. 6}$ ) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|---|---|-----------------------------------|--|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -   | 36,93                                   | -                                 | 29,15                                    | 10908,87\$         | 10908,87\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 32,72   | 36,93                                   | 1,85                              | 29,15                                    | 14893,76\$         | 23949,36\$         |
| 3: réponse de i                        | 29,15   | 36,93                                   | 1,85                              | 29,15                                    | 22346,20\$         | 27463,10\$         |
| 4: réponse de j                        | 29,15   | 36,93                                   | 1                                 | 29,15                                    | 26801,82\$         | 31918,72\$         |

Instigatrice de la guerre de prix, l'entreprise j obtient un profit actualisé plus élevé que l'entreprise i. En outre, plus la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur est élevée, plus la différence entre les profits actualisés des deux compétiteurs est faible. Cette observation peut s'expliquer par le fait que la baisse de prix du joueur triché diminue à mesure que la variable  $\beta$  augmente. Ainsi, une plus petite baisse de prix suffira à attirer la clientèle et diminuera l'effet de la guerre sur les profits.

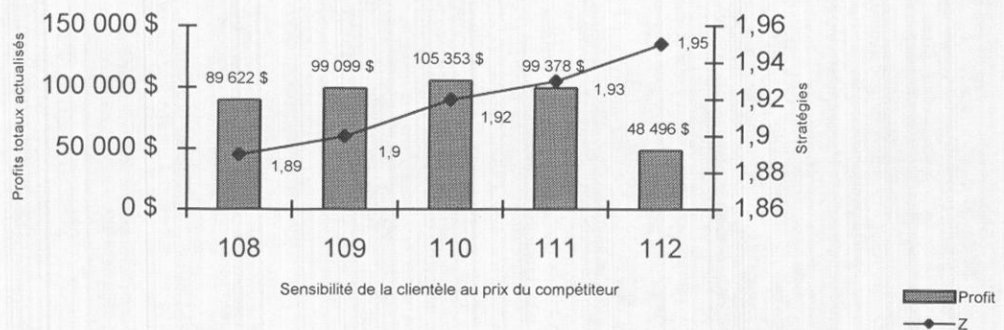


#### 4.1.3. Les variations de la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur

Le paramètre de la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur a pris, pour les deux joueurs, les valeurs 108, 109, 110, 111 et 112 dans les cinq simulations de cette section. Le graphique 3 présente le profit total actualisé et la stratégie optimale selon les différentes valeurs du paramètre  $\phi$ . Plus la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur est élevée, plus grande devra être la baisse de prix ( $\psi$ ) du joueur triché.

Graphique 3

#### Profit total actualisé selon la valeur de la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur



En effet, une plus grande diminution de prix sera nécessaire pour attirer la clientèle du compétiteur. Le modèle prévoit une fois de plus (voir tableaux 13 à 17) que l'entreprise  $i$  devrait réagir en affichant un prix,  $p$ , de Nash tel que calculé par l'équation 6. Ainsi, après la quatrième période de jeu, les deux concurrents affichent le prix concurrentiel de Nash, soit le prix normalement en vigueur dans une industrie non collusive.

Précisons, pour une deuxième fois, la non-linéarité de la relation entre le profit total actualisé et la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur. En effet, le

profit total actualisé augmente lorsque  $\phi$  se situe entre  $[108; 110[$  pour redescendre entre  $[110; 112]$ . Les tableaux 13 à 17 présentent le prix joué, le prix de collusion, la stratégie optimale et les profits actualisés selon la période du jeu. À titre indicatif, le prix prévu par l'équilibre concurrentiel de Nash est également indiqué. Les cinq tableaux se distinguent par une valeur différente du paramètre  $\phi$ . Le prix prévu par l'équilibre de Bertrand égal 22.

**Tableau 13: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle au prix d'un compétiteur ( $\phi = 108$ )**

| Période                                | Prix de guerre (eq. 11 ou 10) | Prix de collusion (eq. 9) | Stratégies (eq. 15) | Prix concurrentiel (eq. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|-------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                             | 49,38                     | -                   | 30,16                      | 21274,33\$         | 21274,33\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 39,19                         | 49,38                     | 1,89                | 30,16                      | 12401,40\$         | 54499,58\$         |
| 3: réponse de i                        | 30,16                         | 49,38                     | 1,89                | 30,16                      | 25920,98\$         | 52271,64\$         |
| 4: réponse de j                        | 30,16                         | 49,38                     | 1                   | 30,16                      | 31635,64\$         | 57986,29\$         |

**Tableau 14: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle au prix d'un compétiteur ( $\phi = 109$ )**

| Période                                | Prix de guerre (eq. 11 ou 10) | Prix de collusion (eq. 9) | Stratégies (eq. 15) | Prix concurrentiel (eq. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|-------------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                             | 55,54                     | -                   | 30,41                      | 26642,18\$         | 26642,18\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 42,32                         | 55,54                     | 1,9                 | 30,41                      | 4968,68\$          | 73374,22\$         |
| 3: réponse de i                        | 30,41                         | 55,54                     | 1,9                 | 30,41                      | 21612,90\$         | 65271,75\$         |
| 4: réponse de j                        | 30,41                         | 55,54                     | 1                   | 30,41                      | 27720,31\$         | 71379,16\$         |

**Tableau 15: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle au prix d'un compétiteur ( $\phi = 110$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>(éq. 11 ou 10) | Prix de collusion<br>(éq. 9) | Stratégies<br>(éq. 15) | Prix concurrentiel<br>(éq. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|----------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                | 64,16                        | -                      | 30,67                         | 34206,32\$         | 34206,32\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 46,68                            | 64,16                        | 1,92                   | 30,67                         | (12609,11\$)       | 103520,65\$        |
| 3: réponse de i                        | 30,67                            | 64,16                        | 1,92                   | 30,67                         | 8442,50\$          | 83872,74\$         |
| 4: réponse de j                        | 30,67                            | 64,16                        | 1                      | 30,67                         | 14961,32\$         | 90391,57\$         |

**Tableau 16: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle au prix d'un compétiteur ( $\phi = 111$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>(éq. 11 ou 10) | Prix de collusion<br>(éq. 9) | Stratégies<br>(éq. 15) | Prix concurrentiel<br>(éq. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|----------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                | 77,09                        | -                      | 30,92                         | 45613,98\$         | 46613,98\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 53,20                            | 77,09                        | 1,93                   | 30,92                         | (54814,43\$)       | 156829,51\$        |
| 3: réponse de i                        | 30,92                            | 77,09                        | 1,93                   | 30,92                         | (27106,97\$)       | 112585,37\$        |
| 4: réponse de j                        | 30,92                            | 77,09                        | 1                      | 30,92                         | (20157,30\$)       | 119535,05\$        |



**Tableau 17: Simulation de variations dans la sensibilité de la clientèle au prix d'un compétiteur ( $\phi = 112$ )**

| Période                                | Prix de guerre<br>(éq. 11 ou 10) | Prix de collusion<br>(éq. 9) | Stratégies<br>(éq. 15) | Prix concurrentiel<br>(éq. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|----------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                | 98,64                        | -                      | 31,19                         | 64708,67\$         | 64708,67\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 64,03                            | 98,64                        | 1,95                   | 31,19                         | (167660,98 \$      | 156829,51\$        |
| 3: réponse de i                        | 31,19                            | 98,64                        | 1,95                   | 31,19                         | (128795,40 \$      | 112585,37\$        |
| 4: réponse de j                        | 31,19                            | 98,64                        | 1                      | 31,19                         | (121394,63 \$      | 119535,05\$        |

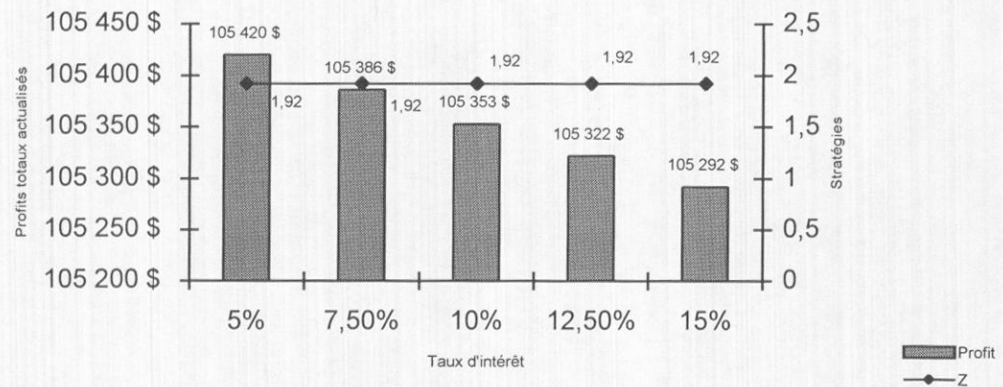
L'entreprise j, qui déclencha la guerre de prix, obtient un profit actualisé plus élevé que l'entreprise i. Ici, la différence entre les profits actualisés des deux compétiteurs et la baisse de prix optimale augmentent avec la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur. Par conséquent, la plus grande baisse de prix nécessaire pour attirer la clientèle accentuera l'effet de la guerre sur les profits.

#### **4.1.4. Les variations du taux d'intérêt**

Cinq simulations ont été effectuées pour des taux d'intérêt équivalant 5%, 7,5%, 10%, 12,5% et 15%. Le taux d'intérêt en vigueur n'influe pas sur la stratégie ( $\psi$ ) du joueur triché. Le graphique 4 présente le profit total actualisé et la stratégie optimale selon les différentes valeurs du paramètre  $\rho$ .

Graphique 4

## Profit total actualisé selon le taux d'intérêt en vigueur



En effet, quelque soit le taux d'intérêt en vigueur, si j descend son prix, selon l'équation 11, de façon à capturer plus de marché, l'entreprise i devra diminuer son prix de 1,92 par rapport à la baisse de j. Le profit total actualisé, toutefois, est inversement proportionnel au taux d'intérêt en vigueur.

