

ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES DE L'HOMME ET DE LA SOCIÉTÉ

Laboratoire Orléanais de Gestion (LOG)

THÈSE présentée par :

Prosper MOUAK

Soutenue le : 3 mars 2010

pour obtenir le grade de : **Docteur de l'université d'Orléans**

Discipline : Sciences de Gestion

**Le marché de l'aluminium : structuration et
analyse du comportement des prix au comptant et
à terme au London Metal Exchange**

THÈSE dirigée par :

Philippe PAQUET : Professeur, Université d'Orléans

RAPPORTEURS :

Jérôme CABY Professeur, Université de Nancy 2

Jean-Jacques LILTI Professeur, Université de Rennes 1

JURY :

Jérôme CABY Professeur, Université de Nancy 2

Georges GALLAIS-HAMONNO Professeur, Université d'Orléans-**Président du jury**

Maurice LAPARRA Président de l'Institut pour l'Histoire de l'Aluminium

Ancien directeur général d'Aluminium Pechiney

Jean-Jacques LILTI Professeur, Université de Rennes 1

Philippe PAQUET Professeur, Université d'Orléans

A mes parents feu Michel Minoué et feu Micheline Eyiké Minoué

A mon épouse Marylène

A mes enfants Minoué Michel et Olga Marie-Laure

A toute ma famille et à tous mes amis

Remerciements

Je voudrais exprimer ma gratitude à tous ceux qui de près ou de loin, m'ont aidé à aller au bout de cette démarche incertaine et éprouvante qu'est la conception et la rédaction d'une thèse.

Ma reconnaissance va en premier à monsieur le professeur Philippe PAQUET qui a accepté de diriger mon travail. Mon profil de père de famille et de salarié à temps complet ne me prédisposait pas à aller au bout d'un travail de thèse. Malgré cet handicap, Philippe a su me faire confiance. Avec d'autres, il a facilité mon intégration à l'IAE d'Orléans, ce qui m'a permis de bénéficier d'un aménagement de service, propice à un avancement plus rapide dans mon travail de thèse. Philippe s'est toujours montré avec moi à la fois exigeant et raisonnablement permissif. Vers la fin de la rédaction, il n'a pas hésité à me « bousculer » pour m'amener à améliorer des aspects de mon travail que je tenais personnellement pour parfaits. Qu'il en soit remercié.

Je dois aussi un grand remerciement à monsieur le professeur Georges GALLAIS-HAMONNO qui a en fait en quelque sorte co-dirigé mon travail. Il a accepté de participer à plusieurs exercices de présentation de l'état d'avancement de mon travail. A la suite de ces diverses réunions, j'ai pu bénéficier de ses très pertinents conseils sur mon travail. Monsieur GGH a passé de longues heures en ma compagnie pour m'aider à mettre en forme mon travail et à en corriger le fonds. Comment ne pas se rappeler que la curiosité scientifique de monsieur GGH vis-à-vis de mon sujet de thèse l'a amené à faire une visite au London Metal Exchange, d'où il a pu me ramener des documents et des informations utiles à mon travail.

Je voudrais dire un grand merci à monsieur Maurice LAPARRA, président de l'Institut pour l'Histoire de l'Aluminium et ancien directeur général de Pechiney Aluminium. Monsieur LAPARRA s'est spontanément intéressé à mon travail, il a été en permanence à mon écoute. Ses conseils nombreux et pertinents sur le produit étudié et son marché, la mise à ma disposition du fonds bibliographique de l'IHA, ont permis de progresser dans la compréhension de mon sujet. Je remercie aussi tout le personnel de l'IHA pour la qualité de son accueil lors de mes déplacements dans leur siège à Paris.

J'ai été aussi bien accueilli au siège de l'European Aluminium Association (EAA) à Bruxelles. Je remercie pour cela monsieur Bob LAMBRECHTS, l'économiste statisticien de cette association, qui a mis à ma disposition de la documentation très utile et qui m'a consacré de son temps à m'expliquer entre autres les motivations des restructurations dans le secteur de l'aluminium. Que son assistante mademoiselle Natacha KUKIN soit aussi remerciée pour sa disponibilité.

Pour son accueil au siège de Rio-tinto Alcan Paris, sa grande disponibilité et ses nombreux et précieux avis à partir de son nouveau poste de Rio-tinto Alcan Zurich, je remercie monsieur Nicolas JOUGLARD Risk Manager chez Rio-Tinto Alcan

Monsieur Hughes Missonnier, vice président Metal Management, Alcan Engineered Products, reçoit ici mes remerciements, pour m'avoir apporté des explications claires sur certains aspects du fonctionnement de la cotation de l'aluminium à Londres. Monsieur MISSONNIER a aussi facilité les contacts pour monsieur GGH lors de sa visite au LME, ce qui m'a permis comme je l'ai signalé, d'obtenir documentations et informations utiles à mon travail.

La collecte de plusieurs données statistiques a été facilitée par le personnel du BRGM d'Orléans. Je remercie particulièrement pour cela, mesdames Michèle ROGUE et Betty LANSON bibliothécaires au BRGM et monsieur Albert COUMOUL analyste économique au BRGM.

J'adresse aussi mes remerciements au personnel de la bibliothèque de l'école des mines de Paris.

Mes remerciements vont à tous mes collègues doctorants, enseignants et enseignants-chercheurs du Laboratoire Orléanais de Gestion (LOG), qui notamment à l'occasion des journées de tutorat collectif auxquelles j'ai participé, m'ont indiqué avec beaucoup de franchise, les limites de mon travail, me permettant ainsi d'y apporter corrections et améliorations.

Je tiens à adresser mes remerciements à Chrysostome BANGAKE économiste au Laboratoire d'Economie d'Orléans (LEO) qui m'a permis de progresser dans la maîtrise du logiciel EVIEWS sans lequel les traitements économétriques de ma thèse n'auraient pas été possibles.

Dans la même veine, je dis merci à Mohamed AROURI, maître de conférences au LEO qui a su m'encourager et m'orienter dans le travail de mise en œuvre des modèles économétriques de ma thèse.

Les mêmes remerciements vont à Julien FOUCAUT, ancien économètre au LEO pour ses réponses à mes nombreuses questions et pour ses conseils

Je dis merci à Messieurs les professeurs Jean-Jacques LILTI et Jérôme CABY dont les conseils à la suite de première version de ce travail, m'ont permis de le transformer de façon assez importante. Messieurs LILTI et CABY ont accepté de participer au jury de cette thèse, je les en remercie.

Mon épouse Marylène, mes enfants Minoué Michel et Olga Marie-Laure ont été des points d'ancrage de tous les instants, à des moments où pendant ce travail de thèse, le doute s'est souvent mis à souffler en tempête dans mon esprit. Je ne leur serai jamais assez reconnaissant.

Bien évidemment, je remercie tous mes amis pour leur intérêt de tous les instants pour ce long et captivant travail et pour les sacrifices qu'il a pu occasionner par rapport au suivi de nos relations.

J'ai certainement oublié de mentionner dans cette liste des remerciements, des personnes qui à un moment ou à un autre m'ont apporté leur aide dans mon travail de thèse, que tous ces anonymes soient remerciés.

Les avis émis dans cette thèse, ainsi que les limites et les erreurs qu'elle contient me sont bien sûr imputables en propre.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

PREMIERE PARTIE :

LES SPECIFICITES DES MARCHES DE L'ALUMINIUM

INTRODUCTION

CHAPITRE 1: LES PRINCIPAUX DETERMINANTS DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE MONDIALE D'ALUMINIUM

Section 1 : Quelques éléments généraux sur l'économie mondiale de l'aluminium

Section 2 : Les spécificités de l'industrie mondiale de l'aluminium

CHAPITRE II : L'ORGANISATION ET LE FONCTIONNEMENT DES MARCHES A TERME DE L'ALUMINIUM

Section 1 : L'organisation hétérodoxe du LME

Section 2 : Les contrats aluminium du LME

Section 3 : Les particularités techniques du LME

Section 4 : Les autres marchés à terme de l'aluminium

CHAPITRE III : LA VOLATILITE DES PRIX AU COMPTANT

Section 1 : Les déterminants du prix de l'aluminium

Section 2 : L'instabilité du marché physique de l'aluminium

DEUXIEME PARTIE :

L'ETUDE DE L'EFFICACITE DU MARCHE A TERME DE L'ALUMINIUM DE LONDRES (LME)

CHAPITRE IV : LA FONCTION D'INFORMATION DES MARCHES A TERME COMMERCIAUX : APPLICATION AU LME POUR L'ALUMINIUM

Section 1 : L'efficience informationnelle, approches théoriques et analyse de l'efficience des marchés à terme des marchandises

Section 2 : Vérifications empiriques du contenu informationnel des prix à terme de l'aluminium au LME

**CHAPITRE V : L'ANALYSE DE L'EFFICACITE ET DE L'OPTIMALITE DES
OPERATIONS DE COUVERTURE SUR LE MARCHE A TERME DE
L'ALUMINIUM DE LONDRES (LME)**

Section I – La gestion du risque de prix par les opérations de couverture sur les marchés à terme

Section II – Les approches théoriques concernant les opérations de couverture sur les marchés à terme

Section III –Vérification empirique de l'efficacité et de l'optimalité des opérations de couverture sur le marché à terme de l'aluminium de Londres

**CHAPITRE VI : L'EFFET STABILISATEUR DES MARCHES A TERME SUR LES
PRIX AU COMPTANT : LE CAS DE L'ALUMINIUM AU LME**

Section 1 : Marché spot, marché à terme et rôle controversé de la spéculation

Section 2 : Les thèses stabilisatrices et déstabilisatrices des marchés à terme

Section 3 : Vérification empirique de l'effet stabilisateur du marché à terme de l'aluminium de Londres

CONCLUSION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'aluminium apparaît comme un métal neuf si on le compare par exemple au cuivre dont la première utilisation remonte à plus de 6000 ans. En effet, la production industrielle d'aluminium ne débute qu'à la fin du XIX^e siècle. Considéré au départ comme un métal semi-précieux, l'aluminium a vu sa production dépasser celle des autres métaux non-ferreux. La présence de l'aluminium se manifeste dans tous les secteurs de l'activité économique. La production d'aluminium primaire a été multipliée par plus de 30 depuis la fin de la deuxième guerre mondiale et dépasse aujourd'hui les 33 millions de tonnes par an.

