

Cahiers de Recherche PRISM-Sorbonne 07-01-03

Cartels : la probabilité d'être détecté dans l'Union Européenne

Emmanuel Combe[†]

Constance Monnier^{*1}

Renaud Legal[‡]

Résumé : *En 1991, Bryant et Eckard estiment que la probabilité annuelle de détection des cartels qui seront finalement détectés par les autorités de concurrence américaines, se situe entre 13 et 17%. 15 ans après, nous estimons cette probabilité sur un échantillon européen, et nous trouvons que cette probabilité se situe entre 12,9 et 13,3%. De plus, nous développons un modèle théorique de détection des cartels nous permettant d'expliquer cette probabilité. Notre estimation est basée sur les durées de détection de tous les cartels condamnés par la Commission européenne depuis 1969, et sur un modèle statistique de processus de vie et de mort décrivant la naissance et la détection des cartels.*

Abstract : *In 1991, Bryant and Eckard estimated the annual probability that a cartel would be detected by the US Federal authorities, conditional on being detected, to be at most between 13% and 17%. 15 years later, we estimated the same probability over a European sample and we found an annual probability that falls between 12,9% and 13,3%. We also develop a detection model to clarify this probability. Our estimate is based on detection durations, calculated from data reported for all the cartels convicted by the European Commission from 1969 to the present date, and a statistical birth and death process model describing the onset and detection of cartels.*

JEL Codes : L41, C34, C41

Key-words : Cartels, duration, analysis, birth and death process

[†] Professeur Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, PRISM-Sorbonne.

^{*} Doctorante Université Paris I Panthéon-Sorbonne, PRISM Sorbonne. 17 rue de la Sorbonne 75005, e-mail : constancemonnier@hotmail.com.

[‡] Doctorant Université Paris IX Dauphine., LEGOS

¹ Les auteurs remercient Thierry Lafay pour sa précieuse aide, ainsi qu' Arnaud Guyader, Jean Jacod pour leurs remarques et suggestions. Les erreurs et omissions subsistantes sont de la seule responsabilité des auteurs.

INTRODUCTION

Dans leur article séminal de 1991, Bryant et Eckard sont les premiers auteurs –et à ce jour les seuls- à avoir estimé de manière rigoureuse la probabilité de détection des cartels, sur la base d'un échantillon de cartels investigués par le DOJ² américain entre 1961 et 1988. Si cette étude s'est imposée comme la référence incontournable sur le sujet, l'utilisation des résultats ne s'est pas toujours faite à bon escient. En particulier, dans la littérature à la Becker relative aux sanctions optimales en matière de cartels³, les auteurs retiennent souvent comme taux moyen de détection une valeur de 15%, Bryant et Eckard ayant obtenu une probabilité comprise entre 13% et 17%. Or ce taux de 15% constitue en réalité la probabilité annuelle d'être détecté... pour un cartel qui sera détecté un jour. Cette spécificité s'explique par le fait que l'échantillon sur la base duquel Bryant et Eckard réalisent leur estimation ne comporte que des cartels condamnés puisqu'il n'existe – par définition – pas de données sur les cartels qui ne seront jamais détectés. La probabilité ainsi calculée par Bryant et Eckard ne s'apparente donc pas à la probabilité absolue d'être détecté pour un cartel. Cette probabilité instantanée conditionnelle représente une borne supérieure de la probabilité instantanée absolue de détection, et elle fait varier positivement la probabilité globale de détection.

1. UN MODÈLE THÉORIQUE DE DÉTECTION DES CARTELS

1.1 Hypothèses du modèle

En nous appuyant sur les travaux menés par Bryant et Eckard (1991), qui introduisaient un processus de vie et de mort pour décrire la dynamique qui régit le nombre de cartels $N(t)$ en vie à un instant t , nous modélisons la détection des cartels à partir de ces processus statistiques. Cependant, à la différence de ces auteurs, dans le modèle théorique ci-dessous nous considérons trois processus : l'un régit la naissance des cartels, l'autre gouverne la mort naturelle des cartels, le dernier s'apparente au processus de détection des cartels. En effet, certains cartels sont détectés alors qu'ils sont encore actifs, et nous supposons que leur détection conduit à l'éclatement du cartel (la mort du cartel est provoquée par l'intervention des autorités antitrust). Dans les autres cas, les cartels sont détectés *ex post* (c'est-à-dire après leur éclatement). La durée de vie de ces cartels est alors « naturelle »⁴.

Il s'agit alors de spécifier les trois processus retenus (processus de naissance, processus de mort naturelle, processus de détection). D'abord, nous considérons que les cartels se forment les uns après les autres selon un processus aléatoire (processus de naissance). Nous notons A_i la durée qui sépare la naissance du $(i-1)^{\text{ème}}$ cartel et la naissance du $i^{\text{ème}}$ cartel, et nous supposons que les $(A_i)_{i>0}$, suivent une loi exponentielle de paramètre θ . Ainsi, en moyenne, un nouveau cartel apparaît tout les $(1/\theta)$. Ensuite, nous supposons que chaque cartel i , né selon le processus de vie précédemment décrit, a une durée de vie naturelle $D_i=D$ distribuée selon une loi exponentielle de paramètre Λ . Enfin, nous faisons l'hypothèse suivante : lorsque qu'à l'instant t le $i^{\text{ème}}$ cartel apparaît, si n désigne le nombre de cartels devant être

² Department Of Justice.

³ La probabilité de détection occupe une place centrale dans la littérature sur les sanctions, puisqu'elle intervient directement dans la détermination de l'amende optimale : en effet, dans une perspective à la Becker, la dissuasion des cartels implique que le profit illicite escompté soit égal ou inférieur à l'amende espérée (produit de l'amende moyenne et de la probabilité de détection). Cf. Combe & Monnier (2007a).

⁴ Bryant et Eckard quant à eux assimilent la mort du cartel à sa détection (et considèrent alors que la durée de vie d'un cartel correspond systématiquement au temps nécessaire à la détection du cartel).

détectés et non encore détectés à l'instant t , notre cartel nouvellement né a une probabilité q_n d'être soumis au processus de détection (événement E) donc d'être détecté (*in fine*) et une probabilité $(1-q_n)$ de ne pas y être soumis⁵ (événement \bar{E}). Dans ce dernier cas, le cartel ne sera jamais détecté et mourra naturellement. A titre d'exemple, nous supposons que la suite $(q_n)_{n \in \mathbb{N}}$ est une suite décroissante et que :

$$\forall n \in \mathbb{N}, q_n = \frac{1}{n+1}.^6$$

Si pour le i -ème cartel né, l'évènement E se réalise, nous faisons l'hypothèse que le cartel est immédiatement soumis au processus de détection. Ainsi, à un instant t , nous avons $N(t)$ cartels investigués par les autorités de contrôle et tous sont soumis au même processus de détection. On définit ce processus de la manière suivante: si on considère un cartel i qui sera détecté et si on note L_i la durée qui s'écoule entre sa naissance et sa détection, on suppose que quelque soit i , L_i est distribuée selon une loi exponentielle de paramètre λ . Un cartel pour lequel l'évènement E est tiré, a donc une durée de détection moyenne $(1/\lambda)$ et une probabilité instantanée de détection, λ .