Le tableau 18 indique que suite au déclenchement d'une guerre de prix par l'entreprise j, i devrait afficher un prix correspondant à l'équilibre concurrentiel de Nash (équation 6). L'entreprise j égalisera ensuite ce prix. Ainsi, après la quatrième période de jeu, les deux concurrents affichent le prix concurrentiel de Nash, soit le prix normalement en vigueur dans une industrie non collusive.

**Tableau 18: Simulation de variations dans le taux d'intérêt en vigueur**  
 ( $\rho = 5\%; 7,5\%; 10\%; 12,5\%; 15\%$ )

| Période                                | Prix de guerre<br>(équ. 11 ou 10) | Prix de collusion<br>(équ. 9) | Stratégies<br>(équ. 15) | Prix concurrentiel<br>(équ. 6) |
|--|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                 | 64,16                         | -                       | 30,67                          |
| 2: Baisse initiale de j                | 46,68                             | 64,16                         | 1,92                    | 30,67                          |
| 3: réponse de i                        | 30,67                             | 64,16                         | 1,92                    | 30,67                          |
| 4: réponse de j                        | 30,67                             | 64,16                         | 1                       | 30,67                          |

Le taux d'intérêt en vigueur, du moins lorsqu'il se situe dans le domaine [5%; 15%] n'a pas d'impact sur le prix de collusion, le prix de guerre, le prix concurrentiel, le prix de Bertrand ni, tel que mentionné précédemment, sur la stratégie. Quelque soit le taux d'intérêt, donc, le scénario du tableau 18 tiendra cours. En fait (voir tableau 19), seul le profit actualisé souffrira d'un taux d'intérêt plus élevé.

**Tableau 19: Les profits actualisés suite à une simulation de variations dans les taux d'intérêt**

| Taux d'intérêt | Profit actualisé i<br>(période 4) | Profit actualisé j<br>(période 4) |
|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 5%             | 15963,78\$                        | 89455,95\$                        |
| 7,5%           | 15450,90\$                        | 89934,64\$                        |
| 10%            | 14961,32\$                        | 90391,57\$                        |
| 12,5%          | 14493,51\$                        | 90828,19\$                        |
| 15%            | 14046,04\$                        | 91245,83\$                        |

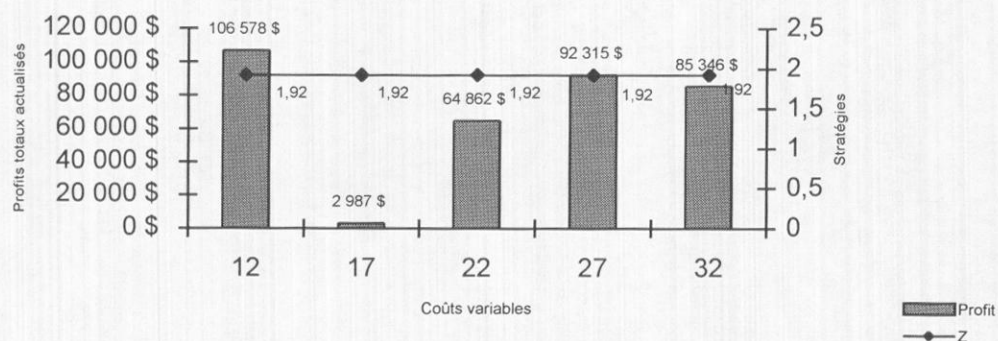


#### 4.1.5. Les variations du coût variable

Pour les cinq simulations effectuées sur le coût variable, les valeurs de 12, 17, 22, 27 et 32 ont été attribuées à ce paramètre. Le graphique 5 présente le profit total actualisé et la stratégie optimale selon les différentes valeurs du paramètre  $\xi$ . Le coût variable n'a aucun impact sur la valeur de la baisse de prix optimale du joueur triché.

Graphique 5

#### Profit total actualisé selon le coût variable



Pour tous coûts variables, si j descend son prix de façon optimale (équation 11), l'entreprise i devra baisser de 1,92 son prix, par rapport à la baisse de j. Par contre, le profit total actualisé est une fonction non-linéaire du coût variable.

Tout comme il a été vu précédemment, le déclenchement d'une guerre de prix par l'entreprise j incite l'entreprise i à afficher un prix correspondant à l'équilibre concurrentiel de Nash (équation 6). Ce prix sera égalé par l'entreprise j. Par conséquent, après la quatrième période de jeu, les deux concurrents affichent le prix concurrentiel de Nash, soit le prix normalement en vigueur dans une industrie non collusive. Les tableaux 20 à 24 présentent le prix joué, le prix de collusion, la stratégie optimale et les profits actualisés selon la période du jeu. À titre indicatif, le prix prévu par l'équilibre concurrentiel de Nash est également indiqué. Les cinq

tableaux se distinguent par une valeur différente du paramètre  $\xi$ , lequel représente aussi le prix prévu par l'équilibre de Bertrand.

**Tableau 20: Simulation de variations dans les coûts variables**  
( $\xi=12$ ) ; Prix de Bertrand (équation 7) = 12

| Période                                | Prix de guerre<br>(éq. 11<br>ou 10) | Prix de collusion<br>(éq. 9) | Stratégies<br>(éq. 15) | Prix concurrentiel<br>(éq. 6) | Profit actualisé<br>i | Profit actualisé<br>j |
|--|-------------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                   | 87,27                        | -                      | 21,08                         | 52965,31\$            | 52965,31\$            |
| 2: Baisse initiale de j                | 52,74                               | 87,27                        | 1,92                   | 21,08                         | (179958,36\$)         | 243050,98\$           |
| 3: réponse de i                        | 21,08                               | 87,27                        | 1,92                   | 21,08                         | (143263,07\$)         | 146250,17\$           |
| 4: réponse de j                        | 21,08                               | 87,27                        | 1                      | 21,08                         | (136041,33\$)         | 153471,90\$           |

**Tableau 21: Simulation de variations dans les coûts variables**  
( $\xi=17$ ) ; Prix de Bertrand (équation 7) = 17

| Période                                | Prix de guerre<br>(éq. 11<br>ou 10) | Prix de collusion<br>(éq. 9) | Stratégies<br>(éq. 15) | Prix concurrentiel<br>(éq. 6) | Profit actualisé<br>i | Profit actualisé<br>j |
|--|-------------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                   | 75,71                        | -                      | 25,88                         | 44542,36\$            | 44542,36\$            |
| 2: Baisse initiale de j                | 49,71                               | 75,71                        | 1,92                   | 25,88                         | (78838,42\$)          | 166833,39\$           |
| 3: réponse de i                        | 25,88                               | 75,71                        | 1,92                   | 25,88                         | (50132,38\$)          | 114994,82\$           |
| 4: réponse de j                        | 25,88                               | 75,71                        | 1                      | 25,88                         | (43266,23\$)          | 121860,97\$           |

**Tableau 22: Simulation de variations dans les coûts variables  
( $\xi=22$ ) ; Prix de Bertrand (équation 7) = 22**

| Période                                | Prix de guerre<br>(éq. 11<br>ou 10) | Prix de collusion<br>(éq. 9) | Stratégies<br>(éq. 15) | Prix concurrentiel<br>(éq. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|-------------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                   | 64,16                        | -                      | 30,67                         | 34206,32\$         | 34206,32\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 46,68                               | 64,16                        | 1,92                   | 30,67                         | (12609,11\$)       | 103520,65\$        |
| 3: réponse de i                        | 30,67                               | 64,16                        | 1,92                   | 30,67                         | 8442,50\$          | 83872,74\$         |
| 4: réponse de j                        | 30,67                               | 64,16                        | 1                      | 30,67                         | 14961,32\$         | 90391,57\$         |

**Tableau 23: Simulation de variations dans les coûts variables  
( $\xi=27$ ) ; Prix de Bertrand (équation 7) = 27**

| Période                                | Prix de guerre<br>(éq. 11<br>ou 10) | Prix de collusion<br>(éq. 9) | Stratégies<br>(éq. 15) | Prix concurrentiel<br>(éq. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|-------------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                   | 52,60                        | -                      | 35,46                         | 21957,20\$         | 21957,20\$         |
| 2: Baisse initiale de j                | 43,66                               | 52,60                        | 1,92                   | 35,46                         | 18729,57\$         | 53112,77\$         |
| 3: réponse de i                        | 35,46                               | 52,60                        | 1,92                   | 35,46                         | 32461,59\$         | 52883,96\$         |
| 4: réponse de j                        | 35,46                               | 52,60                        | 1                      | 35,46                         | 38641,33\$         | 59063,96\$         |

**Tableau 24: Simulation de variations dans les coûts variables  
( $\xi=32$ ) ; Prix de Bertrand (équation 7) = 32**

| Période                                | Prix de guerre<br>(éq. 11<br>ou 10) | Prix de collusion<br>(éq. 9) | Stratégies<br>(éq. 15) | Prix concurrentiel<br>(éq. 6) | Profit actualisé i | Profit actualisé j |
|--|-------------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------|
| 1: Avant le déclenchement de la guerre | -                                   | 41,04                        | -                      | 40,25                         | 7794,99\$          | 7794,99\$          |
| 2: Baisse initiale de j                | 40,63                               | 41,04                        | 1,92                   | 40,25                         | 15177,61\$         | 15609,74\$         |
| 3: réponse de i                        | 40,25                               | 41,04                        | 1,92                   | 40,25                         | 21924,87\$         | 22028,45\$         |
| 4: réponse de j                        | 40,25                               | 41,04                        | 1                      | 40,25                         | 27773,79\$         | 27877,37\$         |



L'entreprise j, qui déclencha la guerre de prix, obtient un profit actualisé plus élevé que l'entreprise i. Ici, la différence entre les profits actualisés des deux compétiteurs diminue au fur et à mesure qu'augmente le coût variable. En effet, alors que le coût variable égal 12, la différence entre le profit actualisé de i et celui de j est de 289 513,23\$. Lorsque ce coût variable atteint 32, les profits actualisés des deux entreprises deviennent pratiquement les mêmes, avec une différence de seulement 103,58\$. Cette observation s'explique par le fait que plus le coût variable augmente, plus le prix de collusion se rapproche du prix compétitif.