Ce succès industriel et commercial de l'aluminium s'explique par ses caractéristiques physiques et chimiques. En effet, l'aluminium est un produit léger, il est presque trois fois plus léger que l'acier. C'est un métal résistant aux sollicitations mécaniques ; sa résistance peut augmenter par alliage ou par traitement à froid. L'aluminium est résistant à la corrosion, sa tenue est très bonne comme le montre ses utilisations dans le bâtiment, l'équipement des territoires ou la construction navale. Les alliages d'aluminium sont très nombreux et variés quant à leur composition. La conductivité électrique de l'aluminium est de l'ordre de deux tiers de celle du cuivre ; en utilisant comme conducteur électrique l'aluminium plutôt que le cuivre, on réalise une économie de 50% sur le poids. La conductivité thermique de l'aluminium est de l'ordre de 60% de celle du cuivre, ce qui est remarquable et justifie son utilisation pour les ustensiles de cuisine, les capteurs solaires, les éléments frigorifiques, les disques de frein etc. L'utilisation de l'aluminium est aussi importante dans l'électronique, dans le dessalement de l'eau de mer ; Dans tous ces domaines, il est question d'échanges thermiques. L'aluminium est un excellent réflecteur de la chaleur, de la lumière et des ondes électromagnétiques. Dans les alliages de l'aluminium avec le fer, celui-ci n'a pratiquement plus aucun effet magnétique. L'aluminium est facile à usiner suivant la plupart des méthodes : usinage par enlèvement de matière, fraisage, perçage, cisailage, forgeage, cintrage, emboutissage. Ce métal est facile à façonner. Cette qualité est exploitée lors du filage des profilés en aluminium et du laminage de bandes et de feuilles, lors de cintrage et d'autres transformations plastiques aussi bien à chaud qu'à froid. L'aluminium peut être soudé ou collé. Des traitements de surface de tous genres permettent la réalisation de solutions esthétiques. L'aluminium permet un grand choix de demi-produits selon les applications à réaliser. Il existe environ 80 alliages couramment utilisés. Les feuilles d'aluminium et de profilés peuvent être standards, mais une grande majorité d'entre elles peuvent être personnalisées à la demande du client utilisateur. L'aluminium est indéfiniment recyclable. Sa

réintroduction dans le circuit n'utilise que 5 % des quantités d'énergie nécessaires à la production d'aluminium de première fusion. En usine, les chutes de production sont recyclées à 100 %. Le taux de recyclage des produits en aluminium en fin de vie est de 85 % dans le bâtiment, 80 % dans le transport, 70 % dans les applications mécaniques et électriques, et 65 % dans l'électroménager.

L'ensemble de ces atouts de l'aluminium en font aujourd'hui le métal le plus utilisé après le fer. La combinaison des diverses propriétés de l'aluminium explique la vaste gamme d'applications économiques de ce produit.

L'aluminium est très utilisé dans le transport. En effet dans l'aéronautique et l'aérospatiale, en 30 ans, grâce à l'aluminium et à ses alliages, le poids de la structure d'un avion a été divisé par deux. Pratiquement l'ensemble de l'infrastructure, du fuselage, et de la voilure d'un avion est constitué d'aluminium. La recherche continue de gain de poids conduit de plus en plus les fabricants d'automobiles à recourir à l'aluminium. Depuis de nombreuses années, il est utilisé pour les pièces de moteurs ; aujourd'hui, il a un emploi dans les éléments de châssis, de carrosserie et d'équipements. L'allègement des véhicules automobiles par l'utilisation de l'aluminium est synonyme d'économies de carburant pour les utilisateurs. L'aluminium est aussi très utilisé dans le bâtiment. Après la seconde guerre mondiale, son utilisation dans la fabrication des fenêtres puis des façades a débouché sur la naissance d'une nouvelle architecture de murs rideaux, symbole de l'architecture moderne. Aujourd'hui, l'aluminium se rencontre partout dans le bâtiment : toitures, bardages, panneaux d'isolation, fenêtres, portes, volets, vérandas, pare-soleil, cloisons, faux plafonds, cabines de douche... Par exemple, un tiers des fenêtres fabriquées chaque année en France est en aluminium ; la presque totalité des vérandas installées en France est en aluminium. Le secteur de l'emballage apprécie les multiples propriétés de l'aluminium, en particulier ses propriétés de barrières aux liquides, aux gaz et à la lumière. L'emballage constitue un débouché important pour l'aluminium. En Amérique du Nord, l'emballage est le premier débouché de l'aluminium, avec 35 % de son marché. En Europe, l'emballage est un débouché croissant qui ne représente aujourd'hui que 15 % du marché de l'aluminium. L'aluminium sert à la fabrication de câbles de transport et de distribution d'énergie : lignes haute tension, câbles souterrains, fils de bobinage pour transformateurs... L'excellente conductivité de l'aluminium, mais aussi sa légèreté et sa solidité expliquent son développement dans ce domaine. L'aluminium est présent dans l'équipement des maisons (ustensiles de cuisine, appareils

électroménagers, réfrigérateurs, radiateurs), le revêtement des disques compacts laser, le mobilier urbain, la signalisation routière

Les spécificités physico-chimiques de l'aluminium en font donc un métal très demandé par les industriels et les ménages pour beaucoup d'objets de la vie quotidienne. Notre étude des marchés de l'aluminium et des fonctions financières concernant ceux-ci s'en trouve pleinement justifiée.

L'intérêt économique de l'aluminium est donc évident, cela d'autant plus que la production d'aluminium génère en amont une grande activité économique pour l'extraction de la bauxite matière de base de l'aluminium et la transformation de celle-ci en alumine. La production de 4 tonnes de bauxite génère celle de 2 tonnes d'alumine dont on va extraire par électrolyse 1 tonne d'aluminium. Pour obtenir de l'aluminium, les industriels ont recours à deux sources d'approvisionnement.

La première source est l'aluminium primaire. Celui-ci est ici obtenu par l'extraction de la bauxite, qui ensuite est transformée en alumine par le procédé Bayer, et enfin, l'alumine est transformée en aluminium grâce au procédé d'électrolyse Hall-Héroult. La deuxième source est l'aluminium secondaire qui est alors obtenu par le retraitement (recyclage) de produits usés à base d'aluminium.

La bauxite¹ est la principale matière première servant à la production d'aluminium. De façon générique, la bauxite désigne le minerai contenant un hydroxyde d'aluminium (alumine), mélangé à des impuretés telles que de l'oxyde de fer, la silice, le titane et d'autres minéraux. Mais au sens commercial, on appelle bauxite un minerai contenant un minimum de 40 % d'alumine et un maximum de 10 % de silice et qui permet de produire économiquement de l'aluminium. Le coût d'une nouvelle mine de bauxite est surtout fonction du contenu en alumine au niveau du minerai extrait et de la présence d'infrastructures adéquates (disponibilités en ressources énergétiques, voies ferrées, routes, main-d'œuvre etc....)

¹

La bauxite découverte par le minéralogiste français Pierre Berthier (1782-1861) fut ainsi baptisée par ce géologue parce que les échantillons sur lesquels il avait travaillé provenaient du village de Baux en Provence

La bauxite extraite du sol est ensuite broyée, lavée et séchée avant traitement. Ce traitement consiste à séparer l'alumine des autres substances (oxyde de fer, de silice, de titane, ainsi que d'autres impuretés) qui composent la bauxite. Une telle séparation est effectuée selon le procédé Bayer inventé en 1887 par le chimiste autrichien Karl Joseph Bayer. Au début, les usines ne produisaient que quelques centaines de tonnes d'alumine par an.

Aujourd'hui, grâce au procédé Bayer, les usines d'alumine dans le monde produisent plusieurs millions de tonnes par an. On distingue une version européenne et une version américaine du procédé Bayer. La différence dans l'utilisation du procédé Bayer originel s'explique par les différences de qualité de la bauxite utilisée.

L'étape ultime dans la production d'aluminium primaire consiste à séparer ce métal de son oxyde ; ceci se réalise grâce au procédé d'électrolyse mis au point presque simultanément en 1886 en France par Paul Héroult et aux États-Unis par Charles-Martin Hall. Après bien des disputes et des procès entre les deux inventeurs sur l'antériorité de leur découverte, on convint d'accorder la paternité de l'invention aux deux chercheurs. Le procédé de production industrielle d'aluminium par électrolyse portera ainsi le nom de « procédé Hall-Héroult ». Le procédé Hall-Héroult consomme beaucoup d'énergie électrique. Pour une tonne d'aluminium, il faut consommer entre 13 000 et 15 000 kW heure. Malgré cette consommation très importante, il faut mentionner les progrès en économies d'énergie réalisées par les améliorations de ce procédé Hall-Héroult, puisqu'en 1930, la production d'une tonne d'aluminium nécessitait 30 000 kW heure. L'énergie électrique reste en termes de coût le principal intrant pour la production d'aluminium (25 à 30 % des coûts). Parmi les autres intrants, il y a l'alumine (30 % des coûts opératoires), la main-d'œuvre (10 à 15 %) et les autres matériaux (charbon, brai, fluorure d'aluminium, cryolithe, etc.). Par divers procédés (extrusion, moulage, étirage-tréfilage, matriçage et plus couramment le laminage) l'aluminium obtenu par électrolyse est transformé en produits semi-ouvrés qui sont expédiés aux industries des contenants, des emballages, du bâtiment, de l'équipement, des transports, des produits électriques et des biens de consommation durables qui les transforment en produits de consommation courante.