Enfin, les autorités de concurrence ayant des capacités limitées, nous supposons qu'au maximum N_{\max} cartels peuvent être investigués en même temps, c'est-à-dire que $N(t)$ est majoré par N_{\max}

1.2 Principaux résultats en régime stationnaire

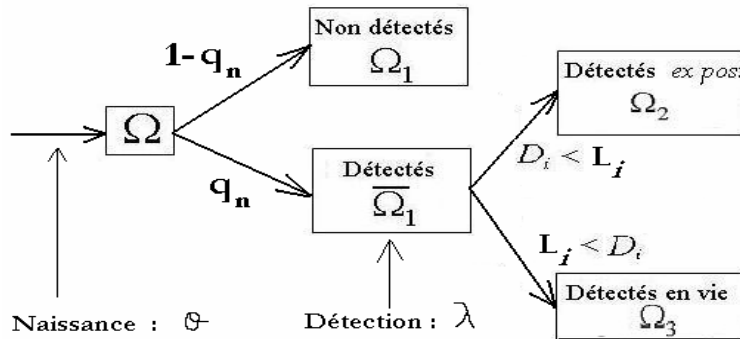
Nous nous plaçons en régime stationnaire, afin d'observer l'état du système longtemps après que les trois processus aient commencé à fonctionner, de telle sorte que les conditions initiales n'aient plus d'incidences sur le résultat final. Nous pouvons alors répartir les cartels selon les trois catégories suivantes :

- ceux qui ne sont pas détectés : population Ω_1
- ceux qui sont détectés *ex post* (après leur mort naturelle) : population Ω_2
- ceux qui sont détectés alors qu'ils sont encore actifs : population Ω_3

⁵ Notre modélisation s'apparente à une file d'attente avec découragement : le temps de service correspond au temps mis par les autorités de contrôle pour détecter le cartel, et le découragement se rapporte aux cartels qui ne seront pas détectés par les autorités de concurrence, leurs capacités et d'investigation et leurs moyens étant limités.

⁶ Nous aurions pu choisir une autre suite décroissante. En effet, il est raisonnable de penser que lorsqu'un nouveau cartel naît, plus le nombre de cartels en cours d'investigation est important, moins ce nouveau cartel a de chance d'être soumis au processus de détection (les moyens d'investigations des autorités de concurrence étant limités).

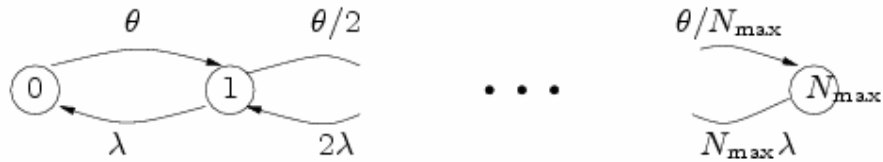
Figure 1 : modèle de détection des cartels



1.3 Nature du processus

Le processus décrit précédemment est markovien, les taux d'arrivée étant dépendant de l'état du système : à l'instant t , s'il y a déjà $N_t = n$ cartels susceptibles d'être détectés, alors l'arrivée d'un nouveau cartel se fait avec une intensité $q_n \theta$. Pour chaque nouveau cartel soumis au processus de détection, le temps de détection suit une loi exponentielle de paramètre λ . Ainsi, si n cartels sont susceptibles d'être détectés, le temps de passage vers l'état $(n-1)$ est le minimum de n variables i.i.d. exponentielles de paramètre λ , c'est-à-dire une loi exponentielle de paramètre $n \lambda$. Ainsi le taux de transition de l'état n vers l'état $(n-1)$ est $n \lambda$. Ce processus de vie et de mort⁷ admet le graphique de transition suivant :

Figure 2 : Graphe de transition



Remarquons que dans la terminologie des processus markoviens de saut, le processus ainsi construit est une file avec une infinité de serveurs de type M/M/ ∞ , mais avec des taux d'entrée variables.

- La loi en régime stationnaire du nombre de cartels N soumis au processus de détection à un instant quelconque est la suivante :

Notons $\pi_n = \text{Prob}(N=n)$ et $r = \frac{\theta}{\lambda}$. On peut montrer que :

$$\pi_n = \frac{q_0 \times \dots \times q_{n-1}}{1 \times \dots \times n} \left(\frac{\theta}{\lambda} \right)^n \pi_0 = \frac{1}{(n!)^2} r^n \pi_0$$

⁷ Ici la mort renvoie uniquement à la mort par détection. La mort naturelle n'est pas prise en compte, puisque nous nous intéressons uniquement au processus de détection des cartels (et non à leur mortalité).

Avec :

$$\pi_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{N_{\max}} \frac{r^n}{(n!)^2}}$$

- La probabilité absolue de détection est donc :

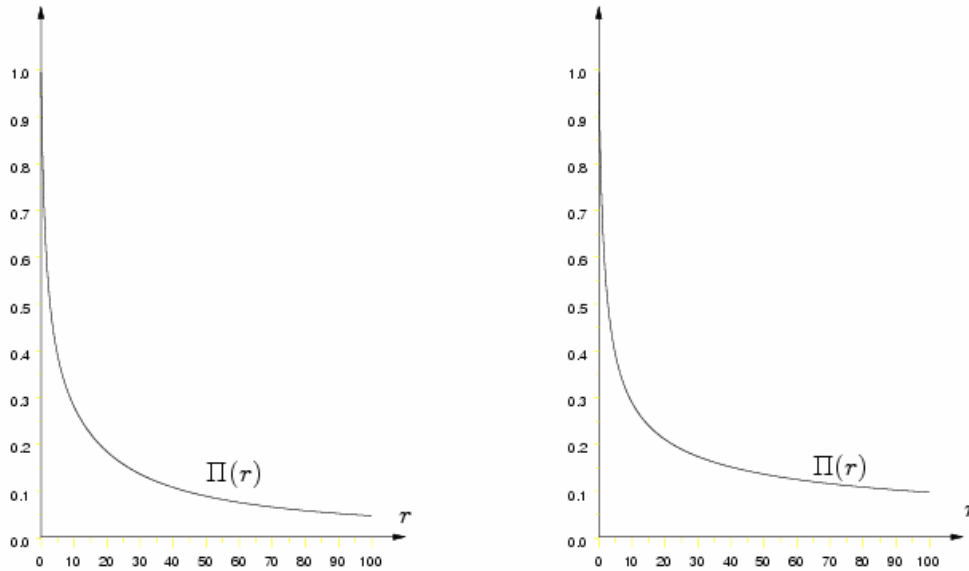
Notons Π la probabilité absolue qu'un cartel soit détecté :

$$\Pi = \sum_{n=0}^{N_{\max}} \text{Prob}(\text{être détecté} \mid N=n) \cdot \text{Prob}(N=n) = \sum_{n=0}^{N_{\max}} q_n \pi_n$$

soit :

$$\Pi(r) = \frac{\sum_{n=0}^{N_{\max}-1} \frac{r^n}{(n!)^2 (n+1)}}{\sum_{n=0}^{N_{\max}} \frac{r^n}{(n!)^2}}$$