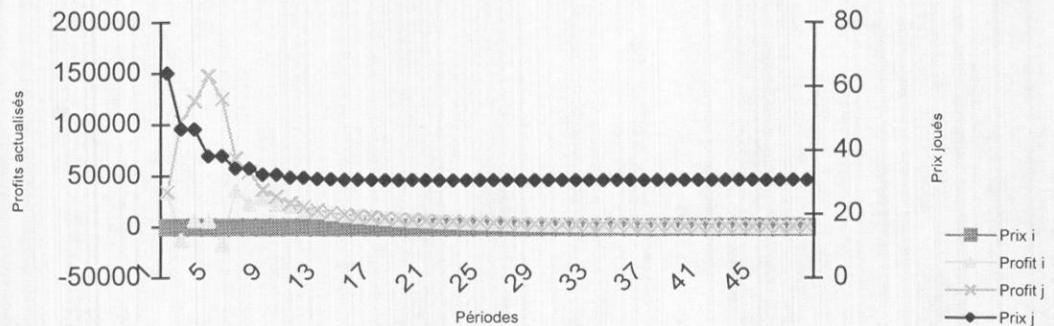
#### **4.1.6. Lorsqu'un joueur égalise le prix du défecteur**

Dans cette simulation, les paramètres égalent leurs prix de référence respectifs ( $\alpha=1150$ ,  $\beta=115$ ,  $\phi=110$ ,  $\xi=22$ ,  $\rho=0,10$ ) et ceci pour les deux joueurs. Le graphique 6 présente les prix joués et les profits totaux actualisés pour chaque période du jeu.

À la première période de jeu, les entreprises affichent le prix de collusion 64,16 cents. Leurs courbes de demande étant symétriques, les deux joueurs obtiennent le même profit de 34 206,32\$. À la période 2, l'entreprise j démarre une guerre et diminue son prix selon l'équation 11. Elle récolte, pour cette période, un profit de 69 326,39\$ tandis que le joueur i fait une perte de 46 841,84\$. À la période 3, l'entreprise i opte pour une stratégie différente que l'optimisation de son profit, elle égalise le prix du compétiteur. Ce faisant, les deux joueurs recueillent un profit identique de 19 885,58\$. L'entreprise j conserve toutefois le premier rang en ce qui a trait aux profits actualisés. À chaque période paire, l'entreprise j diminuera son prix selon l'équation 11, prix qui sera égalisé par l'entreprise i lors des périodes impaires.

Graphique 6

## Le joueur i égalise le prix du joueur j



L'utilisation de cette stratégie allonge considérablement l'épisode de guerre de prix. Les prix joués tendent vers l'équilibre concurrentiel de Nash (30,67 cents), prévu par l'équation 6. De plus, les profits actualisés tendent vers 0 pour les deux entreprises.

#### 4.2. Les variations asymétriques

Cette section simule, dans l'ordre, des variations dans: la clientèle de base, la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur, la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur, le taux d'intérêt en vigueur et le coût variable. Dans cette section, les différents paramètres sont toujours différents entre les joueurs de façon à illustrer les situations dans lesquelles un joueur possède un avantage concurrentiel sur l'autre joueur.

#### 4.2.1. Les variations dans la clientèle de base

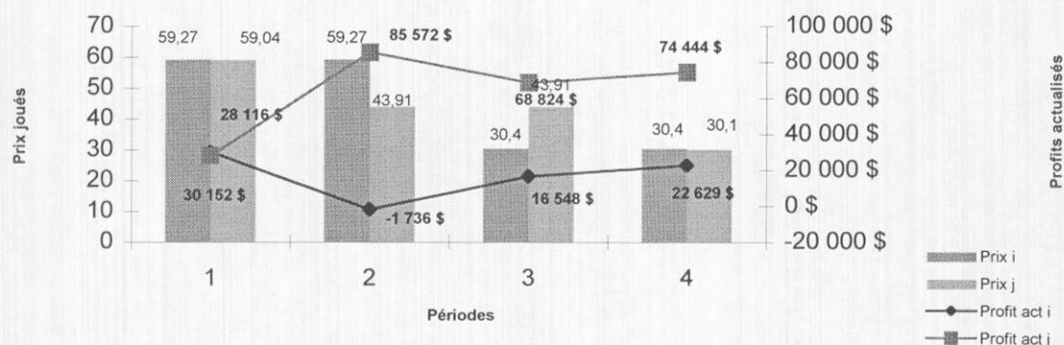
Le joueur *i* possède une clientèle de base de 1 150 consommateurs. Dans la première simulation, la clientèle de base du joueur *i* est plus élevée que celle du joueur *j*. Le graphique 7 présente les prix joués et les profits actualisés par période de jeu pour la première simulation. Dans la deuxième simulation, le joueur *j* possède une clientèle de base plus élevée. Le graphique 8 présente les prix joués et les profits actualisés par période de jeu pour la deuxième simulation.

À la période 1 de la première simulation, les deux joueurs affichent les prix de collusion qui sont de 50,27 cents et de 59,04 cents pour les entreprises *i* et *j* respectivement. Grâce à sa clientèle de base plus élevée, le joueur *i* obtient un profit (30 152,35\$) plus élevé que le joueur *j* (28 115,85\$). À la période 2, le joueur *j* enclenche une guerre en diminuant son prix selon l'équation 11. Afin d'afficher un prix lui permettant d'obtenir un profit optimal, le joueur *i* baisse (période 3) son prix de **1,91** par rapport à la baisse initiale de *j*, soit légèrement moins que lorsque les deux types d'entreprises possédaient une clientèle de base équivalente. À la période 4, le joueur *j* rectifie son prix et le diminue de **1** par rapport à la baisse du joueur *i*. À la fin de la quatrième période se termine la guerre. Les deux types d'entreprises offrent à leur clientèle un prix ( $P_i=30,4$  et  $P_j= 30,1$ ) correspondant à l'équilibre de Nash,  $p$ , prévu par l'équation 6. Par conséquent, après la quatrième période de jeu, les deux concurrents affichent le prix concurrentiel de Nash, soit le prix normalement en vigueur dans une industrie non collusive.



Graphique 7

La clientèle de base du joueur i (1150) est plus élevée que celle du joueur j (1050)

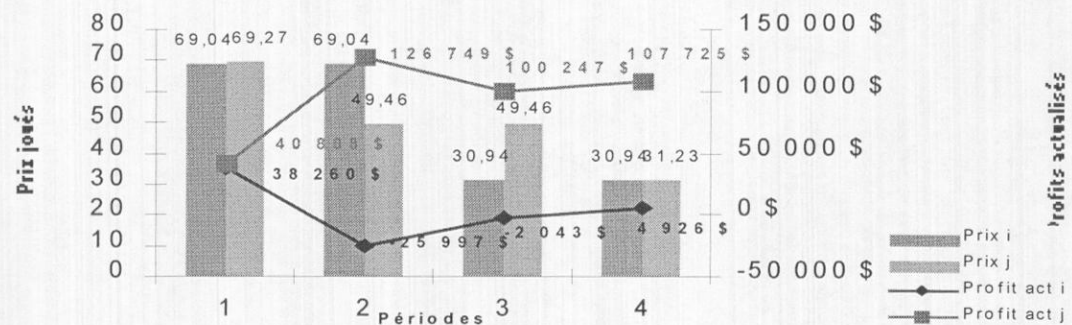


La guerre aura permis à son instigateur, le joueur j, d'obtenir un profit actualisé (74 444,44\$) supérieur à celui du joueur i (22 629,48\$).

Durant la première période de jeu de la deuxième simulation, les prix de collusion, 69,04 cents pour l'entreprise i et 69,27 cents pour l'entreprise j, sont affichés. Cette fois, puisqu'il possède une clientèle de base plus nombreuse, le joueur j obtient un profit (40 807,90\$) supérieur à celui du joueur i (38 260,30\$). Lorsqu'il enclenche la guerre, à la période 2, le joueur j diminue son prix selon l'équation 11. Une baisse, par rapport à la diminution initiale de j, équivalente **(1,92)** à celle requise lorsque les deux entreprises possédaient une clientèle de base égale, permet à l'entreprise i d'obtenir un profit optimal. Le joueur j doit ensuite descendre son prix de 1 par rapport à la baisse de i. À la fin de la guerre, le joueur i affiche un prix de 30,94 cents tandis que le joueur j propose un prix de 31,23 cents. Ces deux prix correspondent à l'équilibre concurrentiel de Nash, p, prévu par l'équation 6.

Graphique 8

**La clientèle de base du joueur j (1250)  
est plus élevée que celle du joueur i  
(1150)**



En instigant une guerre de prix, le joueur j obtient un profit actualisé (107 724,69\$) supérieur à celui du joueur i (4 926,49\$). De plus, la différence entre le profit actualisé du joueur i et celui du joueur j est plus élevée qu'elle ne l'aurait été sans la guerre de prix.

#### 4.2.2. Les variations de la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur

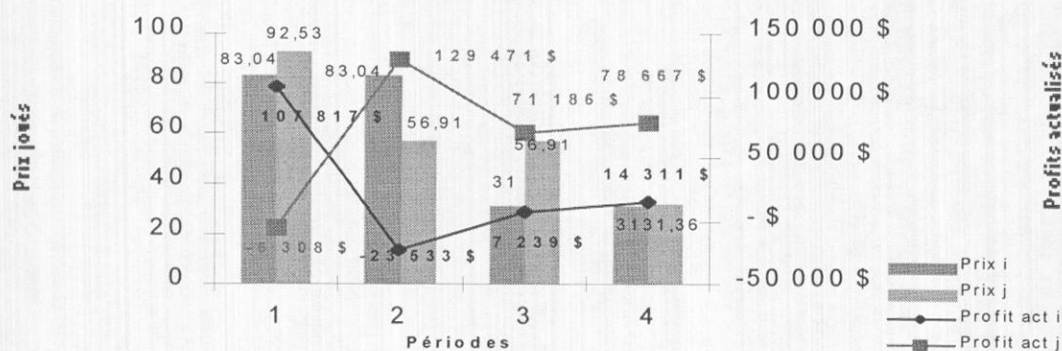
La sensibilité de la clientèle du joueur i est de 115. Dans la première simulation, la sensibilité de la clientèle du joueur i est plus élevée que celle du joueur j. Le graphique 9 présente les prix joués et les profits actualisés par période de jeu pour la première simulation. Dans la deuxième simulation, la sensibilité de la clientèle du joueur j est plus élevée que celle du joueur i. Le graphique 10 présente les prix joués et les profits actualisés par période de jeu pour la deuxième simulation.