L'aluminium est recyclable à 100 % et indéfiniment, sans perte de ses caractéristiques mécaniques. Le recyclage de l'aluminium permet une économie d'énergie de 95 % par rapport à la quantité d'énergie nécessaire à la fabrication de l'aluminium primaire. Plusieurs raisons

expliquent le choix de l'aluminium secondaire par certains industriels et consommateurs : sa technologie de production est plus simple que celle de production de l'aluminium primaire, elle est aussi moins coûteuse et moins nocive pour l'environnement. Le recyclage des vieux rebuts permet des économies de ressources non renouvelables considérables ; ce recyclage réduit aussi la dépendance des importations étrangères pour les pays faiblement dotés en ressources minières. Mais le principal avantage de l'aluminium secondaire est sa consommation relativement faible d'énergie électrique. En effet, la production d'une tonne d'aluminium secondaire ne consomme que 5 % de l'énergie nécessaire pour la production d'une quantité équivalente d'aluminium primaire. De plus, le métal obtenu par le recyclage de rebuts se révèle un parfait substitut du métal primaire lorsque les deux possèdent les mêmes teneurs en aluminium.

Mais par ailleurs, l'économie de l'aluminium présente aussi beaucoup d'intérêt pour les analystes économiques et financiers. En effet, l'industrie de l'aluminium a été longtemps montrée en exemple pour illustrer les situations d'oligopole : le règne des 6 sociétés majeures, ces sociétés alumières qui ont dominé le secteur de l'aluminium jusqu'à la fin des années 60 est un cas d'école pour montrer comment un petit groupe d'entreprises pouvait contrôler une filière et y imposer les prix en orientant ceux-ci au travers de simples ajustements de volumes de production.

La création du contrat aluminium au LME en 1978 est venue mettre un terme aux pratiques d'entente qui, il faut le dire, étaient déjà contestées par des entreprises surliquides venues d'autres secteurs industriels et par des entreprises d'État propriétaires de ressources minières. La multiplication des groupes stratégiques avait déjà en effet sonné le glas de l'oligopole aluminier constitué par les 6 majeures. Il y a donc un intérêt scientifique à étudier l'économie et la finance de l'aluminium, d'autant plus important que les restructurations se poursuivent encore aujourd'hui dans le secteur de l'aluminium.

Dès le milieu des années 60, apparaissent dans l'industrie de l'aluminium de nouveaux concurrents de type divers.

Il s'agit d'abord des sociétés métallurgiques pétrolières ou manufacturières désireuses de diversifier leur production ou d'effectuer une intégration horizontale de leurs opérations. Ce phénomène s'explique par l'augmentation du nombre de débouchés dans l'utilisation de

l'aluminium, qui apparaît dans des secteurs de plus en plus variés. Par ailleurs, avec la crise de l'énergie en 1974, certaines entreprises du Moyen-Orient notamment, disposant d'une énergie peu coûteuse seront incitées à entrer dans le secteur très énergivore de l'aluminium.

Ensuite, il y a le développement du secteur gouvernemental (CVG au Venezuela, Egyptalum, Aluminium Bahreïn, Hydro – aluminium en Norvège, CRDV au Brésil, Dubaï Aluminium ...). De 10 % à la fin des années 60, cette part est passée à 25 % en 1980 et s'est stabilisée depuis cette époque. Ce développement du secteur gouvernemental a fortement augmenté l'hétérogénéité de l'industrie de l'aluminium. Car, face à une situation d'offre excédentaire, alors que la logique économique dicterait une diminution du taux d'utilisation de la capacité de production, afin d'éviter un effondrement des prix, l'entreprise gouvernementale pourra s'obstiner à produire, dans le but de soutenir l'emploi dans une région donnée ou favoriser par la production d'aluminium, l'utilisation de facteurs de production nationaux ou encore assurer les approvisionnements continus à l'industrie manufacturière située en aval². On est donc passé de un à trois groupes stratégiques.

Une croissance moindre de l'activité a été observée. Parallèlement à l'apparition de nouveaux concurrents, on assiste en effet à cette période, à une forte diminution de la croissance du marché dont le taux passe de 10 % pour la période 1960 - 1973 à 1,5 % pour 1974 - 1991. Ceci conduit comme nous l'avons vu précédemment, à une augmentation de la concurrence dans cette industrie.

Il y a eu augmentation de l'élasticité prix de la demande. L'élasticité prix de la demande a certainement augmenté pendant cette période comme nous le verrons au paragraphe suivant. Ceci s'explique notamment par le nombre croissant d'alternatives à l'aluminium, qui se trouve concurrencé par de nombreux métaux et matériaux. L'autre alternative, dont le développement a été très fort est l'utilisation de l'aluminium secondaire.

La conséquence de ceci a été la régulation par les prix. En effet, ces trois phénomènes (augmentation du nombre et de la nature des acteurs, diminution de la croissance, et augmentation de l'élasticité de la demande au prix) ont conduit à un profond changement du secteur de l'aluminium qui, d'oligopolistique est devenu relativement concurrentiel. La perte

² Ce fut notamment l'attitude de la Russie qui inondait le marché européen au début des années 1990.

de contrôle des 6 Majeures sur l'industrie de l'aluminium fait passer le secteur aluminier, d'un mode de régulation par les volumes produits à un mode de régulation par les prix comme en témoigne la création d'un contrat à terme LME en 1978. Les fluctuations de prix deviennent très importantes, ce qui fragilise les entreprises de ce secteur.

Le rôle de l'aluminium russe fût important. Au début des années 90, les cours de l'aluminium s'effondrent. A la suite de l'éclatement de l'URSS et du COMECON, les sociétés d'aluminium de ces pays ne sont plus tenues de vendre leur métal sur le marché communiste. Le marché occidental, avec ses devises convertibles, leur semble un débouché beaucoup plus intéressant, d'autant plus que la demande intérieure russe s'écroule. Ainsi, les exportations de l'ex Union soviétique sont-elles passées de 200 000 tonnes par an, à un million de tonnes à partir de 1991. Cette augmentation brutale des exportations russes a conduit à une division par deux, tout aussi brutale, du prix de l'aluminium.

La principale conséquence de ces changements c'est l'effondrement des cours qui a engendré des pertes très importantes pour les entreprises du secteur. Les 6 Majeures ont accumulé des résultats négatifs, à partir de 1991-1992. À partir de 1992, les comptes des 6 Majeures sont tous « dans le rouge ». Des plans de réductions de coûts draconiens sont mis en place. Des usines ferment, certaines entreprises recentrant leurs activités. En 1994, le prix de l'aluminium commence à remonter. Les opérations d'assainissement font progressivement leur effet, et Alcoa par exemple renoue avec des résultats positifs en 1995.

Depuis 1999, une vague importante de restructurations a lieu dans l'industrie mondiale de l'aluminium, ces restructurations prennent essentiellement la forme de fusions d'entreprises du secteur. Certains projets de fusion ont échoué et d'autres ont permis d'augmenter significativement la taille des entreprises du secteur de l'aluminium.

En mars 2000, le conseil de la concurrence de la Commission européenne après s'être penché sur le dossier de fusion Alcan – Pechiney - Algroup refuse cette fusion. En effet, la Commission autorise la fusion Alcan -Algroup et rejette la fusion Alcan-Pechiney. Le refus de la fusion Alcan-Pechiney s'explique en grande partie par la participation du groupe d'Alcan à 50 % dans la grande usine allemande de laminage de Norf détenue aussi à 50 % par VAW. La Commission a estimé qu'il aurait été difficile pour le groupe APA d'instaurer une véritable concurrence fiable avec VAW par rapport à l'usine de Norf. Pour obtenir le

rapprochement Alcan-Péchiney, ces deux groupes ont fait à la Commission de Bruxelles un certain nombre de propositions concernant notamment l'usine partagée de Norf. La principale proposition d'Alcan-Péchiney était que la nouvelle entité reste partenaire de VAW dans l'usine de laminage de Norf, mais qu'il soit mis en place un système de réduction d'échange d'informations avec VAW grâce à des barrages préservant la confidentialité de chacun. La Commission européenne n'acceptera pas ces propositions, et la fusion Alcan – Péchiney sera définitivement rejetée. Jusqu'à ce qu'en juillet 2003, Alcan lance une OPA hostile sur Péchiney. La Commission européenne n'a pas changé d'avis et a reformulé les mêmes conditions. Alcan a alors décidé de se séparer d'une grande partie de ses activités courantes de laminage qui ont été regroupées dans une nouvelle société Novelis, par une opération de spin off (mise en bourse). L'usine de Norf, source de désaccord avec Bruxelles, s'est retrouvée dans Novelis. Bruxelles étant satisfaite, l'OPA a pu être réalisée en décembre 2003.³

Le 7 mai 2007, Alcoa a lancé une OPA hostile sur Alcan. Les actionnaires d'Alcan se voient proposer par Alcoa une plus-value de 20 % par rapport au cours de vendredi 4 mai 2007, valorisant l'action Alcan à 73,25 \$ US et le groupe à 33 milliards de dollars US dette comprise. Alcan refuse l'offre d'Alcoa et fait appel à Rio Tinto comme « chevalier blanc ».