Figure 3 : évolution de Π en fonction de $r = \frac{\theta}{\lambda}$ pour $N_{\max} = 5$ et $N_{\max} = 100$



Nous retrouvons des limites conformes à l'intuition :

- lorsque r tend vers 0, c'est-à-dire que le taux de naissance des cartels est très petit comparativement au taux de détection, les autorités antitrust réussissent à détecter tous les nouveaux cartels.
- lorsque r tend vers l'infini, les autorités antitrust sont débordées, de plus en plus de cartels ne sont pas soumis au processus de détection et la probabilité absolue de détection tend donc vers 0. On remarque cependant sur la figure 3 que la convergence vers 0 est très lente. Ainsi, Π augmente avec λ .

- *La probabilité instantanée de détection d'un cartel qui sera détecté in fine :*

La probabilité instantanée de détection d'un cartel pour lequel E a été tiré est λ . Ainsi λ représente la probabilité instantanée de détection d'un cartel qui sera détecté *in fine*.

- *La probabilité instantanée totale de détection π :*

Un cartel qui ne sait pas s'il sera détecté ou non (i.e. si c'est l'évènement E ou l'évènement \bar{E} qui s'est réalisé) perçoit le taux instantané de détection suivant :

$$\pi = E_N[q_N \cdot \lambda] = \lambda \cdot E_N[q_N] = \lambda \cdot \sum_{n=0}^{+\infty} q_n \cdot \pi_n$$

C'est-à-dire qu'en toute généralité, on a :

$$\pi = \lambda \cdot \Pi$$

On remarque donc que λ représente une borne supérieure de π .

A partir de notre modèle, nous avons montré qu'il est nécessaire de faire la distinction entre trois grandeurs :

- la probabilité instantanée de détection sachant que le cartel sera détecté : λ
- la probabilité instantanée total de détection : π
- la probabilité absolue (ou globale) de détection : Π

Bryant et Eckard (1991) estiment en réalité la probabilité instantanée de détection (qu'ils annualisent ensuite), sachant que le cartel sera détecté un jour, soit la grandeur λ . Dans la mesure où certains cartels ne sont jamais détectés, la probabilité absolue de détection est nécessairement inférieure à λ ⁸. Nous avons formaliser cette intuition en montrant que λ est une borne supérieure de la probabilité instantanée total de détection et qu'il fait varier positivement la probabilité globale de détection.

2. PROCESSUS DE VIE ET DE MORT SIMPLE POUR L'ESTIMATION EMPIRIQUE

Parmi tous les cartels qui apparaissent dans le modèle précédent, nous nous limiterons à l'étude de la sous population des cartels finalement détectés, en considérant que ces cartels sont soumis à un processus simple de vie et de mort (la mort se rapportant ici à la détection). Le processus de détection est toujours caractérisé par le paramètre λ . En revanche, le paramètre qui spécifie le processus de naissance est $\theta'=(\theta|\text{le cartel sera détecté})$. Il est lié au paramètre θ par la relation suivante :

$$\theta' = E_N[q_N \cdot \theta] = \theta \cdot E_N \left[\frac{1}{N+1} \right] = \theta \cdot \Pi$$

Nous constatons donc que $\theta' < \theta$: il naît davantage de cartels que de cartels finalement détectés (tous les cartels n'étant pas détectés). Ne disposant que de données sur les cartels détectés, nous pouvons seulement estimer le processus de vie et de détection (de paramètre λ et θ') qui s'applique à cette sous population de cartels.

Néanmoins l'estimation de λ présente un double intérêt :

- d'abord λ est une borne supérieure de la probabilité instantanée totale de détection et la probabilité globale de détection dépend positivement de ce paramètre.
- de plus, on peut raisonnablement penser que λ constitue un paramètre pris en compte par les firmes, puisque ces dernières ne connaissent pas la probabilité globale (ou absolue) de détection⁹.

Dans cet article, nous nous proposons d'estimer le taux instantané de détection sachant que le cartel sera détecté un jour, c'est-à-dire la valeur du paramètre λ , sur la base d'un échantillon regroupant tous cartels détectés et condamnés par la Commission européenne entre 1969 et 2007¹⁰. Après avoir précisé la méthodologie relative à la collecte des données et à l'estimation statistique, nous présentons les résultats de notre étude.

⁸ Buccirosi & Spagnolo (2005) ont été les premiers à émettre cette remarque. Ils précisent ainsi que λ est assimilable à la probabilité instantanée totale de détection si tous les cartels étaient détectés; si 10% des cartels étaient effectivement détectés *in fine*, la probabilité instantanée globale de détection s'élèverait alors à un dixième de λ ; si 1% des cartels sont détectés, celle-ci vaudrait un centième de λ ...

⁹ Notamment si la valeur de λ peut faire l'objet d'une connaissance commune (grâce à des travaux d'économistes par exemple). Les entreprises n'ont pas une meilleure connaissance de Π que nous. Il est donc peu probable que les dirigeants fondent leur décision de former un cartel sur la base de la probabilité de détection absolue Π .

¹⁰ A partir d'une base de données que nous avons construite.

3. MÉTHODOLOGIE EMPIRIQUE

Cette étude est fondée sur la durée de détection (délai entre la naissance et la détection) de cartels détectés et condamnés par la Commission européenne, puisque nous n'avons pas de données concernant les cartels détectés et non condamnés¹¹. D'autre part, nous n'avons pas de données sur les cartels qui ne sont pas détectés. Notre échantillon comporte 86 cas de cartels ayant affecté le marché européen (au moins deux Etats membres touchés et/ou le commerce entre deux Etats Membres de l'Union¹²) et condamnés par la Commission européenne entre 1969 et 2007¹³.