En débutant la première simulation, les deux entreprises, i et j, affichent leurs prix de collusion respectifs qui sont de 83,04 cents et 92,53 cents. Grâce à un prix plus bas que celui du joueur j et une clientèle plus sensible au prix, le joueur i recueille un profit plus élevé (107 816,81\$) que le joueur j (-6 307,56\$). Ce dernier

débute alors une guerre de prix (période 2) en affichant le prix correspondant à l'équation 11. À la période 3, le joueur i diminue son prix de **1,46**, par rapport à la baisse du joueur j, de façon à obtenir un profit optimal. La réduction de prix du joueur i, avec une clientèle moins sensible au prix, est donc moins élevée que lorsque les deux types d'entreprise possèdent une clientèle également sensible au prix, même lorsque cette sensibilité varie. Par la suite (période 4), le joueur j termine la guerre en effectuant une baisse de prix de **1,18** par rapport à la diminution du joueur i, soit une baisse plus élevée que celle requise par une clientèle également sensible au prix des deux compétiteurs. Les prix affichés à la fin de la guerre de prix ( $P_i=31$  et  $P_j=31,36$ ) correspondent à l'équilibre de Nash,  $p$ , prévu par l'équation 6. Par conséquent, après la quatrième période de jeu, les deux concurrents affichent le prix concurrentiel de Nash, soit le prix normalement en vigueur dans une industrie non collusive.

Graphique 9

**La sensibilité au prix de la clientèle du joueur i (115) est plus élevée que celle du joueur j (112)**



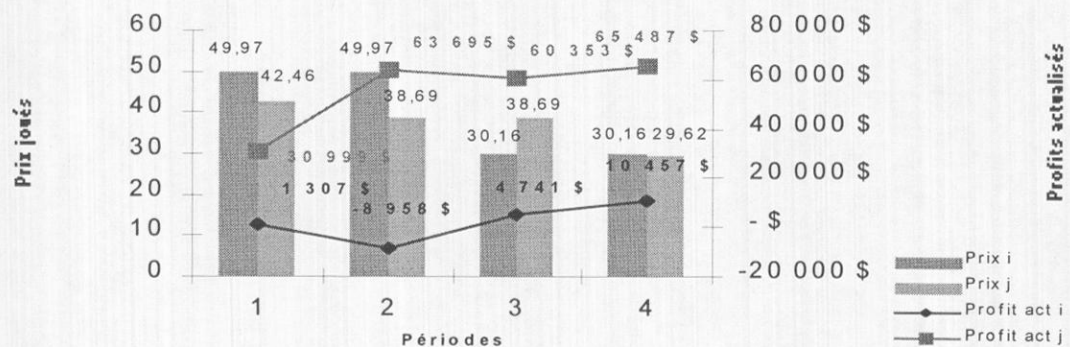
La guerre aura permis à son instigateur, le joueur j, de recevoir un profit actualisé (78 666,76\$) supérieur à celui du joueur i (14 310,60\$). Par surcroît, les profits du joueur j, contrairement à la première période de jeu, est positif et ce, même en affichant un prix de Nash représentant le tiers du prix de collusion.



À la première période de jeu de la deuxième simulation, l'entreprise i propose un prix égal à 49,97 cents alors que l'entreprise j offre un prix de 42,46 cents, qui correspondent au prix de collusion. Grâce à un prix plus bas que celui du joueur i et une clientèle plus sensible au prix, le joueur j récolte un profit (30 998,73\$) plus élevé que le joueur i (1 306,66\$). En démarrant une guerre de prix (période 2), le joueur j affiche un prix correspondant à celui de l'équation 11. À la période 3, afin d'obtenir un profit optimal, le joueur i diminue drastiquement son prix de **5,27** par rapport à la baisse initiale de j, soit de façon supérieure à ce qui fut effectuée lorsque la sensibilité au prix des deux clientèles étaient équivalentes. À la période 4, le joueur j modifie son prix en le diminuant de **0,65** par rapport à la baisse de i, soit de façon nettement inférieure à ce qui fut observée avec deux clientèles également sensibles au prix. Les prix de 30,16 cents et de 29,62 cents, affichés respectivement par les entreprises i et j, correspondent à l'équilibre de Nash, p, prévu par l'équation 6.

Graphique 10

**La sensibilité au prix de la clientèle du joueur i (115) est moins élevée que celle du joueur j (120)**



Dans ce cas, la guerre profite davantage au joueur i qu'au joueur j. En effet, bien que le joueur j obtient un profit actualisé supérieur à celui du joueur i, ce dernier récolte, grâce à la guerre, un profit actualisé supérieur à ce qu'il aurait obtenu sans périodes de réversion. En diminuant son prix, le joueur i conserve sa clientèle en plus

d'attirer la clientèle moins fidèle du joueur j. Ce dernier, de son côté, reçoit un profit actualisé inférieur à ce qu'il aurait obtenu sans déclencher de guerre de prix.

#### **4.2.3. Les variations de la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur**

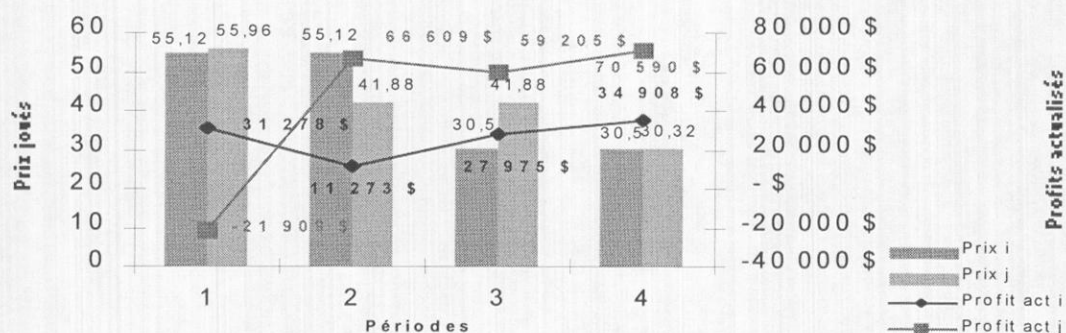
La sensibilité de la clientèle du joueur i par rapport au joueur j est de 110. Dans la première simulation, la sensibilité de la clientèle du joueur i par rapport au joueur j est plus élevée que la sensibilité de la clientèle du joueur j par rapport au joueur i (108). Le graphique 11 présente les prix joués et les profits actualisés par période de jeu pour la première simulation. Dans la deuxième simulation, la sensibilité de la clientèle du joueur j par rapport au joueur i (112) est plus élevée que la sensibilité de la clientèle du joueur i par rapport au joueur j. Le graphique 12 présente les prix joués et les profits actualisés par période de jeu pour la deuxième simulation.

Lors de la première période de jeu de la simulation 1, les entreprises i et j affichent respectivement les prix de collusion 55,12 cents et 55,96 cents. La clientèle du joueur i est plus sensible au prix du joueur j (110) que la clientèle du joueur j ne l'est vis-à-vis le prix du joueur i (108). Ainsi, le prix relativement moins élevé du joueur i lui permet d'obtenir un profit supérieur (31 277,62\$) à celui du joueur j (-21 908,60\$). Durant la deuxième période de jeu, le joueur j diminue son prix de façon à récolter un profit optimal, tel que prévu par l'équation 11. À son tour (période 3), le joueur i baisse son prix de 1,75 par rapport à la baisse initiale du joueur j. La réduction de prix du joueur i, qui possèdent une clientèle plus sensible au prix du joueur j, est donc moins élevée que lorsque les deux entreprises possèdent une clientèle également sensible au prix du compétiteur. Toutefois, la réplique du joueur j (période 4) devra être plus prononcée que dans les cas symétriques. Le joueur j diminuera ainsi son prix de 1,04 de façon à atteindre, tel que son compétiteur lors de la période précédente, le prix correspondant à l'équilibre de Nash (équation 6). Par

conséquent, après la quatrième période de jeu, les deux concurrents affichent le prix concurrentiel de Nash, soit le prix normalement en vigueur dans une industrie non collusive.

Graphique 11

**La clientèle du joueur i est plus sensible  
au prix du joueur j**



La guerre aura permis à son instigateur, le joueur j, de recevoir un profit actualisé (70 589,50\$) supérieur à celui du joueur i (34 907,72\$). Par surcroît, le profit du joueur j, contrairement à la première période de jeu, est positif et ce, même en affichant un prix de Nash moins élevé que le prix de collusion.