L'annonce par Alcoa du rachat de Reynolds le 11 août 1999 est survenue quelques heures seulement après l'annonce de la fusion à 3 Alcan – Péchiney - Algroup pour créer APA. Malgré les sérieux problèmes de concurrence posés par ce rapprochement, le ministère de la justice américain donnera son autorisation à la fusion Alcoa –Reynolds au début de 2000.

La rumeur d'une fusion entre les groupes aluminiers russes Russky Aluminii (Rusal), Siberian Ural Aluminii (Sual) et le négociant de métaux suisse Glencore, qui courait dans les médias depuis le 22 août 2006 est confirmée en mars 2007 par la création de la United Company Rusal. United Rusal devient la plus grande société mondiale de production d'alumine avec 11,9 millions de tonnes par an (17,8% de la production mondiale) et d'aluminium avec 4,4 millions de tonnes par an (14,2% de la production mondiale) et le numéro deux de la production de bauxite avec 20,5 millions de tonnes (12, 4% de la production mondiale). Ce nouveau groupe détient 100% du marché russe de l'aluminium.

³ Selon réponse de Maurice Laparra directeur de l'Institut pour l'Histoire de l'Aluminium du 7 novembre 2007

Dans ces restructurations, nous retrouvons la plupart des motivations avancées par VERNIMMEN (2005) : Volonté de contrôle des coûts, recherche d'économies d'échelle par une augmentation de la taille critique, recherche de synergies ; mais aussi impératif d'accroître sa taille pour éviter d'être victime d'une absorption hostile. Même si de tels mouvements de concentration vont dans le sens d'une concurrence moindre, ils n'ont pas permis un retour aux situations d'oligopole et d'entente ayant prévalu dans les années 70 et avant ; l'offre d'aluminium reste aujourd'hui assez diversifiée et les prix de ce métal sont de véritables prix de marché.

L'objectif général de notre étude est, après avoir étudié les données économiques du marché physique de l'aluminium, d'analyser les grandes fonctions économiques et financières reconnues aux marchés à terme pour le cas de l'aluminium au LME. L'étude du comportement des prix est au cœur de notre travail. La première partie de ce travail s'intéresse aux forces agissant sur le marché de l'aluminium et aux résultats de cette action en termes de concurrence accrue mais aussi d'instabilité des prix ; alors que la deuxième partie s'intéresse aux fonctions purement financières du LME, marché leader pour l'aluminium et les métaux non-ferreux.

Le but de la première partie est d'analyser les éléments fondamentaux qui vont influencer la formation des cours de l'aluminium. Dans cette partie seront étudiés l'offre, la demande et le commerce international de l'aluminium. L'aluminium apparaît comme un métal dont l'utilisation est croissante dans l'économie mondiale et donc le potentiel actuel de production est évalué à plus de 150 années. Un approfondissement de l'analyse de ces facteurs d'offre et de demande de l'aluminium se fait à travers une étude du jeu concurrentiel des entreprises du secteur de l'aluminium. Les restructurations dans l'industrie de l'aluminium sont permanentes depuis l'effondrement dans les années 70 de l'oligopole constitué par les six majeures, le secteur de l'aluminium est devenu extrêmement concurrentiel. Nous examinons aussi le rôle de l'aluminium secondaire, l'importance concurrentielle des produits de substitution à l'aluminium et, l'importance de la caractéristique d'intégration verticale des entreprises très marquée dans le secteur de l'aluminium. En effet, la concurrence ne se limite pas aux seules batailles que se livrent les entreprises de l'aluminium entre elles ; celles-ci doivent par ailleurs, faire face à la rivalité des autres métaux et des produits tels que le verre, les plastiques ou le bois. La dynamique de l'intégration verticale dans le secteur de

l'aluminium est expliquée et justifiée par STUCKEY (1983) qui y voit entre autres le moyen pour les entreprises du secteur de se protéger de l'entrée dans leur secteur d'entreprises nouvelles.

L'aluminium de seconde fusion qui ne représentait qu'environ 20% de la demande d'aluminium des pays occidentaux au début des années 60 a vu sa part de marché fortement augmenter, pour dépasser aujourd'hui les 30% de la consommation mondiale d'aluminium. Cette part est selon les spécialistes appelée à se développer dans le futur. Les raisons de ce recours plus important à l'aluminium secondaire ont été évoquées, il s'agit de motivations liées à la faible consommation d'énergie générée par le recyclage d'aluminium et au manque des ressources de base pour la production d'aluminium primaire de certains pays. La conséquence du développement de la consommation de l'aluminium secondaire sur le marché est évidente : sans cette augmentation de la disponibilité en aluminium secondaire, les cours de l'aluminium seraient certainement plus hauts aujourd'hui qu'ils ne le sont.

PORTER (1982) définit l'intégration verticale comme « la combinaison de processus de production, de commercialisation, de vente et/ou d'autres processus économiques distincts à l'intérieur des limites d'une seule entreprise. En tant que telle, elle représente la décision d'une firme d'utiliser des transactions internes, d'ordre administratif, plutôt que des transactions marchandes pour réaliser ses objectifs économiques ». STUCKEY (1983) veut montrer pourquoi l'industrie de l'aluminium est organisée sous le mode de l'intégration verticale plutôt qu'en un système de marchés de produits intermédiaires et de transactions interentreprises. Il s'appuie sur la théorie du cycle de vie des entreprises de STIGLER (1951) pour analyser l'intégration en amont (*upstream integration*) et l'intégration en aval (*downstream integration*).

La théorie du cycle de vie de l'intégration a été suggérée par Georges Stigler en 1951. Selon John Stuckey, cette théorie est la seule sur l'intégration verticale qui apporte une explication directe sur les trends historiques d'intégration. L'idée de cette théorie est que, quand le marché d'une industrie est important, plusieurs firmes vont se spécialiser à chaque stade de production, afin de bénéficier des économies de la spécialisation ; mais quand le marché est étroit ou le devient (à la naissance d'une industrie ou à son déclin), les quelques firmes présentes dans le secteur devront s'intégrer aux différents stades de production, parce que les volumes de production sont bas et les perspectives futures trop incertaines ou trop

ternes pour inciter à la spécialisation. Bien que le marché de l'aluminium se soit développé sur plusieurs années très rapidement, les producteurs d'aluminium, et particulièrement les nouveaux entrants non encore intégrés, croient que l'intégration verticale est une condition nécessaire de succès dans l'industrie de l'aluminium. Et plus encore, ces nouveaux entrants affectent leurs ressources financières en conséquence. Ainsi, même si les trends d'intégration en amont de l'industrie de l'aluminium sont en accord avec la théorie du cycle de vie il y a d'autres forces qui jouent en sens opposé et conservent une intégration en amont plus importante que ce ne serait le cas si la théorie du cycle de vie était l'explication entière des trends d'intégration. L'examen des décennies récentes aux États-Unis et auprès de cinq producteurs les plus importants d'aluminium en 1982 montrent qu'il y a un mouvement plus fort d'intégration verticale. Ceci contraste avec les prédictions de la théorie du cycle de vie. Il est apparu que les facteurs encourageants à l'intégration verticale ont éclipsé les facteurs encourageant la désintégration que la théorie du cycle de vie suggérait. Mais l'incohérence entre la théorie du cycle de vie et l'expérience de l'intégration en aval dans l'industrie de l'aluminium ne signifie pas que la théorie du cycle de vie devrait être rejetée pour manque de fiabilité car, comme le note Stigler lui-même : « Cette théorie du cycle de vie n'est pas l'histoire entière de l'intégration verticale ». Pour résumer, le modèle du cycle de vie de l'intégration verticale dans l'industrie offre une explication crédible des trends d'intégration verticale dans l'industrie durant la première moitié du XXe siècle. À la fin de cette période, l'intégration de la mine aux produits finis et aux activités annexes telle que la production d'électricité était très importante. Cependant, 30 à 40 ans plus tard, quand la théorie du cycle de vie prédisait une désintégration générale, la réalité a montré que le niveau d'intégration verticale a continué à être élevé, plus particulièrement pour les principales entreprises d'aluminium. Dans certains cas, l'intégration a même semblé en augmentation. Ceci répond en écho à la conclusion à laquelle aboutit GREENING (1976) dans son étude concernant l'intégration verticale dans l'industrie du pétrole : « Il est plus aisé d'expliquer comment l'intégration verticale devient la stratégie dominante des firmes engagées dans la production et le raffinage de pétrole brut, que d'expliquer pourquoi ceci reste un schéma si commun de la structure des firmes dans cette industrie ». Selon John Stuckey, cette conclusion peut être transposée à l'intégration dans l'industrie de l'aluminium.

Mais, alors qu'à l'époque des six majeures, les aluminiers cherchaient à contrôler l'amont et l'aval de leur industrie, aujourd'hui, avec l'avènement du LME, il leur apparaît bien vain de chercher à s'intégrer en aval, les prix de l'aluminium étant déterminés par la

bourse des métaux de Londres. Aujourd'hui, l'intégration en amont en vue du contrôle des sources d'approvisionnement en bauxite, alumine et énergie afin de maîtriser les coûts de production de l'aluminium primaire semble être la stratégie industrielle dominante des acteurs du secteur de l'aluminium.