3.1 La mesure de la durée de détection des cartels

Durée de vie et durée de détection

Nous voulons estimer la probabilité de détection à partir de la durée qui sépare la naissance du cartel de sa détection. Si le cartel est détecté alors qu'il est encore actif¹⁴ (avant sa mort naturelle), alors la durée de vie du cartel correspond à sa durée de détection. En revanche, lorsque le cartel meurt naturellement¹⁵ et qu'il est détecté ensuite, la durée de détection ne correspond pas à la durée de vie du cartel, et il faudra retraiter ces données afin d'estimer de façon rigoureuse la probabilité de détection. Nous présenterons d'une part, la méthodologie relative au calcul de la durée de vie des cartels dans le cas où cette dernière correspond à la durée de détection du cartel. D'autre part, nous étudierons le cas particulier de la durée de détection des cartels morts naturellement et détecté *ex post*.

Concernant les cartels morts par détection¹⁶, nous avons calculé la durée de vie des cartels en jours, en reprenant les estimations faites par la Commission européenne pour le calcul des amendes. Dans de nombreux cas, il est présumé que le cartel a duré plus longtemps que ce que la Commission retient (faute de preuves). Les durées utilisées dans l'estimation risquent donc d'être sous-estimées et doivent être considérées comme des bornes inférieures. En effet, la date de création du cartel correspond à la date à laquelle remontent les premières preuves de l'entente (réunions secrètes, etc...) et pas nécessairement à la date effective du début de l'accord. Il est probable que la naissance du cartel soit antérieure à la date invoquée par les firmes ou mise en évidence par la Commission. L'amende infligée étant fonction de la durée

¹¹ La Commission ne rendant pas de décisions de non lieu. D'autre part, les cartels détectés et non condamnés deviennent plus rares avec l'introduction des programmes de clémence et le renforcement des pouvoirs d'investigation des autorités de concurrence en Europe.

¹² Critère d'affectation du commerce entre Etats membres, tel qu'explicité par la Commission (Lignes directrices relatives à la notion d'affectation du commerce) et par la CJCE dans sa jurisprudence.

¹³ Le premier cartel condamné étant le cartel de la Quinine en 1969 et le dernier le cartel étant le cartel condamné retenu étant le cartel des ascenseurs en février 2007.

¹⁴ Cette mort par détection peut être le fait d'une enquête, sectorielle ou plus ciblée lancée par la Commission. D'autre part, la mort par détection est aussi déclenchée, et ce de plus en plus souvent, voir, par les dénonciations des firmes du cartel depuis l'introduction des programmes de clémence en Europe qui remonte à 1996, voir Combe & Monnier (2007b).

¹⁵ Dans les causes de mort naturelle, on distingue les tricheries ou, l'apparition d'un ou plusieurs nouveaux entrants qui ne participent pas au cartel (accroissement du nombre de firmes de la frange concurrentielle qui rend le cartel instable), les autres chocs de demande ou d'offre qui modifient les profits de concurrence et de collusion et fragilisent l'entente (augmentation de la demande ou des capacités de production, choc technologique etc...).

¹⁶ Ces cartels représentent 80 cas sur les 86 cartels de notre échantillon, soit une très forte majorité.

de vie du cartel, les firmes ont intérêt à ne pas divulguer la date du début de l'accord collusif¹⁷.

Ce type de cartel s'apparente à des cartels morts « naturellement » et nous expliquerons leur traitement au paragraphe suivant. Il arrive aussi que le cartel se poursuive après sa détection par les autorités de concurrence¹⁸. Cependant, nous ne prendrons pas en compte ce phénomène particulier et difficile à évaluer. De ce fait, dans notre étude nous considérons que la détection entraîne nécessairement la mort du cartel. Nous retiendrons dans tous les cas comme date de fin du cartel, la date à partir de laquelle il a pu être prouvé que les firmes ont cessé leur activité collusive.

D'autre part, les participations de chacune des firmes dans le cartel n'ont pas toujours la même durée, et nous retenons donc la durée globale de l'accord, telle que mentionnée dans la décision.

Enfin, il faut expliciter le traitement des accords imbriqués ou successifs. Dans beaucoup de cas étudiés, les entreprises en causes s'entendent sur plusieurs marchés, c'est-à-dire sur plusieurs produits ou plusieurs zones géographiques distinctes¹⁹. Il arrive aussi qu'un accord qui prenne fin soit suivi d'autres accords (accords successifs)²⁰. Enfin, on distingue dans certains cas un accord formel, et/ou des pratiques concertées (impliquant le plus souvent des échanges d'informations), qui peuvent porter sur les prix et/ou les quantités (et/ou autres éléments de la politique commerciale). Ces différents accords étant regroupés sous l'égide d'un même cartel. D'une façon générale, dans le calcul des amendes, la Commission ne fait pas la distinction entre les durées des différents accords, en s'appuyant notamment sur la notion d'entente complexe validée par jurisprudence de la Cour de Justice des Communautés Européennes (CJCE). Cependant, dans les trois cas suivants : cartel des vitamines, cartel des graphites spéciaux et cartel des peroxygènes, la Commission dissocie les sous accords du cartel portant sur différents marchés, en détaillant les durées respectives et les sanctions imposées pour chacun des sous accords. Pour ces trois cartels, nous avons donc calculé la durée moyenne des accords (en identifiant au préalable les sous-accords morts naturellement). Pour tous les autres cartels imbriqués, nous retiendrons la durée de vie globale du cartel, telle que reportée par la Commission dans ses décisions.

¹⁷ Pour plus de détails Levenstein & Suslow (2002) discutent de la difficulté de dater le début et la fin d'un cartel et effectuent une revue de la littérature sur ce sujet.

¹⁸ Par exemple, la Commission précise au point 49 de la décision 94/599/CE de la Commission, du 27 juillet 1994, relative à une procédure d'application de l'article 85 du traité CE (IV/31 865 - PVC), que « *faute d'informations émanant des producteurs, il n'est même pas possible d'établir si la collusion, sous une forme ou sous une autre, a jamais cessé. Il est manifeste que l'entente a continué à fonctionner après les premières vérifications effectuées par la Commission dans le secteur du PVC à la fin de 1983. Le document trouvé chez Atochem montre que le contrôle des ventes par rapport aux quotas et l'échange d'informations se sont poursuivis jusqu'en mai 1984. La presse spécialisée continuait encore à faire état d'initiatives dans le cadre desquelles plusieurs producteurs s'efforçaient simultanément de faire monter les prix jusqu'à un niveau déterminé, à l'époque des vérifications effectuées en 1987* » 18. Finalement, la Commission retiendra mai 1984 comme date de fin du cartel pour le calcul de l'amende. Levenstein & Suslow (2006) évoque aussi le cas du cartel du cartel des peroxydes organiques (condamné en 2003). Dans cette décision, il apparaîtrait que même les membres du cartel ne savaient pas si le cartel avait pris fin ou non, à une période pour laquelle l'efficacité de l'accord a été remise en cause par des tensions entre les firmes et des problèmes de négociations.