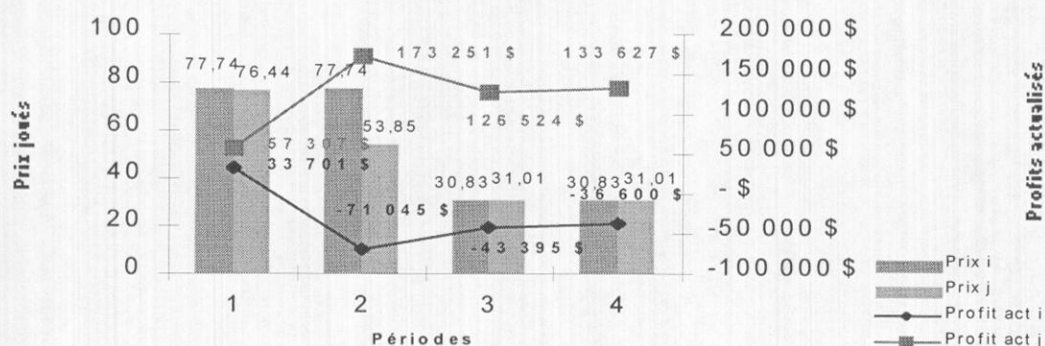
À la période 1 de la deuxième simulation, les deux joueurs affichent les prix de collusion qui sont de 77,74 cents et de 76,44 cents pour les entreprises i et j respectivement. La clientèle du joueur i est moins sensible au prix du joueur j (110) tandis que la clientèle du joueur j est plus sensible au prix du joueur i (112). Le prix légèrement supérieur du joueur i permet au joueur j de récolter un profit supérieur (57 306,67\$) à celui du joueur i (33 701,10\$). À la période 2, le joueur j enclenche une guerre en diminuant son prix selon l'équation 11. Afin d'afficher un prix lui permettant d'obtenir un profit optimal, le joueur i baisse (période 3) son prix de 2,08 par rapport à la baisse initiale de j. Il s'agit d'une baisse supérieure à ce qu'aurait dû effectuer l'entreprise si les deux clientèles avaient été également sensibles aux prix des compétiteurs. À la période 4, le joueur j rectifie son prix et le diminue de 0,96



par rapport à la baisse du joueur i de façon à ce que les deux entreprises offrent à leur clientèle un prix ( $P_i=30,83$  et  $P_j=31,01$ ) correspondant à l'équilibre de Nash,  $p$ , prévu par l'équation 6.

Graphique 12

**La clientèle du joueur i est moins sensible  
au prix du joueur j**



En plus de permettre au joueur j d'obtenir un profit actualisé supérieur (133 626,86\$) à celui du joueur i (-36 599,75\$), la guerre aura fait subir au joueur i un profit actualisé négatif de sorte qu'il devra, potentiellement, sortir du jeu.

#### 4.2.4. Les variations du taux d'intérêt

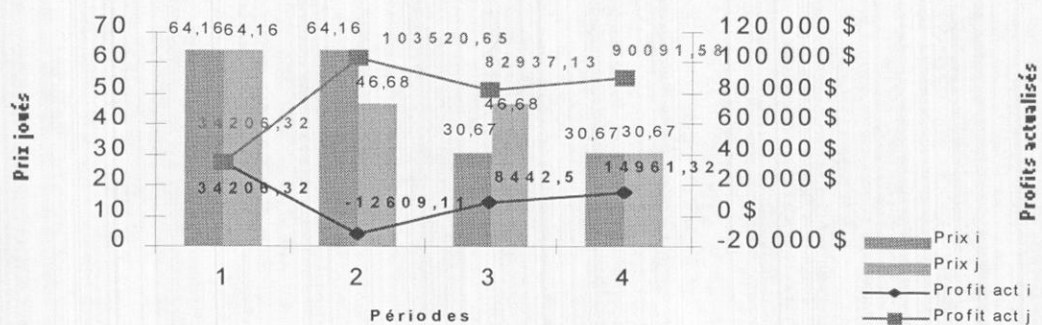
Le joueur i obtient un taux d'intérêt de 10%. Dans la première simulation, le taux d'intérêt du joueur i est plus élevée que celle du joueur j (5%). Le graphique 13 présente les prix joués et les profits actualisés par période de jeu pour la première simulation. Dans la deuxième simulation, le joueur j obtient un taux d'intérêt plus élevée (15%). Le graphique 14 présente les prix joués et les profits actualisés par période de jeu pour la deuxième simulation.

Quelque soit le taux d'intérêt en vigueur (simulation 1 et 2), les entreprises affichent, durant la première période du jeu, le prix de collusion, égalant 64,16 cents.

À ce moment, les deux entreprises obtiennent le même profit de 34 206,32\$. Lorsqu'il enclenche la guerre, à la période 2, le joueur j diminue son prix selon l'équation 11. Une baisse, par rapport à la diminution initiale de j, équivalente (1,92) à celle requise lorsque les deux entreprises obtenaient le même taux d'intérêt, permet à l'entreprise i d'obtenir un profit optimal. Le joueur j doit ensuite descendre son prix de 1 par rapport à la baisse de i. À la fin de la guerre, les deux entreprises affichent le même prix de Nash (30,67), correspondant à l'équation 6. Par conséquent, après la quatrième période de jeu, les deux concurrents affichent le prix concurrentiel de Nash, soit le prix normalement en vigueur dans une industrie non collusive.

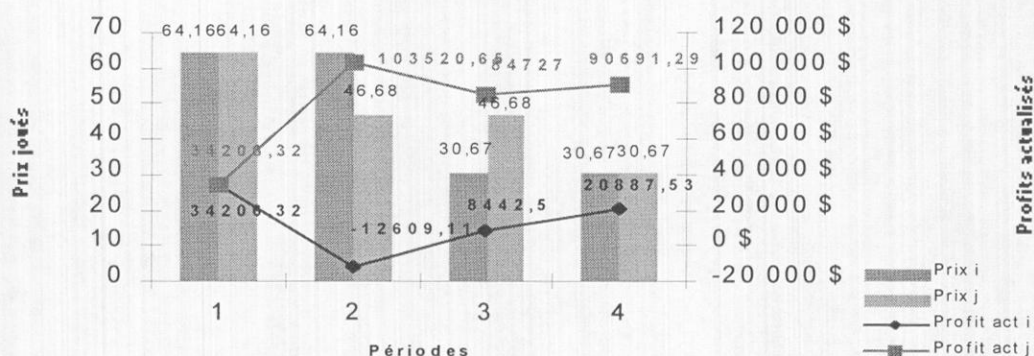
Graphique 13

**Le taux d'intérêt qu'obtient le joueur i  
(10%) est plus élevé que celui qu'obtient  
le joueur j (5%)**



Graphique 14

**Le taux d'intérêt qu'obtient le joueur i  
(10%) est moins élevé que celui qu'obtient  
le joueur j (15%)**



En instigant une guerre de prix, le joueur j obtient un profit actualisé supérieur à celui du joueur i. Plus le taux d'intérêt en vigueur est élevé, plus le profit actualisé des deux entreprises sera élevé.

#### 4.2.5. Les variations du coût variable

Le joueur i possède un coût variable de 22 cents. Dans la première simulation, le coût variable du joueur i est plus élevée que celui du joueur j (12). Le graphique 15 présente les prix joués et les profits actualisés par période de jeu pour la première simulation. Dans la deuxième simulation, le joueur j possède un coût variable plus élevée (32). Le graphique 16 présente les prix joués et les profits actualisés par période de jeu pour la deuxième simulation.

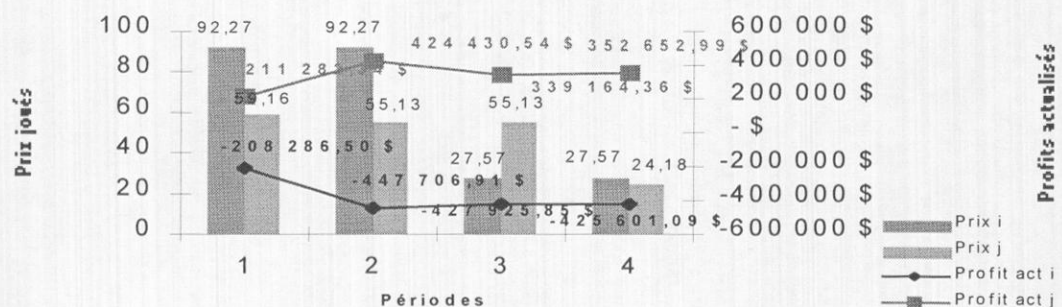
En débutant le jeu, dans la première simulation, les deux entreprises, i et j, affichent leurs prix de collusion respectifs qui sont de 92,27 cents et de 59,16 cents. Grâce à un coût variable moins élevé, le joueur j recueille un profit de 211 282,34\$ tandis que le joueur i obtient un profit négatif de - 208 286,50\$. Le joueur j débute une guerre de prix (période 2) en affichant le prix correspondant à l'équation 11. À la



période 3, le joueur i diminue son prix de **16,06** par rapport à la baisse du joueur j, de façon à obtenir un profit optimal. La réduction de prix du joueur i est donc beaucoup plus élevée lorsque celui-ci possède un coût variable plus élevé que celui du joueur j lorsque les deux compétiteurs font face aux mêmes coûts. Par la suite (période 4), le joueur j termine la guerre en effectuant une baisse de prix de **0,54** par rapport à la diminution du joueur i, soit une baisse moins élevée que celle requise par des coûts variables symétriques entre les deux entreprises. Les prix affichés à la fin de la guerre de prix sont:  $P_i=27,57$  et  $P_j=24,18$ . Par conséquent, après la quatrième période de jeu, les deux concurrents affichent le prix concurrentiel de Nash, soit le prix normalement en vigueur dans une industrie non collusive.

Graphique 15

**Le coût variable du joueur i (22) est plus élevé que celui du joueur j(12)**



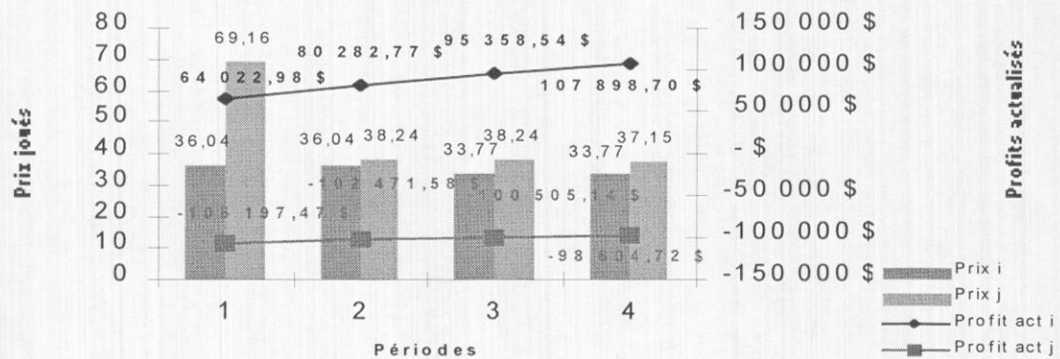
La guerre aura permis à son instigateur, le joueur j, de recevoir un profit actualisé (352 652,99\$) supérieur à celui du joueur i (-425 601,09\$). Cependant, le profit actualisé du joueur j est moindre que ce qu'il aurait été sans la guerre de prix tandis que celui du joueur i est supérieur à ce qu'il aurait été, n'eut été la période réversive.