Depuis 2000, on assiste à un retour de la concentration dans l'industrie de l'aluminium en amont. Nous avons présenté plus haut, les diverses opérations de prise de contrôle et de fusion depuis le début des années 2000, et cette tendance à la concentration est encore actuellement en cours. Pourtant, on assiste depuis 2 à 3 ans à une désintégration des entreprises du secteur de l'aluminium vers l'aval⁴. Il semble que les grands groupes d'aluminium ne veulent plus avoir à leur aval les activités de filage, de laminage et autres, parce que l'intégration de ces activités serait contre productive pour leurs filiales qui les gèrent, compte tenu des contrats à long terme désavantageux détenus par ces filiales dans un contexte où le prix de l'aluminium a tendance à augmenter. Une autre explication du progressif abandon de la stratégie d'intégration en aval se trouve dans l'existence du LME. En effet, la bourse des métaux de Londres établit le prix de l'aluminium et rend donc ainsi, bien inutile le contrôle du marché des applications de l'aluminium qui permettait au 20^e siècle, non seulement de développer le marché de l'aluminium, mais surtout d'assurer les prix en aval.

Le 18 mai 2001, le président d'Alcan monsieur Richard B. Evans prononce un discours mémorable au forum international de l'aluminium à New-York qui indique clairement la ligne de la stratégie de désintégration en aval de l'industrie internationale de l'aluminium.

Pour monsieur Evans, un des chocs majeurs pour l'industrie de l'aluminium dans les années 70 a été l'introduction en 1978 du commerce de lingots d'aluminium au LME. Ceci déclencha le début de la désintermédiation et la rupture de la chaîne de l'offre, entraînant une évolution des prix producteurs vers le prix de bourse. Ce changement entraînera à son tour le début d'une séparation économique des opérations en amont de la production d'aluminium primaire, des opérations de fabrication de produits semi-finis et finis en aval. Cette réalité évolue encore aujourd'hui et mûrit depuis cette époque.

⁴

Entretiens à Bruxelles le 30 /07 /2007 avec monsieur Bob Lambrechts économiste à l'European Aluminium Association (EAA) et entretien à Paris le 07/09/2007 avec monsieur Maurice Laparra ancien directeur général de Pechiney Aluminium et directeur de l'Institut pour l'Histoire de l'Aluminium (IHA)

Pour monsieur Evans, l'idée de base de beaucoup d'acteurs du secteur de l'aluminium est encore que l'industrie de l'aluminium reste verticalement intégrée avec un ensemble d'intérêts communs. En fait, il existe au moins deux industries de l'aluminium avec des intérêts opposés en leur sein. Les opérations d'aluminium en amont de la production de lingots deviennent de plus en plus liées avec celles des autres entreprises minières et productrices de métaux. Les activités en aval pendant ce temps deviennent progressivement mondiales et diversifiées. L'amont de l'industrie de l'aluminium est une activité hautement consommatrice d'énergie et intensément capitalistique, où la compétition se fait principalement sur la base de quelques facteurs de coût (les réserves de bauxite, la logistique et l'énergie électrique). Alors que l'activité en aval, bien qu'elle soit aussi intensément capitalistique est guidée dans une large mesure par les besoins des clients. L'aval est un segment où la compétition se fait à travers un mélange complexe et dynamique fait de délais de livraison, de prix, de caractéristiques du produit et de perception de valeur par le client. Il n'est pas surprenant que les nouvelles entrées les plus réussies en amont de l'industrie de l'aluminium ces dernières décennies soient venues des secteurs minier et énergétique. Pendant que du côté de l'aval, la vraie compétition pour le partage du marché des produits de consommation finale vient des fabricants d'autres matériels que l'aluminium tels que les producteurs de plastiques.

Monsieur Evans observe aussi que, du côté des clients, une nouvelle génération de gestionnaires des achats utilisant des méthodes de plus en plus sophistiquées apparaissent ; ils comprennent mieux le fonctionnement des marchés boursiers et ne semblent pas soumis aux mouvements de « moulins à vent » de la volatilité des prix. Ces nouveaux managers ont une vision plus stratégique et développent des approches pragmatiques pour gérer le risque de prix. Ces clients finaux, désirant une stabilité des prix, ont maintenant une variété de produits financiers à travers lesquels ils peuvent stabiliser leur coût de l'aluminium en lingots. Ceci se reflète par l'accroissement des contrats à long terme à la place de l'intégration en aval.

Dans la même veine, la plupart des producteurs d'aluminium, après des années de soutien aux secteurs en aval de la production d'aluminium, ne se sentent plus obligés de subventionner les applications en aval de leur industrie. Les producteurs d'aluminium qui ne suivent pas cette règle de conduite devraient se retrouver à le payer sous forme de faibles retours sur investissement et de façon ultime sous forme d'actionnaires mécontents, que ces actionnaires soient des investisseurs, des fonds de pension et même des gouvernements qui sont devenus progressivement très motivés par la création de valeur dans leur investissement.

Pour résumer sur cette question de l'évolution de la stratégie d'intégration verticale dans l'industrie de l'aluminium, on peut dire que la stratégie au XX^e siècle était de développer le marché de l'aluminium, donc les applications en aval. L'intégration en aval permettait de développer le marché et d'assurer les prix. Ce n'est plus le cas, depuis qu'en 1978, l'aluminium est entré au LME. L'objectif des producteurs d'aluminium n'est plus de contrôler l'aval de l'industrie, puisque le prix du métal est fixé par le LME. La stratégie au XXI^e siècle est de contrôler l'amont de l'industrie (bauxite, alumine et énergie électrique). Pour la plupart des grandes entreprises du secteur de l'aluminium, la production de lingots d'aluminium n'est plus le premier stade de la fabrication des produits en aluminium, c'est devenu le dernier stade de la production de métal brut. Pour reprendre l'expression de M. Maurice Laparra⁵, le producteur actuel d'aluminium n'est plus « *Customer oriented* », il est devenu « *supplier oriented* ». Il s'intéresse plus à ses approvisionnements en minerais dont il cherche à baisser ou du moins à maîtriser les coûts, qu'aux activités en aval de son secteur, puisqu'il ne peut plus agir sur le prix du lingot d'aluminium déterminé désormais par le LME. D'où la tendance à se détourner des marchés des produits semi-finis et finis et l'intérêt de se tourner vers les propriétaires de la puissance minière.

Enfin, nous étudions la dynamique de l'économie chinoise qui tire aujourd'hui vers le haut l'ensemble du secteur de l'aluminium. La dynamique industrielle chinoise marque la tendance pour l'industrie de l'aluminium depuis une quinzaine d'années ; les spécialistes s'accordent pour constater que le rôle moteur de la Chine pour l'industrie de l'aluminium est bénéfique pour cette industrie autrefois fortement atteinte par la crise économique consécutive aux deux chocs pétroliers ; ces mêmes spécialistes estiment que la Chine est appelée à jouer durablement les premiers rôles dans le secteur de l'aluminium.

Cet optimisme concernant le rôle moteur de la Chine pour l'industrie mondiale de l'aluminium s'explique par le volontarisme des dirigeants politiques chinois qui se traduit par quelques résultats macro économiques.

Pendant l'actuelle décennie, la croissance économique de la Chine reste le grand événement. Avec un PIB de 3 430 milliards de dollars US en 2007, la Chine est la septième

⁵ Ancien directeur général de Pechiney aluminium et président de l'IHA

puissance économique mondiale, juste derrière la France et l'Italie. Au cours des 20 dernières années, l'économie chinoise, a connu une croissance beaucoup plus rapide que celle des principales régions développées de la planète et que l'autre géant du tiers-monde, l'Inde. En 2003 par exemple, même si sa production ne représentait que 4 % du PIB mondial (et 2,8% en 1995), la Chine a compté pour plus de 17 % de l'augmentation totale du PIB mondial. Au cours des cinq dernières années, elle a contribué pour plus de 10 % à la croissance économique mondiale, dépassée seulement par les États-Unis. Le PIB par habitant de la Chine (en dollars US) a doublé depuis le milieu des années 90 pour s'établir à plus de 2000 \$ en 2005.

À ces données fondamentales que sont la croissance économique et le niveau du PIB, on peut ajouter quelques éléments saillants caractéristiques de l'économie chinoise qui expliquent le dynamisme de celle-ci.

- La résistance aux crises économiques mondiales : la Chine est ressortie de la crise asiatique de 1997-1998 sans aucun dommage ou à peine et a surmonté la récession mondiale de 2001.

- La hausse des exportations qui ont augmenté de plus de 23 % en 2005 pour atteindre plus de 300 milliards de dollars soit plus de 5 % des exportations mondiales. Il faut aussi noter l'augmentation de l'excédent commercial (plus de 30 milliards de dollars soit près de 3 % du PIB en 2005).

- Les investissements directs étrangers massifs, qui ont totalisé plus de 55 milliards de dollars en 2005. Leur niveau est très substantiel et plus élevé qu'en Inde ou en Russie.

- La croissance constante de la production industrielle. On note en effet un rythme de croissance de l'activité industrielle de plus de 11% entre 1998 et 2005.

Nous présenterons les éléments purement industriels qui expliquent le grand « bond en avant » de la production d'aluminium chinoise au cours de ces dernières années.

L'étude de l'organisation et du fonctionnement du LME montre une bourse de commerce assez originale dans ses techniques de gestion. Nous examinons les méthodes de gestion du LME qui semblent pour des raisons historiques, concilier pour les usagers une certaine souplesse aux niveaux des dates d'échéances des contrats avec une extrême rigueur

de la protection de ces opérateurs par l'utilisation des instruments classiques de gestion des bourses de commerce.