¹⁹ Ainsi, le cartel international des vitamines a intégré pendant 9 ans une série d'ententes interconnectées relatives à 9 vitamines et quatre autres composants chimiques et a impliqué 22 producteurs, qui n'ont pas tous participé à l'ensemble des accords. Le cartel des fils industriels a regroupé quant à lui trois différents accords sur trois marchés géographiques distincts.

²⁰ C'est par exemple le cas du cartel de l'acide citrique.

Dans la plupart des cas, les dates d'apparition et de fin des cartels sont précises (jour, mois, année). Il arrive cependant, que seul le mois (ou l'année²¹) soit connu. Nous utilisons donc deux méthodes pour estimer la durée. Une durée minimale (DUR Min) sera calculée en retenant le dernier jour du mois ou de l'année de création du cartel et le premier jour du mois ou de l'année mentionnée comme date de fin du cartel. Nous calculons aussi une durée maximale (DUR Max) en retenant le premier jour du mois ou de l'année de la date de début de cartel et le dernier jour du mois ou de l'année de la date de fin du cartel. Ce qui nous permet d'estimer une fourchette et ce qui correspond d'ailleurs à la méthodologie utilisée par Bryant et Eckard.

Ces hypothèses restrictives, et notamment l'utilisation de la durée de vie des cartels ayant servi à calculer l'amende, permettent d'être sûr que les résultats sont fiables, car ils ne s'appuient pas sur des suppositions ou même sur de fortes présomptions. Ces données s'apparentent donc à une borne inférieure de la durée de vie des cartels en Europe, ce qui pourrait nous conduire à une légère surestimation de leur taux de détection maximal.

Les résultats de ces calculs de données peuvent se résumer à partir des statistiques descriptives suivantes.

Tableau 1 : la durée de vie des cartels

	Médiane	Moyenne	Ecart type
DUR Min	5,5	7,46	5,82
DUR Max	5,98	7,8	5,9

Tableau 2 : comparaison avec d'autres études

	Durée moyenne	Médiane	Ecart type	Nb de cas
Bryant & Eckard (91)	6.25	4.705	nc	184
Zimmerman & Connor (05)	6.3	4.4	nc	166
Levenstein & Suslow (06)	7.5	nc	5.4	72

Sur l'ensemble de notre échantillon, les cartels européens ont connu une durée de vie moyenne de 7,6 ans (la médiane est de 5,7 ans et l'écart type de 6 ans²²), ce qui correspond à la durée mise en évidence dans d'autres études sur les cartels, notamment celle de Levenstein et Suslow (2006) qui regroupe des données sur des cartels condamnés par le DOJ et par la Commission européenne.

²¹ Notamment lorsque la décision n'a pas été rendue publique comme pour le cartel des raccords en cuivre condamné en 2006.

²² La durée minimale est de moins de 3 mois pour le cartel des viandes bovines françaises, et le cartel de plus long est de 29 ans (peroxydes organiques).

3.2 Le traitement des cartels morts naturellement

Dans certains cas, la date de mort du cartel ne correspond pas à la détection du cartel et il arrive que les firmes puissent prouver que le cartel n'était plus actif depuis plusieurs années. Dans notre échantillon, contrairement à ce que la théorie économique prédit²³, la plupart des cartels incriminés sont encore actifs au moment où la Commission commence ses investigations et cessent leurs activités à la suite de ces interventions, ou seulement après leur condamnation. On distingue sur les 86 cas de cartels seulement 6 cartels²⁴ et 10 sous accords sont morts naturellement²⁵.

Contrairement à Bryant et Eckard, nous avons calculées les durées de détection des cartels morts naturellement. Pour ces cartels, la durée de vie étant plus courte que la durée de détection, nous avons ajouté à la durée de vie du cartel, le délai entre sa mort naturelle du cartel et sa détection par les autorités antitrust. Ainsi, les données sur ces cartels sont comparables aux données relatives aux cartels détectés alors qu'ils sont encore actifs. Et la probabilité calculée est donc bien une probabilité de détection. Ceci nous permet aussi de nous focaliser sur deux processus (naissance et détection), et d'écarter la distinction complexe entre les cartels morts *ex post* et les cartels morts par détection.

3.3 La durée de détection des cartels est-elle une variable aléatoire ?

Dans leur étude, Bryant et Eckard régressent la durée de vie des cartels sur deux variables explicatives : le nombre de firmes par cartel et la part de marché des firmes du cartel. Comme aucune de ces variables n'est explicative, les auteurs en concluent que la durée de vie d'un cartel peut être traitée comme une variable aléatoire.

Nous avons également régressé la durée de détection des cartels de notre échantillon (qui correspond à la durée de vie des cartels dans la grande majorité des cas) sur quatre variables explicatives -nombre de firmes du cartel, secteur, participation d'une organisation professionnelle, dimension du cartel (globale, européenne ou nationale)- variables pertinentes au regard de la théorie économique²⁶ et des études empiriques sur la durée de vie des cartels²⁷. Ces quatre variables peuvent s'appliquer plus particulièrement à un échantillon de cartels morts par détection²⁸. Ainsi, on pourrait penser que plus le nombre de firmes est important, plus le risque de détection est élevé (éléments de preuves plus nombreux, risque de dénonciation accru). Le secteur dans lequel les firmes en cause interviennent peut aussi

²³Selon Stigler (1964), une fois prise la décision de se cartelliser, la meilleure stratégie pour chaque participant consisterait à tricher et à baisser son prix. Voir aussi les arguments d'Armentano (1996) selon lesquels les cartels seraient instables par nature. Mais d'Aspremont et Jacquemin (1983) montre que Stigler avait négligé l'impact de la défection ou de l'entrée des firmes dans un cartel sur les prix et les profits.

²⁴ Le cartel de la quinine condamné en 1969, le cartel des producteurs de zinc condamné en 1984, le cartel FENEX condamné en 1996, le cartel des compagnies de ferries condamné en 1996, le cartel de l'acide citrique condamné en 2001, le cartel du peroxyde d'hydrogène et du perborate (PBS) condamné en 2006.

²⁵ 9 sous accords du cartel des vitamines sont morts avant leur détection du fait de l'augmentation des importations en provenance de producteurs chinois non membres du cartel, et un des sous accords sur les graphites spéciaux relatif aux graphites extrudés).

²⁶ Cf Motta (2004) pour une analyse économique des facteurs de stabilité des cartels.

²⁷ Pour une étude empirique de ces déterminants voir Zimmerman & Connor (2005) et Levenstein et Suslow (2006).