À la première période du jeu de la deuxième simulation, l'entreprise i propose un prix de 36,04 cents tandis que l'entreprise j offre un prix de 69,16 cents. Ces deux

prix correspondent aux prix de collusion. Grâce à un coût variable moins élevé, le joueur i recueille un profit de 64 022,98\$ alors que le joueur j obtient un profit négatif de 106 197,47\$. En démarrant une guerre de prix (période 2), le joueur j affiche un prix correspondant à celui de l'équation 11. À la période 3, afin d'obtenir un profit optimal, le joueur i diminue drastiquement son prix de **14,05** par rapport à la baisse initiale de j, soit de façon supérieure à ce qui fut effectuée lorsque les coûts variables des deux entreprises étaient identiques. À la période 4, le joueur j modifie son prix en le diminuant de **0,07** par rapport à la baisse de i, soit de façon nettement inférieure à ce qui fut observé lorsque les deux entreprises fonctionnaient avec les mêmes coûts variables. Les prix de 33,77 cents et de 37,15 cents, affichés respectivement par les entreprises i et j, correspondent à l'équilibre de Nash,  $p$ , prévu par l'équation 6. Par conséquent, après la quatrième période de jeu, les deux concurrents affichent le prix concurrentiel de Nash, soit le prix normalement en vigueur dans une industrie non collusive.

Graphique 16

**Le coût variable du joueur i (22) est moins élevé que celui du joueur j (32)**



Dans ce cas, la guerre profite davantage au joueur j qu'au joueur i. En effet, bien que le joueur j obtienne un profit actualisé négatif (-98 604,72\$), ce profit est toutefois supérieur à ce qu'il aurait été sans épisode de guerre de prix. De plus, les

profits actualisés du joueur  $i$  (107 898,70\$) sont inférieurs à ce qu'ils auraient été si la guerre n'avait pas eu lieu.

En conclusion, tant dans les variations symétriques qu'asymétriques, une guerre de prix entre deux joueurs cherchant à optimiser leurs profits ne dure que quatre périodes et se termine lorsque les deux joueurs atteignent le prix prévu par l'équilibre de Nash. Jamais une stratégie de réaction au prix du compétiteur optimale ne suggère l'adoption d'un prix inférieur au prix compétitif, tel que le prix de Bertrand. Rappelons que, dans la littérature, une réversion à l'équilibre de Nash est considérée comme étant trop sévère pour être crédible, mis à part dans les guerres dont le but est de renégocier les rentes obtenues par la collusion. D'ailleurs, les tests empiriques effectués n'ont jamais trouvé de prix aussi bas que ceux du présent modèle. En conséquence, il semble que les guerres de prix réelles ne soient pas jouées de façon optimale.

Dans le cas des variations symétriques, l'entreprise qui démarre la guerre de prix obtient toujours un profit actualisé plus élevé que son concurrent. En supposant que, dans la guerre des prix de l'essence de l'été 1996, les indépendants faisaient face à une fonction de demande symétrique à celle des majeurs, il est aisé de comprendre qu'ils aient, les premiers, descendu leurs prix suite à la mise en place du programme Valeur-Plus d'Ulramar. Devant la menace, ils s'assuraient d'obtenir un profit actualisé plus élevé que leurs compétiteurs. Ensuite, les variations de la clientèle de base, du taux d'intérêt et du coût variable n'a aucun effet sur la stratégie optimale de prix des joueurs. Par contre, plus la sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur est élevée, moins le prix joué par le joueur triché devra diminuer. En effet, les consommateurs sensibles au prix se contentent plus facilement d'une légère baisse de prix. Toutefois, plus la sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur est élevée, plus le prix joué par le joueur triché devra diminuer. Ici, une plus grande diminution de prix est nécessaire pour attirer la clientèle du compétiteur. En ce qui concerne les profits actualisés, plus la clientèle de base est élevée, plus le profit total sera élevé et



plus la différence de profits entre les deux joueurs sera grande. L'inverse s'observe dans les variations du taux d'intérêt. Plus le taux d'intérêt en vigueur est élevé, moins grand sera le profit total. Toutefois, la différence de profits entre les deux joueurs sera plus élevée. Pour leurs parts, le coût variable et les deux variables de sensibilité démontrent une relation non-linéaire avec le profit total actualisé. Par ailleurs, plus le coût variable est élevé, moins la différence entre les profits actualisés des deux joueurs est présente. Il en est de même pour la variable de sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur. Par contre, plus la variable de sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur est élevée, plus la différence entre les profits actualisés des deux compétiteurs est présente.

La stratégie selon laquelle le joueur triché égalise le prix du défecteur amène à des comportements tout à fait différents, quoiqu'elle se classe parmi les variations symétriques. En effet, bien que, comme dans les cas de variations symétriques et asymétriques, les prix ne descendent pas en-deça de l'équilibre concurrentiel de Nash, les profits actualisés des deux joueurs tendent vers zéro. De plus, la guerre dure beaucoup plus que quatre périodes puisque, dans les faits, sa durée tend vers l'infini. Ce genre de guerre est donc potentiellement très dommageable, il n'est donc pas surprenant que le programme Valeur-Plus d'Ultramar ait fait peur aux compétiteurs.

Dans le cas des variations asymétriques, lorsque le défecteur a une clientèle de base moins élevée ainsi que moins sensible à son prix et à celui du compétiteur, ce compétiteur devra réagir moins agressivement que s'il était en situation symétrique. Par contre, si les coûts variables sont asymétriques ou que la clientèle du défecteur est plus sensible à son prix et à celui du compétiteur, ce joueur devra réagir plus agressivement qu'en situation de demande symétrique. La variation asymétrique des taux d'intérêt de même qu'une clientèle de base plus élevée chez le défecteur n'affecte pas la diminution optimale de prix du joueur triché, comparativement aux cas symétriques. En ce qui concerne le profit actualisé, l'écart, entre les deux compétiteurs, est plus élevé lorsque la clientèle de base et les coûts variables sont

asymétriques. Par contre, la différence entre les profits actualisés des compétiteurs est moins élevée lorsque la clientèle du défecteur est plus sensible à ses prix et aux prix de ses compétiteurs. En outre, plus le taux d'intérêt est élevé, plus le profit actualisé des deux entreprises est élevé. De plus, les profits du défecteur augmentent lorsque la clientèle de celui-ci est moins sensible à son prix et à celui du compétiteur. Dans ce cas, il est clair qu'une entreprise a tout à gagner en instigant une guerre de prix. Dans la plupart des autres cas, le promoteur d'une guerre de prix en ressort toujours plus gagnant que son compétiteur quoiqu'il obtient des profits actualisés moindre que s'il n'avait démarré une guerre de prix. Dans le cas où une entreprise possède une clientèle plus sensible à son prix que ne l'est celle du compétiteur, le déclenchement d'une guerre diminuera drastiquement le profit actualisé de son compétiteur. Cette situation permet potentiellement à un joueur d'en sortir un autre du marché. Finalement, lorsqu'il possède un coût variable moins élevé que son compétiteur, un joueur obtiendra un profit plus élevé que son compétiteur bien que moins élevé n'eut été de la guerre. L'inverse est aussi vrai. Ainsi, pour qu'une guerre soit <payante> en situation de coûts variables asymétriques, l'instigateur doit absolument posséder des coûts plus élevés que son compétiteur. Et encore, son compétiteur obtiendra un profit actualisé supérieur à la fin de l'épisode de guerre.

Des tableaux synthèses des simulations symétriques et asymétriques sont présentés aux pages 99 et 100.

En somme, un joueur dont:

- la clientèle est moins sensible à son prix;
- la clientèle est moins sensible au prix du compétiteur;
- les coûts variables sont plus élevés que ceux du compétiteur;

ne profite pas des bienfaits de la collusion. Par conséquent, il est tout à l'avantage de ce joueur de déclencher une guerre de prix et de continuer d'offrir un prix équivalent au prix proposé par l'équilibre de Nash.

Il est donc possible qu'une collusion tacite, anciennement avantageuse, se dissolve suite à un changement dans les paramètres de la demande d'un des deux joueurs.