Le LME comme toutes les bourses de commerce, permet aux opérateurs commerciaux de se couvrir contre le risque de fluctuations des cours des biens cotés. Mais c'est aussi au niveau mondial, le marché de référence pour les prix des métaux non-ferreux, enfin, cette bourse organise sous son égide, le stockage des métaux dont elle assure les transactions. Le LME compte cinq catégories de membres différents; cette diversité permet d'assurer la liquidité du marché, chaque catégorie de membres ayant un profil de risque différent déterminé par sa possibilité d'enregistrer ou non directement les contrats négociés auprès de la chambre de compensation. Les membres du LME comptent quelques clients en dehors des professionnels des métaux tels que des banques ou des compagnies d'électricité, ce qui est justifié comme nous le verrons. Mais ceci ne manque pas de susciter des interrogations suspicieuses, les activités de ces clients particuliers, sans rapport apparent avec l'offre et la demande de métaux étant de nature à affecter les cours à travers des facteurs non fondamentaux. La gouvernance du LME qui a pour objectif de rendre toujours plus transparentes et plus sécurisées les transactions se fait dans le cadre législatif de la *financial services act* de 1986. Cette loi a été l'occasion pour le LME de réviser son mode de régulation, de restructurer complètement sa gestion et de réévaluer ses contrats. Les opérateurs ont manifestement approuvé ces réformes, puisque elles se sont traduites par une hausse des transactions due à la venue au LME des opérateurs qui utilisaient précédemment les marchés de gré à gré.

Les contrats négociés au LME portent aujourd'hui sur neuf métaux et un indice. L'aluminium est, au regard de ses volumes de transaction, le produit phare du LME. Le LME négocie aussi deux contrats sur des plastiques.

En comparaison avec les autres bourses de commerce dans le monde, le LME présente un certain nombre de particularités techniques dont deux semblent d'une grande spécificité. Il s'agit d'abord des échéances glissantes. En effet, alors que la plupart des bourses se basent sur des dates d'échéance mensuelles, le LME utilise des délais de livraison journaliers pour les trois premiers mois de contrats cotés. Ces échéances atypiques qui s'expliquent par une tradition lointaine datant de la création du LME en 1877, apporte aux négociants un caractère pratique adapté à leurs besoins. L'autre spécificité technique majeure du LME est sa triple

méthode de cotation. Les cotations autour du « ring » sont des cotations à la criée d'une durée de cinq minutes par métal coté. Cette brièveté est rachetée par des séances de négociation « kerb » (les coulisses) d'une durée de trente à quarante cinq minutes qui permettent de terminer les transactions commencées pendant les « ring ». Il y'a quatre séances de « ring » et quatre séances de « kerb » par journée de cotation au LME. Mais comme toutes les bourses moderne, le LME permet d'acheter et de vendre des titres pratiquement pendant toute la journée, cela se fait par les transactions « *inter-office* ». Le système fonctionne à travers des écrans d'ordinateurs une grande partie de la journée et 24 heures sur 24 par téléphone.

Ces particularités du LME éveillent de la curiosité et de l'intérêt, surtout si l'on observe qu'elles ont permis au LME d'être aujourd'hui la plus grande bourse mondiale pour les métaux non-ferreux. Ainsi par exemple, pour l'aluminium, le LME traite 95 % des transactions mondiales concernant ce métal, les bourses de New-York, de Shanghai, de Tokyo et d'Osaka qui traitent les 5% restant n'ont plus alors qu'un intérêt local.

Dans la deuxième partie, nous étudions trois fonctions essentielles du LME concernant l'aluminium. Nous commençons par l'étude de la fonction d'information, avec l'analyse de l'efficience du LME pour le contrat aluminium; la question étant de savoir si les prix affichés par le marché de Londres de l'aluminium intègrent dans leur processus de détermination toute l'information disponible. L'efficience du marché de l'aluminium est envisagée selon la définition de FAMA (1970) qui insiste sur l'impossibilité pour les opérateurs de prévoir les cours de bourse, mais l'efficience est aussi vue sous l'angle de la définition de JENSEN (1979) qui insiste surtout sur l'impossibilité pour les opérateurs de faire des arbitrages profitables sur l'évolution des cours. Notre analyse examine l'hypothèse de marche au hasard des cours de l'aluminium au LME, mais aussi la question de la possibilité de prévoir les cours au comptant de l'aluminium à partir des cours à terme.

Cette question de l'efficience est au centre des analyses de la finance moderne. En effet l'hypothèse des marchés financiers efficients est à la base d'un nombre très important de travaux de la théorie financière. On distingue l'efficience allocationnelle concernant la question de la bonne affectation des ressources, l'efficience opérationnelle qui consiste pour les intermédiaires financiers à mettre en rapport les offreurs et les demandeurs de capitaux au coût le plus bas, c'est-à-dire avec les coûts de transaction les plus faibles possibles. Mais c'est une autre forme d'efficience qui nous intéresse : l'efficience informationnelle. Selon cette

dernière, les cours boursiers sont sensés refléter à tout moment toute l'information disponible concernant la vie des firmes et les événements pouvant affecter leur performance.

Si la théorie de l'efficience des marchés est relativement ancienne (BACHELIER 1900), c'est à FAMA (1965) que l'on a l'habitude d'en attribuer la paternité. D'autres travaux fondateurs existent pourtant, datant des années 50 et 60 (MARKOWITZ 1952 ; ALEXANDER 1961 ; TOBIN 1968...). Au début, les travaux affirmaient quasiment tous la réalité de l'efficience des marchés. De même, les autorités boursières considéraient comme acquis la véracité de l'efficience, qui dans leur esprit garantissait l'équité entre actionnaires par rapport à l'information. Mais des analyses utilisant des méthodes plus sophistiquées se sont mises à contester le caractère entièrement hasardeux des cours boursiers.

Malgré les enseignements classiques liés aux marchés efficients au sens de FAMA (1965) et de JENSEN (1978), il demeure quelques domaines pour lesquels les praticiens et les chercheurs ont montré qu'il reste possible de réaliser des arbitrages profitables, c'est à dire que l'ensemble du marché est conscient du fait qu'en effectuant certaines opérations d'allers-retours à certains moments connus et définis, il est possible de réaliser des gains immédiats et non risqués. Ces gains peuvent être soit des gains réels, immédiatement encaissables, soit plus communément, des gains liés à des performances supérieures à celles du marché.

Ainsi, l'effet désigné sous le nom d'effet lundi est connu de tous depuis longtemps. Il s'agit d'un phénomène persistant mis en évidence à Paris par HAMON et JACQUILLAT en 1988. Les deux auteurs ont remarqué que les rentabilités des titres cotés à Paris sont systématiquement inférieures le lundi par rapport aux rentabilités des autres jours de la semaine.

Cet effet-lundi apparaît typiquement comme un biais à la théorie de l'efficience, également appelé poche d'inefficience. Cet effet persistant peut permettre à un investisseur de réaliser un arbitrage, c'est à dire d'obtenir un supplément de rentabilité sans prendre de risque supplémentaire. Ce type de constatation est en opposition flagrante avec la théorie de l'efficience des marchés financiers.

On pourra donc nommer biais à la théorie de l'efficience ou poche d'inefficience toute caractéristique des marchés financiers qui peut permettre à un investisseur d'accroître la

rentabilité de son portefeuille sans subir une augmentation de risque. Une telle opération apparaît en effet contraire à la théorie de l'efficience et ne devrait pas exister si les marchés étaient parfaitement efficients.

L'existence de ce que l'on croit être une faille dans l'efficience des marchés financiers doit avant tout être considérée comme une énigme. L'existence de telles anomalies a une portée importante dans le monde académique et l'enjeu est de taille, puisque de nombreuses modélisations financières reposent sur la notion d'efficience des marchés. L'explication de ces anomalies qui sont comme « des grains de sable » dans la machine théorique de la finance classique sont difficilement explicables par celle-ci.

La finance comportementale apparaît dans ce contexte comme une des approches alternatives à la théorie classique de l'efficience des marchés financiers. Les travaux de DANIEL KAHNEMAN et d'AMOS TVERSKY (1971,1992) dépassent largement le cadre de la finance, mais ils posent les fondations d'une théorie financière alternative dans laquelle les comportements individuels ne sont plus supposés parfaitement rationnels. L'intérêt de cette démarche est d'autoriser la compréhension de nombreux phénomènes de marché, ou de comportements de choix de portefeuille, qualifiés jusqu'à présent de « biais » ou d'« anomalies », car inexplicables dans le contexte de l'espérance d'utilité, qui est celui de la théorie de portefeuille de MARKOVITZ ou encore dans le cadre d'un marché efficient.