²⁸ En effet, les facteurs de détection d'un cartel ne sont pas nécessairement les mêmes que les facteurs de mort naturelle.

influer sur le processus de détection. Ainsi, on pourrait penser que certains marchés sont plus transparents que d'autres, et que la détection des pratiques anticoncurrentielles est plus facile dans ce type de secteurs (qui peuvent aussi faire l'objet d'une surveillance accrue de la part des autorités antitrust). D'autre part, la dimension du cartel peut elle aussi contribuer à rendre la détection plus ou moins probable. A priori, plus la dimension du cartel est étendue, plus la détection sera facile²⁹. En effet, les firmes qui forment les cartels globaux risquent d'être détectés à la fois aux Etats-Unis et en Europe. Et les cartels européens peuvent éveiller les soupçons dans l'ensemble des Etats membres de l'Union. Enfin, la participation éventuelle d'une organisation professionnelle peut jouer un rôle dans la probabilité de repérer et condamner le cartel, mais il n'est pas évident de déterminer dans quel sens joue cette variable (meilleure organisation impliquant moins de risques de détection ou au contraire visibilité plus importante de la coordination vis-à-vis des autorités de concurrence).

Il apparaît qu'au seuil de 5% aucune de ces variables explicatives n'est significative³⁰. C'est pourquoi en définitive, comme Bryant et Eckard, nous traitons la durée de détection de ces cartels comme une variable aléatoire, et cette assertion justifie le fait que nous appliquons un seul processus de vie et de mort à l'ensemble de l'échantillon.

4. ESTIMATION ET RÉSULTATS EMPIRIQUES

4.1 Estimation de la probabilité instantanée d'être détecté

Nous estimons la probabilité de détection en introduisant un processus de vie et de mort pour décrire la dynamique qui régit le nombre de cartels $N(t)$ en vie à un instant t . Plus précisément, si $N(t)$ décrit le nombre de cartels actifs à la date t , nous faisons l'hypothèse que trois états sont possibles à la date $t+h$, h désignant un petit intervalle de temps :

- soit $N(t)$ est passé à $N(t)-1$ avec une probabilité $\lambda .h+o(h)$
- soit $N(t)$ a augmenté d'un cartel pour passer à $N(t)+1$ avec une probabilité $\theta .h+o(h)$
- soit $N(t)$ est resté identique avec une probabilité $1-(\lambda + \theta).h+o(h)$

Dans ce cas, si on appelle L_i la variable aléatoire désignant la durée de vie du $i^{\text{ème}}$ cartel et A_i la durée qui sépare la naissance du $(i-1)^{\text{ème}}$ cartel et du $i^{\text{ème}}$ cartel, alors on montre que les $(L_i)_{i=1..n}$ suivent une loi exponentielle de paramètre λ et que les $(A_i)_{i=1..n}$ suivent une loi exponentielle de paramètre θ :

$$\begin{aligned} \forall i=1..n, L_i &\sim \text{Exp}(\lambda) \\ \forall i=1..n, A_i &\sim \text{Exp}(\theta) \end{aligned}$$

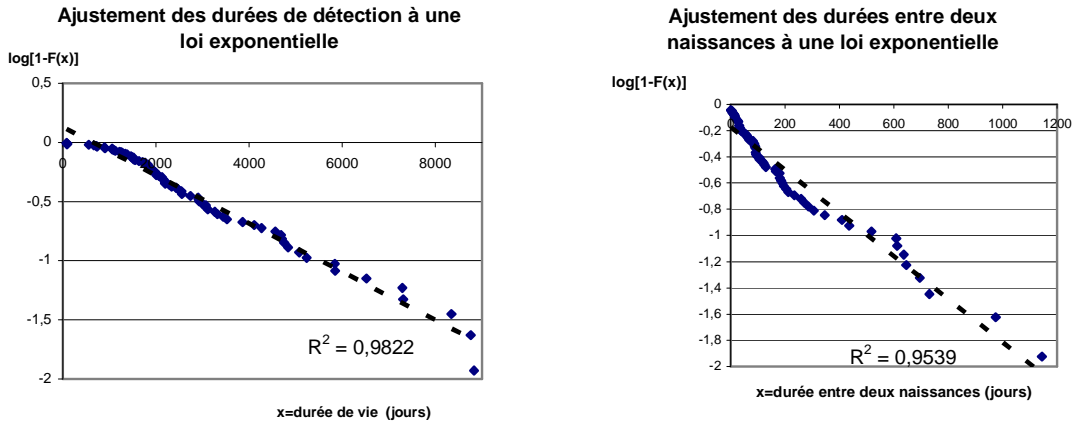
Afin de justifier le recours à des lois exponentielles nous faisons la vérification empirique suivante : si la variable aléatoire L_i est distribuée selon une loi exponentielle de paramètre λ , alors sa fonction de répartition est $F(x)=1-\exp(-\lambda x)$ et donc $\log[1-F(x)]=-\lambda x$. Nous ne connaissons pas la fonction de répartition $F(x)$ des L_i , mais nous disposons de leur fonction de répartition empirique $\hat{F}(x)$. Ainsi, il s'agit de vérifier la pertinence de l'hypothèse « $L_i \sim \text{Exp}(\lambda)$ » et nous contrôlons donc que le graphique de la fonction $x \rightarrow \log[1-\hat{F}(x)]$ se rapproche d'une droite affine (le même raisonnement vaut pour L_i). Or c'est bien ce que nous vérifions empiriquement sur les graphiques ci-dessous. En ajustant des droites de régression

²⁹ Mais dans ce cas, il peut être délicat pour les autorités de concurrence concernées de faire condamner le cartel à cause des problèmes d'application extraterritoriale du droit de la concurrence. Voir Jenny (2003).

³⁰ Voir annexe A.

sur les nuages de points obtenus, nous constatons que les R^2 sont très élevés : 0,9822 pour les durées de détection et 0,9539 pour les durées séparant deux naissances. Ces résultats nous confortent dans notre choix de modèles exponentiels.

Figure 4 : ajustement des durées à une loi exponentielle



En outre, nous supposons que le processus commence à une date T_0 inconnue, mais qu'il n'est observé que pour les cartels dont la mort se situe dans un intervalle de temps $[T_1, T_2]$, avec $T_2 > T_1 > T_0$. Cela suppose que les données sont censurées et rend sensiblement plus compliquée l'écriture de la fonction de vraisemblance et l'estimation des paramètres λ et θ .

La vraisemblance associée à un échantillon de n cartels de durées de vie respectives L_1, \dots, L_n s'écrit alors³¹ :

$$V(L_1, \dots, L_n) = \theta^n \lambda^n \exp[-\theta(T_2 - T_1)] \exp[-\lambda \sum_{i=1}^n L_i] \exp(w)$$

avec $w = (\theta / \lambda) \exp[-\lambda T_1] \{1 - \exp[-\lambda(T_2 - T_1)]\}$.