**Tableau 25 - Synthèse des simulations (variations symétriques)**

| Variations              | Clientèle de base ( $\alpha$ )   | Taux d'intérêt ( $\rho$ )   | Coût variable ( $\xi$ )  | Sensibilité de la clientèle au prix d'un joueur ( $\beta$ )  | Sensibilité de la clientèle au prix du compétiteur ( $\phi$ )   | Égaliser le prix du défecteur  |
|-------------------------|--|---|--|--|---|--|
| Baisse de prix optimale | N'influent pas sur la baisse de prix optimale<br>(1,92)  |   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Plus <math>\beta</math> est élevée, moins la baisse de prix optimale est élevée</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Plus <math>\phi</math> est élevée, plus la baisse de prix optimale est élevée</li> </ul>   | N/A  |
| Profits                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Plus <math>\alpha</math> est élevée, plus le profit total actualisé est élevé</li> <li>Plus <math>\alpha</math> est élevée, plus la différence entre les profits actualisés des deux compétiteurs est élevée</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Plus <math>\rho</math> est élevé, moins le profit total actualisé est élevé</li> <li>Plus <math>\rho</math> est élevée, plus la différence entre les profits actualisés des deux com-pétiteurs est élevée</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>La relation entre <math>\xi</math> et le profit total actualisé est non-linéaire</li> <li>Plus <math>\xi</math> est élevée, moins la différence entre les profits actualisés des deux com-pétiteurs est élevée</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>La relation entre <math>\beta</math> et le profit total actualisé est non-linéaire</li> <li>Plus <math>\beta</math> est élevée, moins la différence entre les profits actualisés des deux com-pétiteurs est élevée</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>La relation entre <math>\phi</math> et le profit total actualisé est non-linéaire</li> <li>Plus <math>\phi</math> est élevée, plus la différence entre les profits actualisés des deux com-pétiteurs est élevée</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Les profits tendent vers 0 pour les deux joueurs</li> </ul> |
| Prix final              | Prix correspondant à l'équilibre de Nash<br>(p)  |   |  |  |   |  |
| Nombre de périodes      | La guerre dure 4 périodes  |   |  |  |   |  |
| Gagnant                 | L'instigateur de la guerre de prix, en l'occurrence j, obtient un profit actualisé plus élevé que i mais moins élevé que sans guerre de prix   |   |  |  |   |  |



## CHAPITRE 5

### COMMENTAIRES DE LA FIN

#### 5.1. *Limites de l'étude*

La modélisation théorique élaborée au cours de ce mémoire cherchait à mieux comprendre le phénomène de guerres de prix. Pour ce faire, l'analyse utilise à la fois des hypothèses inhérentes à la théorie des jeux ainsi que des hypothèses élaborées à partir de la réalité empirique, celle de la guerre des prix de l'essence de l'été 1996 dans la province du Québec. Les rapprochements effectués avaient pour but à la fois de faciliter la compréhension du lecteur et la modélisation. Néanmoins, le modèle demeure théorique et possède les limites reliées à sa position dans la chaîne scientifique de la connaissance. Ainsi, lors d'une telle modélisation, les efforts sont mis sur la validité interne, au détriment de la validité externe.

#### 5.1.2. Validité interne

La validité interne de ce modèle théorique a été assurée par l'utilisation du logiciel Mathématica, permettant d'effectuer les dérivées nécessaires à l'obtention des formules d'optimisation du profit et de la stratégie optimale de prix.



### **5.1.3. Validité externe**

En cherchant à simplifier une réalité pour mieux la comprendre, la modélisation contient nécessairement peu de variables et est de forme fonctionnelle simple. Le choix des variables a été effectué selon une logique subjective basée sur la théorie des jeux. Par exemple, il est possible de croire que, dans la situation de guerre de prix de l'essence, le prix est la variable de décision puisqu'il est affiché de manière plus que visible devant chaque station. De même, il semble judicieux de penser que les joueurs sont concernés par le temps lors de leurs considérations stratégiques et c'est pourquoi un facteur d'actualisation fut intégré au modèle. Par ailleurs, ce modèle est à horizon infini, bien qu'en réalité, l'industrie de la vente au détail d'essence ne sera sans doute pas éternelle. Il semblait conséquent, toutefois, de croire qu'après chaque période, les joueurs prévoient qu'il y en aura une autre.

En contrepartie, une variable importante n'a pas été modélisée dans le jeu présenté. En effet, le langage, élément crucial en résolution de conflits, n'a encore jamais été intégré dans un modèle mathématique de la théorie des jeux (Rubinstein, 1991). Dans notre exemple de guerre de prix de l'essence, il est clair qu'Ultramar avait sous-évalué l'impact du lobbying des indépendants. Ce groupe a modifié la donne du problème en sachant imposer une réglementation dans l'industrie. Rien de tel n'est pourtant démontré dans cette simulation.

En ce qui concerne la forme linéaire du modèle, elle fut adoptée par manque de précisions sur la réalité de l'industrie de la vente au détail de l'essence. Ayant pour principal but l'analyse théorique des stratégies utilisées lors d'une guerre de prix, rien n'indique qu'une autre forme fonctionnelle aurait dû être utilisée dans ce mémoire.

## 5.2. *Apport de l'étude*

Cette étude a un apport pédagogique important. En plus de mieux comprendre le déroulement d'une guerre de prix, elle permet de mieux situer le rôle de la concurrence dans une industrie oligopolistique.

En effet, l'analyse du modèle laisse supposer que la stratégie optimale à adopter par les joueurs en guerre de prix en est une discontinue, qu'une guerre de prix jouée de façon optimale dure toujours quatre périodes et que l'instigateur d'une guerre de prix obtient un profit actualisé supérieur à son compétiteur lorsque la demande est symétrique. En outre, le modèle semble indiquer que la stratégie visant à égaliser le prix du défecteur, utilisée par Ultramar en 1996, est loin d'être optimale. Sa durée tend vers l'infini et les profits des deux joueurs tendent vers zéro. Il est important de signaler, toutefois, que ces résultats tiennent pour les guerres de prix dans lesquelles un joueur qui obtient un profit négatif ne sort pas pour autant du jeu.

De plus, l'étude donne des pistes importantes pour les gestionnaires marketing d'une entreprise. En effet, lorsqu'il y a asymétrie dans les variables de sensibilité ou de coût variable, il ne semble pas nécessaire qu'une industrie cherche à atteindre une collusion. Les profits sont supérieurs lorsque le jeu est joué de manière compétitive. Ainsi, lorsqu'un jeu, au départ symétrique, devient asymétrique, pour les variables ci-haut nommées, lors d'une période quelconque, le joueur possédant la clientèle la moins sensible au prix aura tout intérêt à déclencher une guerre de prix de façon à attirer la clientèle plus sensible du compétiteur et obtenir un profit actualisé supérieur. De même, en déclenchant une guerre de prix, le joueur possédant la clientèle plus sensible au prix du compétiteur réussira à conserver sa clientèle et à attirer la clientèle moins sensible du compétiteur. Ce faisant, il augmentera ses profits actualisés et courra la chance de sortir du jeu son compétiteur qui, potentiellement, essuiera une perte.

### 5.3. *Avenues de recherche*

Dans un but de compléter la compréhension théorique des guerres de prix, plusieurs recherches s'avèrent encore nécessaires. D'abord, il serait intéressant d'effectuer diverses simulations supplémentaires telles qu'augmenter les avantages compétitifs d'un joueur et simuler l'asymétrie dans la stratégie visant à égaliser le prix du compétiteur. De plus, une simulation utilisant une équation de demande non-linéaire permettrait de comparer les résultats obtenus sous deux formes fonctionnelles différentes. En outre, il pourrait être important d'investiguer davantage sur la relation non-linéaire entre le profit et les variables de sensibilité et de coût variable. Finalement, un modèle incluant un troisième joueur pourrait également être élaboré.

Un chercheur plus intéressé aux tâches empiriques pourrait tester le modèle à l'aide de données et ainsi vérifier les profits obtenus, la stratégie utilisée et la durée d'une guerre. De plus, il serait utile de vérifier qualitativement, auprès de gestionnaires, la validité des variables retenues dans la modélisation ou même les conclusions de ce mémoire.

### 5.4. *Conclusion*

En conclusion, la littérature renseigne d'abord sur l'existence de collusions tacites dans les oligopoles (Friedman, 1971). Ces collusions ne sont en équilibre que si les défecteurs sont punis (Green & Porter, 1984). Plusieurs auteurs ont ensuite rapporté des exemples empiriques d'industries passant de périodes coopératives à des périodes non-coopératives (Porter, 1983b; Porter, 1985; ABS, 1986; Ellison, 1994, Levenstein, 1997). Les recherches empiriques de Levenstein (1997) démontrèrent aussi l'existence de guerres dont les punitions se situaient entre l'équilibre de Bertrand et l'équilibre de Nash. L'auteure émet alors l'hypothèse que ces guerres visaient à renégocier les rentes obtenues par la collusion.



Par ailleurs, la littérature convient de deux types de stratégies pouvant être utilisées lors des guerres. Il s'agit de la stratégie discontinue (Friedman, 1971; Green & Porter, 1984) et de la stratégie continue (Kalai & Standford, 1986; Slade, 1988). La recherche empirique de Slade (1987) à ce sujet n'a toutefois pas été concluante.

En outre, il existe, dans la littérature, plusieurs explications du phénomène de guerre de prix. Elle peut être due à une baisse (Slade, 1988) ou à une hausse (Rotemberg & Saloner, 1986) de la demande, ainsi qu'à une fluctuation cyclique de la demande (Edgeworth, 1925; Hall & Hitch, 1939; Sweezy, 1939). Une guerre peut aussi être causée par le désir de renégocier les rentes obtenues par la collusion (Levenstein, 1997) ou par l'espoir de gagner (ou ne pas perdre) des parts de marché (Maskin & Tirole, 1988).

Le présent mémoire cherchait à définir la stratégie optimale de prix de deux joueurs en situation de guerre de prix. Un modèle de jeu séquentiel à horizon infini supposant un état initial de collusion tacite et des fonctions de demande et de coût total linéaires fût donc élaboré. Le modèle se compose d'un paramètre définissant la clientèle de base ( $\alpha$ ), d'un paramètre de sensibilité au prix d'un joueur ( $\beta$ ), d'un paramètre de sensibilité au prix du compétiteur ( $\phi$ ), du coût variable ( $\xi$ ) et du taux d'intérêt ( $\rho$ ). Les statiques comparatives effectuées sur le modèle indiquent qu'une variation du paramètre  $\beta$  implique une plus grande baisse de prix tandis qu'une variation des paramètres de toutes les autres variables ( $\alpha, \phi, \xi$ ) se traduit par une plus petite baisse de prix du joueur triché.