Notre travail n'approfondit pas ces recherches sur la finance comportementale, d'abord parce que leurs méthodologies s'inspirent plus de celles des sciences humaines (la psychologie expérimentale), ensuite, à ce sujet, POLLIN (2004) écrit : « Il faut cependant être ici très prudent car la théorie financière ne peut, sans précaution, emprunter aux travaux des sciences cognitives. Le croisement des disciplines engendre souvent des malentendus. L'objet de chacune d'elle est assez distinct pour que l'on ne puisse directement opposer à l'une les résultats de l'autre. L'utilisation superficielle d'arguments trop généraux (les individus n'optimisent pas, ils sont sensibles aux effets de mode, ils ont une vision tronquée du long terme...) permet de justifier ce que l'on veut, et ne fournit, par conséquent, aucun résultat utile. La critique de la théorie économique de la décision n'a de sens que lorsqu'elle vient invalider, par des tests appropriés, des hypothèses précises. »

Les études empiriques que nous menons au sujet de l'efficience du LME pour l'aluminium ont deux objectifs. D'une part vérifier si les prix de l'aluminium au LME suivent une marche au hasard, synonyme d'efficience du marché de Londres ; d'autre part, vérifier dans quelle mesure les prix à terme de l'aluminium au LME sont de bons prédicteurs des prix au comptant. Pour l'examen de la vérification de la marche au hasard, deux méthodes sont mobilisées. D'abord, nous utilisons le test de la racine unitaire de DICKEY et FULLER qui prend la forme de tests de STUDENT. Il s'agit de tester l'hypothèse nulle de racine unitaire, le but est de vérifier si la série de prix étudiée est stationnaire et intégrée d'ordre 0, c'est-à-dire qu'elle ne suit pas une marche au hasard ou alors, si cette série est non stationnaire ce qui est synonyme d'inefficience. La méthode repose en partie sur l'observation de corrélogrammes de séries. La deuxième approche est empruntée à HANSEN et HODRICK (1980). Le but est de vérifier que les erreurs de prévision antérieures ne sont pas exploitables par les agents. On teste alors une équation reliant les prix à terme sur trois périodes. Pour l'examen de la capacité prédictive des prix à terme de l'aluminium nous mobilisons aussi deux méthodes. La méthode « classique » consiste à tester une équation mettant en relation le cours spot (variable expliquée) et le cours à terme (variable explicative). Nous avons constitué pour cela 12 séries de prix constituant douze semaines différentes avant l'échéance de trois mois. La capacité à prévoir les prix se manifestant par un R^2 élevé. A côté de cette méthode « classique », nous avons utilisé la méthode de la cointégration. Sur la base des travaux entre autres de GRANGER (1981, 1983), de GRANGER et WEISS (1983) et de ENGLE et GRANGER (1987), nous avons effectué des tests de cointégration sur l'équation définie dans la méthode « classique » précédente, appelée équation de cointégration. L'idée est de vérifier l'existence d'une relation à long terme (relation de cointégration) entre les prix spot et les prix à terme. Le test de cointégration est effectué sur les résidus des équations de cointégration.

Nous étudions ensuite la fonction de couverture ; la question étant de savoir si en souscrivant le contrat à terme aluminium du LME, les opérateurs sont efficacement couverts contre les risques de fluctuation des prix. Après avoir examiné les théories concernant la couverture intégrale, nous examinons les théories concernant la couverture optimale avec notamment le modèle standard d'EDERINGTON (1979). Des tests d'analyse de l'efficacité et de l'optimalité des opérations de couverture pour le contrat aluminium au LME sont effectués.

Un des principaux rôles du LME, nous l'avons mentionné, est de permettre aux opérateurs de se protéger contre le risque de fluctuations des cours des métaux. Le pionnier dans le domaine de l'étude des mécanismes et de la finalité des opérations de couverture est WORKING (1949). La protection contre le risque de hausse des prix est le fait des opérateurs qui, ayant vendu à terme des marchandises qu'ils ne possédaient pas, appréhendent la hausse des cours de ceux-ci au moment où il faudrait les livrer à leur acheteur. Au contraire, se protéger contre la baisse des prix suppose que l'opérateur détient des stocks de marchandises (il est en position longue) et appréhende une baisse des prix au moment de vendre dans le futur ces stocks de marchandises. Le principe de la couverture sur les marchés à terme est que chacun de ces opérateurs, s'il veut se couvrir devra prendre sur le marché des contrats, une position inverse à celle qu'il détient sur le marché physique.

La théorie du déport normal de KEYNES (1930) et HICKS(1946) justifie l'intervention des spéculateurs sur les marchés à terme en vue d'assurer pleinement et efficacement la réalisation des opérations de couverture. En effet, les besoins de couverture contre les risques de hausse des prix, ne sont pas entièrement satisfaits par les producteurs qui craignent une hausse des prix dans le futur, et les détenteurs de stocks qui appréhendent eux, une baisse des prix. Des spéculateurs doivent donc intervenir pour assurer l'équilibre du marché à terme. Pour que les spéculateurs soient motivés à intervenir, le prix à terme à une échéance donnée doit être inférieur au prix au comptant anticipé à cette même échéance (déport). C'est cet écart qui incite les spéculateurs à prendre position sur le marché et leur permet de rémunérer le risque de leur activité. La théorie du stockage apporte une autre explication aux situations de déport et de report observées sur les marchés à terme. Pour cette théorie initiée par WORKING (1958), BRENNAN (1958) et WEYMAR (1968), s'il ya des stocks sur le marché, le prix à terme doit être supérieur au prix au comptant (Report). Parce que sinon, il deviendrait rentable et non risqué de vendre les stocks sur le marché au comptant et simultanément de les racheter sur le marché à terme, ce qui conduirait à une baisse des prix au comptant sous l'effet des ventes de stocks et une hausse de prix à terme suite aux achats de contrats.

Pour la théorie traditionnelle de la couverture, le spéculateur peut être considéré comme un assureur et le hedger comme un assuré, c'est l'approche dite « naïve ». Mais pour WORKING 1962), le hedger ne cherche pas simplement à se couvrir contre le risque de prix, il fait aussi des anticipations sur l'évolution du marché pour en tirer avantage. Le hedger peut alors se couvrir s'il anticipe une évolution défavorable du marché ou ne pas se couvrir si

l'évolution du marché lui semble favorable, on a alors parlé de « couverture de tout ou rien ». La théorie du portefeuille JOHNSON (1960), STEIN (1961) et EDERINGTON (1979), concilie les deux approches précédentes, c'est-à-dire l'approche « naïve » et celle de WORKING. Pour la théorie du portefeuille, il existe un taux optimal de couverture permettant de minimiser le risque total d'un portefeuille composé de stocks physiques et de contrats à terme couvrant ces stocks. Le modèle construit par EDERINGTON (1979) est considéré encore aujourd'hui comme le modèle standard en matière de couverture sur les marchés à terme. C'est donc ce modèle, qui a connu de nombreuses extensions, que nous avons utilisé dans notre analyse empirique de l'efficacité et de l'optimalité des opérations de couverture sur le marché à terme de l'aluminium de Londres. Le modèle régressé met en relation les variations des prix spots de l'aluminium (variables expliquées) et les variations des prix à terme (variables explicatives). L'efficacité de la couverture serait parfaite si le R^2 est égal à 1.

Enfin, nous étudions la fonction de stabilisation des cours du LME ; la question est alors de savoir si l'introduction du contrat à terme aluminium au LME en 1978 a contribué à amplifier les fluctuations des cours de l'aluminium en introduisant plus de spéculation sur les marchés ou au contraire si cette introduction a contribué à une meilleure régulation des cours et à leur stabilisation. Cette question de la stabilisation des cours au comptant par les marchés à terme qui divise les professionnels et les chercheurs de la finance n'est pas simple à trancher. En effet, les diverses méthodes utilisées pour examiner cette question ne permettent pas toujours indiscutablement de se prononcer dans un sens ou dans l'autre.

La controverse sur les effets des marchés à terme sur l'instabilité des cours des produits de base se focalise souvent sur le rôle de la spéculation. Certains voient en effet dans cette dernière l'origine de la non prévisibilité des cours des marchandises. Pourtant on imagine mal les marchés à terme survivre à la disparition en leur sein des spéculateurs. Ceux-ci semblent en effet, indispensables au bon fonctionnement des marchés à terme dont ils assurent la liquidité. Ils apportent aussi par ailleurs, une sorte d'assurance aux hedgers en prenant en charge les risques dont ces derniers voudraient se débarrasser. A côté des critiques d'ordre économique, adressées à la spéculation qui la rendent responsable de l'instabilité des marchés, il y a aussi des critiques d'ordre moral qui considèrent la spéculation comme un jeu de hasard permettant aux spéculateurs de se servir des ressources de la société de manière non économique. SIMON (1981), constate que dans certains marchés, les spéculateurs sont en surnombre par rapport aux professionnels du produit sous-jacent négocié. Ceci signifie

clairement que les spéculateurs n'interviennent plus en contrepartie d'opérations de couverture, mais bien plutôt entre eux et ceci est de nature à accentuer les fluctuations de prix. Pour SLADE (1991), les fortes fluctuations observées sur les prix des métaux aux LME s'expliquent par les trop faibles marges exigées par les autorités du LME marché leader pour les métaux. Mais peu de travaux empiriques sur les marchés à terme ont montré leur effet déstabilisateur sur les prix des marchandises. Au contraire, de nombreux travaux dont ceux de WORKING (1960) sur les oignons aux Etats-Unis, TOMEK et GRAY (1970) sur les pommes de terre aux Etats-Unis, DA SILVA (1986) sur l'huile de palme en Malaisie, DIARRA (1994) et NJIKI (1994) sur les marchés du cacao et du café de Paris, FIGUEROLA et GILBERT (2000, 2001, 2005, 2008) sur l'aluminium à Londres, ont montré que les prix des marchandises étudiées avaient moins fluctué en présence du marché à terme des marchandises qu'en leur absence. D'une façon générale, les récriminations sur l'effet déstabilisateur des marchés à terme viennent des professionnels des matières premières, tandis que les travaux universitaires ont tendance à affirmer que des marchés à terme bien organisés et fermement règlementés conduisent à une stabilisation des cours des marchandises qui y sont cotées.