Les paramètres λ et θ du modèle sont estimés par maximum de vraisemblance et la valeur estimée de λ fournit directement une estimation de la probabilité instantanée de détection des cartels qui seront détectés.

4.2 Date d'apparition du processus

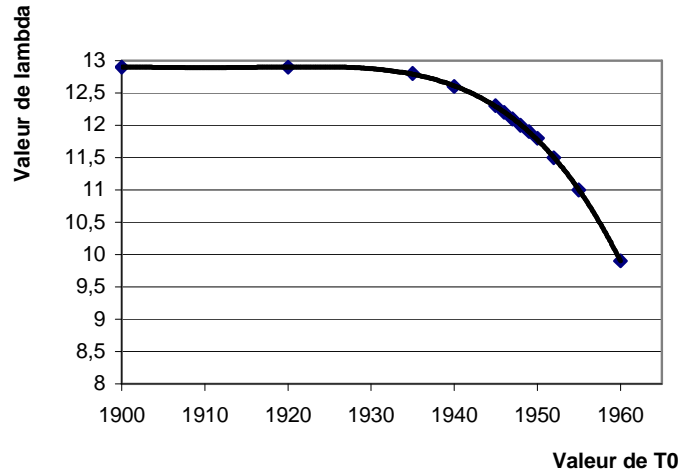
Nous constatons que l'expression de la vraisemblance fait intervenir les paramètres T_1 et T_2 : l'estimation de θ dépend donc de la valeur de ces deux paramètres, elle-même conditionnée par T_0 et se pose donc la question de sa détermination. Plutôt que de faire un choix unique pour T_0 , nous avons estimé la valeur de θ pour différentes valeurs de T_0 . Nous constatons que pour des valeurs de T_0 inférieures à 1930, la valeur estimée de θ devient très peu sensible aux choix de T_0 ³². En effet, d'après la courbe ci-dessous, tout choix de $T_0 < 1930$ conduit à

³¹ Cf APPENDIX Bryant & Eckard (1991).

³² Bryant & Eckard (1991) estiment leur paramètre avec des valeurs de T_0 comprises entre 1861 et 1936, et montrent que l'estimation des paramètres se stabilise à partir du moment où l'on considère que T_1 est suffisamment grand. Ils retiennent alors les estimations des paramètres en état stationnaire.

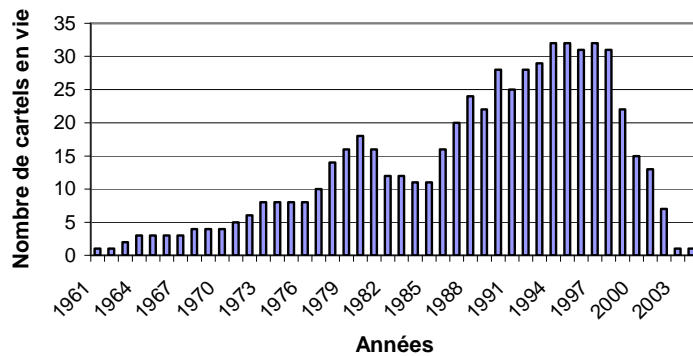
considérer le processus de vie et de mort en état stationnaire. Au final, nous faisons donc l'hypothèse que T_1 est grand et que le processus a donc atteint un état stationnaire.

Figure 5 : sensibilité de Lambda au choix de T_0



Par ailleurs, sous les hypothèses de processus de vie et de mort retenues³³, on démontre que compte tenu de la censure à gauche et à droite précédemment évoquées, le nombre $N(t)$ de cartels en vie à une date t avec $T_1 < t < T_2$ suit une loi de Poisson de paramètre $(\theta / \lambda)\{1 - \exp[-\lambda t]\}\{1 - \exp[-\lambda(T_2 - t)]\}$ qui se simplifie en $(\theta / \lambda)\{1 - \exp[-\lambda(T_2 - t)]\}$ sous l'hypothèse supplémentaire où T_1 est grand. Ainsi si T_1 est grand, $N(t)$ doit décroître au fur et à mesure que t se rapproche de T_2 : c'est ce que nous constatons empiriquement (cf figure 6).

Figure 6 : nombre de cartels en vie à différentes dates



³³ Les L_i sont i.i.d., les A_i aussi et : $\forall i=1..n, L_i \sim \text{Exp}(\lambda)$ et $A_i \sim \text{Exp}(\theta)$.

4.3 Résultats

Tableau 3 : estimation des paramètres

		λ^*	$1/\lambda^{**}$	θ^{***}	$1/\theta^{****}$
Scénario 1	Jours	0,00036323	2753	0,02	50
	Années	0,13257895	7,54267552	7,3	0,1369863
Scénario 2	Jours	0,00034725	2879,77	0,02	50
	Années	0,12674625	7,88977978	7,3	0,1369863

* Probabilité de détection une année donnée (ou un jour donné)

** Durée moyenne de détection en années (ou jours)

*** Probabilité de naissance une année donnée (ou un jour donné)

**** Délai moyen entre la naissance de deux cartels successifs en années (ou jours)

La probabilité annuelle d'être détecté (sachant que le cartel sera détecté *in fine*) pour un cartel en Europe se situe entre 12,9% et 13,2%, ce qui constitue une borne supérieure de la probabilité globale de détection. Nos estimations montrent également qu'un cartel (finalement détecté) se fait détecter en moyenne au bout de 6 ans et demi ($1/\lambda$) représente la durée moyenne de détection). On constate qu'un cartel qui sera finalement détecté naît tous les 6 mois ($1/\theta$) représentant l'écart moyen entre la naissance de deux cartels (finalement détectés) successifs.

CONCLUSION

Nous estimons la probabilité instantanée pour un cartel actif d'être détecté, sachant qu'il sera détecté *in fine*, entre 12,9 et 13,2% en Europe. Bryant & Eckard (sur un échantillon de cartels condamnés aux Etats-Unis) obtiennent quant à eux une probabilité comprise entre 13 et 17%

Sur la base de notre étude et de celle de Bryant & Eckard, il pourrait être intéressant de comparer la probabilité de détection d'une région à l'autre (comparaison de l'efficacité de différents régimes antitrust). A première vue on pourrait conclure que la probabilité d'être détecté étant plus élevée aux Etats-Unis, les autorités de concurrence américaine sont plus efficaces en matière de détection des cartels que les autorités européennes.

Cependant, il existe des différences dans la méthodologie (en particulier la sélection des données) qui fragilisent ce constat :

- Bryant et Eckard travaillent sur des données moins fines : les dates de début et de fin de cartels sont moins précises, ce qui donne un écart important entre leurs probabilités (fourchette très large).