Pour compléter l'analyse du modèle, quelques simulations ont été effectuées. D'abord, les paramètres ont différé de façon symétrique puis asymétrique. Une simulation sur la stratégie visant à égaliser le prix d'un défecteur a aussi été faite. Les résultats de la simulation indiquent que la stratégie optimale correspond toujours à la stratégie discontinue. De plus, une guerre de prix jouée de façon optimale dure toujours quatre périodes. Par ailleurs, lorsque les fonctions de demande sont

symétriques, l'instigateur d'une guerre obtient toujours un profit actualisé supérieur à celui de son compétiteur, bien que ce profit soit inférieur à ce qu'il aurait été sans la guerre. Lorsqu'une entreprise ne cherche pas à jouer de façon optimale mais plutôt à égaliser le prix du défacteur, la durée de la guerre tend vers l'infini, les prix joués tendent vers l'équilibre concurrentiel et les profits actualisés tendent vers zéro. Aussi, une entreprise dont la clientèle est moins sensible au prix que ne l'est celle du compétiteur obtiendra un profit actualisé supérieur suite à une guerre de prix. En outre, un joueur dont les coûts variables sont plus élevés que son compétiteur augmentera son profit actualisé en déclenchant une guerre de prix. Finalement, lorsque les deux joueurs ne possèdent pas une clientèle également sensible au prix du compétiteur, une guerre de prix permettra à son instigateur d'obtenir un profit actualisé supérieur à ce qu'il aurait eu en période de collusion.

Ainsi, la simulation laisse croire qu'une collusion tacite ne sera pas observée dans les industries oligopolistiques dont les paramètres des variables de sensibilité ( $\beta, \phi$ ) et de coût variable ( $\xi$ ) sont asymétriques. Par ailleurs, il semble que la stratégie optimale à adopter lors d'une guerre soit discontinue. Peut-être s'agit-il là d'une explication sur l'absence d'observations empiriques de stratégies continues. En outre, puisqu'une guerre de prix apporte des profits supérieurs à un joueur lorsque les paramètres des variables de sensibilité ( $\beta, \phi$ ) et de coût variable ( $\xi$ ) sont asymétriques, ce modèle implique qu'une guerre de prix peut être causée par une variation dans la fonction de demande, sans qu'il n'y ait nécessairement de baisse ou de hausse. Ainsi, un joueur adoptant une stratégie marketing lui permettant d'augmenter la sensibilité de sa clientèle au prix du compétiteur sortira peut-être du marché en déclenchant une guerre de prix.

## BIBLIOGRAPHIE

Articles scientifiques:

- ABREU, Dilip, PEARCE, David et STACCHETTI, Ennio (1986) "Optimal Cartel Equilibria with Imperfect Monitoring", *Journal of Economic Theory*, 39, pp. 251-269.
- BERTRAND, J. (1883) "Théorie mathématique de la richesse sociale", *Journal des Savants*, pp. 499-508.
- CASTANIAS, R. et JOHNSON, H. (1993) "Gas Wars: Retail Gasoline Price Fluctuations", *The Review of Economics and Statistics*, vol. 75, no 1 (février), pp. 171-174.
- DOMOWITZ, I.R., HUBBARD, R.G., et PETERSEN, B.C. (1987) "Oligopoly supergames: some empirical evidence on prices and margins", *The Journal of Industrial Economics*, vol. XXXV, no. 4 (June), pp. 379-398.
- ELLISON, Glenn (1994) "Theories of Cartel Stability and the Joint Executive Committee", *RAND Journal of Economics*, Vol. 25, No. 1 (Spring), pp. 37-37.
- EDGEWORTH, F. (1925) "The Pure Theory of Monopoly", *Papers Relating to Political Economy*, vol. 1, London, MacMillan, pp. 111-142.
- FRIEDMAN, J. (1971) "Noncooperative Equilibria for Supergames", *Review of Economic Studies*, 38 (January), pp. 1-12.



- GREEN, Edward J., et PORTER, Robert H. (1984) "Noncooperative collusion under imperfect price information", *Econometrica*, Vol. 52, No 1, (January). pp. 87-100.
- HALL, R. et HITCH, C. (1939) "Price Theory and Business Behavior", *Oxford Economic Papers*, 2, pp. 12-45.
- KALAI, E. et STANDFORD, W. (1985) "Conjunctural Variations in Accelerated Cournot Games", *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 3, No 2, (June), pp. 133-152.
- LEVENSTEIN, Margaret C. (1997) "Price Wars and the Stability of Collusion: A Study of the Pre-World War I Bromine Industry", *The Journal of Industrial Economics*, Volume XLV, No 2, June, pp. 117-137.
- MASKIN, Eric et TIROLE, Jean (1988) "A Theory of Dynamic Oligopoly II: Price Competition, Kinked Demand Curves and Edgeworth Cycles", *Econometrica*, vol. 56, No 3 (May), pp. 571- 599.
- NASH, J. (1950) "Equilibrium points in N-person games", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 36, pp. 48-49.
- PORTER, Robert H. (1983a) "Optimal Cartel Trigger Price Strategies", *Journal of Economic Theory*, 29 (April), pp. 313-338.
- PORTER, Robert H. (1983b) "A Study of Cartel Stability: The Joint Executive Committee, 1880-1886.", *Bell Journal of Economics*, Vol. 14, pp. 301-314.
- PORTER, Robert H. (1985) "On the Incidence and Duration of Price Wars", *The Journal of Industrial Economics*, vol. XXXIII, no 4 (June), pp. 415-426.

ROTEMBERG J.J, et SALONER, G. (1986) "A Supergame-Theoretic Model of Price Wars during Booms", *The American Economic Review*, vol. 76, no 3 (June), pp. 390-407.

RUBINSTEIN, Ariel (1991) "Comments on the Interpretation of Game Theory", *Econometrica*, vol. 59, no 4 (July), pp. 909-924.

SLADE, Margaret, E. (1986) "Conjectures, Firm characteristics, and Market Structure, An Empirical Assessment", *International Journal of Industrial Organisation*, Vol. 4, No 4, (décembre), pp. 347-369.

SLADE, Margaret E. (1987) "Interfirm Rivalry in a Repeated Game: An Empirical Test of Tacit Collusion", *The Journal of Industrial Economics*, Volume XXXV, No 4, June, pp. 499-516.

SLADE, Margaret, E. (1988) "Price Wars in Price-setting Supergames", *Economica*, 56 (August), pp. 295-310.

SWEETZ, P. (1939) "Demand Under Conditions of Oligopoly", *Journal of Political Economy*, 47, pp. 568-573.

WEISS, L et PASCOE, G. (1981) "Adjusted Concentration Ratios in manufacturing", mimeograph.

Ouvrages:

BIERMAN, Scott H., FERNANDEZ, Luis (1993) Game Theory with Economic Applications, Éd. Addison-Wesley Publishing Company, New York, 480 pages.

COURNOT, A. (1838) Recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses, éd. N. Bacon.

FUDENBERG, D. et TIROLE, J. (1995), Game Theory, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 579 p.

LILIEN, G.L., KOTLER, P. et MOORTHY, K.S. (1992), Marketing Models, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 803 pages.

VON NEUMANN, J. et MORGENSTERN (1944) Theory of Game and Economic Behavior, Princeton University Press.

WOLFRAM, S. (1991), Mathematica, A System for Doing Mathematics by Computer, 2<sup>ème</sup> édition, Addison-Wesley Publishing, Don Mills, Ontario, 961p.

Presse populaire:

APRIL, Pierre (1996) "Guerre des prix de l'essence: Les sociétés pétrolières refusent la trêve", *Le Devoir*, Vendredi 16 août, p. A7.

ARCAND, Denis (1996) "Guerre des prix de l'essence: les consommateurs vraiment gagnants?", *La Presse*, Mardi 2 juillet, p. A11.

ASSOCIATION DES DISTRIBUTEURS INDÉPENDANTS DE PRODUITS PÉTROLIERS, Conférence prononcée à l'Institut d'Économie Appliquée, École des HEC, 24 octobre 1997.

BINSSE, Lisa (1996) "La guerre se fait maintenant entre les pétrolières", *La Presse*, Mardi 9 juillet, p. A1.



BINSSE, Lisa (1996) "Ultramar prétend offrir le meilleur prix à la pompe", *La Presse*, Mercredi 19 juin, p. D3.

BLAIN, Danièle (1997) "Le programme Valeur Plus: efficace mais à quel prix?", *Le Caducée, Le magazine du réseau HEC*, vol. 46, no. 3, mars, p. 21.

CÔTÉ, Charles (1996) "Essence: la guerre des prix est finie", *La Presse*, Mercredi 10 juillet, p. A1.

JANG, Brent (1997) "Oil firms vie for loyal customers", *The Globe and Mail*, Monday, October 20, p. B1.

PARENT, Rollande (1996) "Ultramar se défend d'avoir déclenché la guerre des prix", *La Presse*, Samedi 13 juillet, p. E2.

SHALOM, François (1998), "Petrocan, Ultramar join forces", *The Gazette*, Wednesday, January 7, p. C1.

TANGUAY, Louis (1996) "Entrevue avec Alain Ferland, président d'Ultramar: 1140 stations-service devront disparaître", *Le Soleil*, Jeudi 11 juillet, p. A1.

TANGUAY, Louis (1996) "Ultramar va de l'avant avec ses investissements", *Le Soleil*, Jeudi 11 juillet, p. B1.

TROTTIER, Éric (1996) "Essence: Les indépendants organisent une riposte", *La Presse*, Samedi 29 juin, p. A1.

Rapports annuels:

L'IMPÉRIALE (1996), Rapport annuel, 56 pages.

PETRO-CANADA (1996), Rapport annuel, 50 pages.

SHELL CANADA LIMITÉE (1996), Rapport annuel, 60 pages.

ULTRAMAR DIAMOND SHAMROCK (1996), Rapport annuel, 60 pages.

Sites internet:

INDUSTRIES CANADA (1996), *Industries du pétrole, de l'huile et du gaz*,  
<http://strategis.ic.gc.ca>

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE, DU COMMERCE, DE LA SCIENCE ET DE LA  
TECHNOLOGIE (1997), Le secteur manufacturier et le commerce au Québec  
en 1996, <http://www.micst.gouv.qc.ca>

Statistique:

STATISTIQUE CANADA (1996) *Indices des prix à la consommation*,  
catalogue 62-010, octobre-décembre, p. 108.