- Nous avons traité les cartels morts naturellement de façon à estimer la durée de détection de ces cartels, ce que n'ont pas fait Bryant et Eckard. Ils ne distinguent pas les cartels morts naturellement des cartels morts par détection, et cela biaise leur estimation puisqu'ils estiment un taux de mortalité qui ne s'apparente pas nécessairement au taux de détection s'il existe des cartels morts naturellement et détectés *ex post*. Ces cartels qui éclatent avant leur détection ont une durée de vie plus courte que la durée qui sépare leur naissance de leur détection (par définition). La prise en compte de leur durée de vie et non de leur durée de détection, implique donc une majoration de la probabilité.

- L'étude de Bryant et Eckard porte sur des cartels condamnés par le *Department Of Justice*, dont la plupart sont probablement nationaux. En ce qui nous concerne, les cartels étudiés sont dans plus de la moitié des cas des cartels européens (au moins deux états membres de l'Union touchés), dans un quart des cas, des cartels globaux (ayant touché l'Europe et au moins une autre grande région du monde), et pour le reste, il s'agit de cartels nationaux (mais avec des effets sur le commerce entre Etats membres). Plus des deux tiers de notre échantillon porte donc sur des cartels internationaux. Or, Connor (2003) a mis en lumière que les cartels internationaux étaient plus durables que les cartels nationaux³⁴.

On pourrait également comparer l'efficacité des politiques de concurrence en matière de détection des cartels dans le temps (d'une période à l'autre). En particulier, l'introduction des programmes de clémence en Europe à partir de 1996 a pu entraîner une augmentation de la probabilité de détection. Nous n'avons pas encore suffisamment de recul (et pas donc pas assez de données) pour estimer cette probabilité de détection sur une période récente. Mais ce test deviendra très intéressant dans quelques années puisqu'il nous permettra de mesurer précisément l'impact des programmes de clémence sur la détection des cartels, et donc d'évaluer de manière rigoureuse leur efficacité (ce qui n'a jamais pu être fait). Nous pouvons déjà noter qu'après 1996, en 8 ans, 40 cartels ont été détectés, soit 5 détections par an en moyenne, alors qu'avant 1996 (en 28 ans), on dénombre 46 condamnations soit 1,64 détections par an en moyenne. Cette très nette intensification du nombre de cartels détectés peut s'expliquer par l'introduction des programmes de clémence³⁵. En effet, dans un premier temps, ces programmes, s'ils sont efficaces, devraient contribuer à renforcer la probabilité de détection des cartels en réduisant les coûts d'investigation, en facilitant les enquêtes et l'obtention des preuves.

A plus long terme, ces programmes devraient permettre de dissuader la formation des cartels³⁶ et nous devrions alors observer une réduction du nombre de cartels détectés (puisque il y aura moins de cartels qui naîtront). Cependant, comme l'ont montré Motta et Polo (2003), ces programmes peuvent aussi comporter un effet contre-productif qui incite les entreprises à former des cartels, en contribuant à la réduction de l'amende moyenne espérée.

³⁴ Il montre que les cartels globaux ont une durée de vie 55% supérieure à la durée de vie des autres types de cartels, et les cartels régionaux ont une durée de vie supérieure de 40% aux cartels nationaux.

³⁵ Cf annexe B. Cependant, cette augmentation du nombre de cartels détectés doit être relativisée par le nombre des naissances. Mais puisque certains ne sont jamais détectés, nous ne disposons pas de cette donnée.

³⁶ Cf Aubert et alii (2006).

BIBLIOGRAPHIE

- Aubert C., Rey P., Kovacic W. (2006) : “The Impact of Leniency Programs On Cartels”, *International Journal of Industrial Organization*, 24(6) : 1241-1266
- Becker G. (1968) : “Crime and Punishment: an economic approach”, *Journal of Political Economy* p. 169-217
- Bryant P.G; Eckard E. Woodrown (1991) : “Price Fixing: The Probability of Getting Caught”, *The Review of Economics and Statistics*, 73(3) : 531-536.
- Buccirossi P et Spagnolo G (2006), “Optimal fines in the area of whistleblowers”, CEPR n 5465, www.cepr.org/pubs/dps/DPS5465.asp
- Combe E. et Monnier C. (2007a) : “Le calcul de l’amende en matière de cartel une approche économique”, *Concurrences* °3, pp 39-45
- Combe E. et Monnier C. (2007b) : “ Cartel Profiles in the European Union ”, *Concurrences* °3, pp 181-189.
- Connor J. et Zimmerman E. (2005) : “Determinants of cartel duration : a cross-sectional study of modern private international cartels”, Department of Agricultural Economics. Purdue University, West Lafayette, Indiana, April 2005
- Connor J. (2003) : “Private international cartels: effectiveness; welfare and Anticartel Enforcement”, Purdue University West Lafayette Indiana.
- Jenny F. (2003) : “Sortir de la jungle”, *En temps reel*, Cahiers 10, septembre.
- Levenstein M. et V. Suslow (2006) : “Determinants of International Cartel Duration and the Role of Cartel Organization”, Ross School of Business Working Paper Series, Working Paper No. 1052, October 2006
- Levenstein M. et V. Suslow (2002) : “What Determines Cartels Success ?”, Document de travail University of Massachusetts
- Motta M. (2004), “Competition Policy. Theory and Practice”, Cambridge University Press.
- Motta M. et M. Polo (2003) : “Leniency programs and cartel prosecution”, *International Journal of Industrial Organization*, 347-379
- Stigler G. (1964) : “A theory of oligopoly”, *Journal of Political Economy*, 55 : 44-61

ANNEXES

A- Déterminants de la durée de détection des cartels

Variables		Estimation des paramètres	Ecart type	t	Pr > t
Intercept		3064,52389	624,20184	4,91	<,0001
Nbfirmes		36,57548	33,20373	1,1	0,2741
Indicaccord		-629,0956	557,77615	-1,13	0,2629
Dimension	Ref=Europe				
	globale	71,26517	653,59	0,11	0,9135
	national	141,74111	615,62781	0,23	0,8185
Secteurs	Ref=chimie				
	Métallurgie et minéraux	-422,50164	773,94921	-0,55	0,5867
	Produits manufacturiers	-362,96977	770,09302	-0,47	0,6388
	Autres (construction, textile)	1395,29539	1380,11512	1,01	0,3152
	Services	-821,16814	761,09654	-1,08	0,284
	Agroalimentaire	-1099,39343	840,50226	-1,31	0,1948

B- Augmentation du nombre de cartels détectés (moyennes mobiles sur 3 ans)

Nombre de cartels détectés