Pour analyser les effets du LME sur la stabilité des cours de l'aluminium, nous comparons le comportement d'un échantillon de prix pendant la période pré marché à terme, c'est-à-dire avant 1978, avec un échantillon de prix pendant la période post marché à terme. Nous avons tenu compte du fait que les années 80 ont été marquées par une instabilité exceptionnelle des cours des matières premières due en grande partie à la crise économique consécutive aux deux chocs pétroliers. La première démarche adoptée pour mesurer l'instabilité des cours de l'aluminium sur les deux périodes définies repose sur l'idée selon laquelle, en présence d'un marché à terme on devrait observer une diminution de la variance des cours du physique d'une part, et une diminution de la composante aléatoire de ces cours spot d'autre part. Le coefficient de variation nous a aussi semblé une bonne mesure de la volatilité, en présence de séries présentant des moyennes très différentes. Par ailleurs nous nous sommes servis des cinq mesures de volatilité proposés par ANTONIOU et FOSTER (1992) ; il s'agit de calculs d'écarts de prix au comptant entre deux périodes consécutives définies. La procédure ARIMA a aussi été mobilisée pour mesurer les fluctuations des cours de l'aluminium. POWERS (1970) et TOMEK (1980) ont montré que l'on pouvait apprécier l'effet stabilisateur des marchés à terme en observant, non pas les prix spot eux-mêmes, mais la composante aléatoire de ces derniers. Enfin, nous avons utilisé le modèle GARCH introduit

par ENGLE (1982) et très utilisé dans la littérature financière. Les modèles ARCH permettent d'analyser la dynamique non linéaire de la plupart des séries financières.

Pour les études empiriques concernant les trois thèmes étudiés par ce travail (efficience informationnelle, efficacité et optimalité de la couverture et stabilisation des cours au comptant), nous avons eu recours à des méthodes statistiques traditionnelles. Il est évident que des méthodologies plus sophistiquées et plus récentes existent dans la littérature financière, notamment la méthode des données à haute et très haute fréquence.

L'électronisation progressive des échanges boursiers a fait apparaître des bases de données intra-journalières. Au delà de l'effet ARCH traditionnel, les études sur les données intra-journalières ont mis en avant deux autres sources d'hétéroscédasticité : d'une part, le profil saisonnier marqué à l'intérieur de la journée et d'autre part, l'arrivée de nouvelles informations, la plupart du temps selon un calendrier prédéfini et dicté par la publication de statistiques macroéconomiques.

Plusieurs études sont apparues sur les Treasuries ⁶ concernant le comportement intra-journalier des marchés. Sur le marché de l'Euro, l'étude la plus complète concernant les données à haute fréquence est certainement à mettre au crédit de AHN, CAI et CHEUNG (2002). A l'instar de BOLLERLEV et *alii* (2000) pour les Treasuries, ces auteurs reprennent le cadre méthodologique développé par ANDERSEN et BOLLERSLEV (1997 et 1998).

L'approche consiste à modéliser conjointement les différentes sources d'hétéroscédasticité. Plus exactement, il s'agit de réunir une composante de type ARCH décrivant la dynamique à une fréquence quotidienne avec une composante modélisant le profil saisonnier intra-journalier. L'application de AHN et *alii* (2002) est restreinte au contrat à terme sur Bund (marché allemand) sur la période 1997-1998.

L'intérêt du recours à des données de très haute fréquence (5 minutes) ou sur une fréquence quotidienne, est de permettre une analyse très fine de l'impact des informations sur la volatilité mettant en évidence des régularités fortes de celle-ci qui permettent de construire

⁶ Voir notamment FLEMING et REMOLONA (1997,1999) BOLLERSLEV, CAI et SONG (2000) BALDUZZI et *alii* (2001)

des modèles adéquats. Sur cette base, il est possible d'envisager de construire des stratégies d'arbitrage basées sur les options et des stratégies de couverture de risques.

Ces analyses fines permises par les données à haute fréquence ne sont pas toujours possibles avec les données à basse fréquence ou les études se restreignent généralement au seul effet ARCH. Il est incontestable que les données intra-journalières améliorent grandement notre compréhension de la formation de la volatilité sur les marchés financiers et les marchés des matières premières n'échappent pas à la règle.

Pour l'étude de la volatilité des cours de l'aluminium au LME, nous n'avons pas utilisé la méthodologie des données à haute fréquence pour les raisons suivantes.

Un des aspects de notre travail (voir chapitre 6) a consisté à comparer la volatilité des cours de l'aluminium pendant la période pré-marché à terme (avant la création du contrat aluminium au LME en 1978) à la volatilité après la création du contrat aluminium en 1978. Or, les données sur les prix de l'aluminium avant 1978 étaient moins régulières qu'elles ne le sont depuis le début de la cotation du contrat aluminium sur le marché de Londres. En effet, avant 1978, la revue professionnelle *Metal Bulletin* a publié 2 fois par semaine ses propres estimations des cours quotidiens de l'aluminium en l'absence d'un véritable marché organisé de ce métal.

Nous n'avons donc pu disposer que de cours journaliers estimés pour la période pré-marché à terme concernant l'aluminium. Et nous avons choisi, du fait que ces cours ne découlant pas d'une base de données électronique étaient peu maniables, de ne retenir pour chaque semaine étudiée, que le cours du vendredi. Ce sont ces séries de cours hebdomadaires qui ont été comparées aux séries des cours hebdomadaires de la période post-marché à terme.

Le choix de données hebdomadaires (cours officiel du vendredi) pour l'étude de la volatilité a été étendu à l'analyse de l'efficience (chapitre 4) et à l'étude de l'efficacité de la fonction de couverture (chapitre 5) du LME pour l'aluminium.

A partir de ce choix, notre travail exclut donc l'utilisation des données de haute fréquence.

Par ailleurs, une des caractéristiques majeure des données de très haute fréquence est qu'elles ne sont pas réparties régulièrement dans le temps (LESPAGNOL et TEILETCHE 2005) et, par conséquent, elles sont peu adaptés aux outils économétriques usuels. A partir de l'ensemble des transactions, il est par conséquent nécessaire de reconstruire une chronique d'observations équi-espacées. La plupart des études sur les données de très haute fréquence retiennent en général un pas d'échantillonnage de 5 minutes. Or, les données sur l'aluminium acquises par l'intermédiaire du service commercial en ligne du LME ne permettent pas de faire des échantillons de séries de prix de l'aluminium toutes les 5 minutes. En effet les données acquises ne permettent que de disposer du cours officiel de l'aluminium de la journée de cotation. C'est donc là, une autre raison pour laquelle la méthodologie des données de très haute fréquence n'a pas été utilisée dans notre travail.

PREMIERE PARTIE :

LES SPECIFICITES DES MARCHES DE L'ALUMINIUM

INTRODUCTION

Le prix de l'aluminium, comme celui de la plupart des matières premières commercialisées par les bourses de commerce est déterminé d'une part par des éléments fondamentaux que sont l'offre, la demande et les coûts de production et d'autre part par des éléments informationnels et la spéculation.

Comme la plupart des matières premières, l'aluminium subit des hausses et des baisses de cours qui s'expliquent moins dans son cas, par la pénurie ou la surproduction, que par l'état des forces concurrentielles dans son secteur, la forme organisationnelle de celui-ci et, le rôle des produits de substitution.

Le but de cette première partie est de présenter et d'analyser à travers les éléments de l'économie de l'aluminium, les facteurs fondamentaux qui, en agissant sur l'offre et la demande d'aluminium, influencent la formation des prix sur le marché de ce produit.

L'économie de l'aluminium est en relation de dépendance étroite avec les activités d'extraction de la bauxite et de raffinage de l'alumine. Pour certains (BUNKER 1994), le nombre relativement faible de zones de répartition des réserves de bauxite qui limite le nombre de nations impliquées dans la production de bauxite pour l'industrie de l'aluminium, a pu créer les conditions qui ont favorisé autrefois le contrôle oligopolistique de l'industrie de l'aluminium. Mais en même temps, cette concentration du minerai de bauxite dans un petit nombre de pays aurait encouragé des nations ayant les réserves de bauxite, à déplacer leur activité des mines vers la production industrielle d'alumine. Les principales réserves de bauxite connues étaient autrefois localisées dans les pays industrialisés ; Ces réserves sont aujourd'hui essentiellement localisées dans les pays en voie de développement et l'Australie. Ceci conduit, non seulement au changement de la localisation des activités d'extraction de la bauxite, mais aussi à un changement dans la localisation des usines d'alumine.

Aujourd'hui, l'offre de bauxite est en forte augmentation, après quasiment deux décennies d'atonie relative dans la croissance de production d'aluminium. Malgré une augmentation de la concentration dans le secteur de la production du minerai de bauxite, il ne s'est pas constitué d'oligopole actif, parce que le nombre d'entreprises et de nations impliquées dans la

production de bauxite a augmenté et s'est diversifié. La distance stratégique entre ces acteurs a empêché toute action de leur part sur le niveau de prix de la bauxite.

A l'instar de la production de bauxite, la production d'alumine a nettement augmenté au cours de ces 15 dernières années, pour coller à la demande mondiale d'aluminium. Le déplacement de centres de production d'alumine des pays industrialisés vers les nations en voie de développement propriétaires des mines de bauxite n'a pas affecté l'offre d'alumine, ni le niveau des prix de celle-ci. Comme nous le verront plus loin, les coûts de revient de l'alumine ont pu être affectés à la baisse du fait de ce transfert de localisation (Le transport d'une tonne d'alumine réduit par 2 celui de la quantité de bauxite correspondante)

La part des pays industrialisés dans la production d'aluminium a diminué ; un pays tel que le Japon a connu une quasi disparition de son industrie d'aluminium. Mais le déplacement géographique de centres de production de l'aluminium s'est plutôt traduit par la hausse de l'offre de ce métal. L'Inde, mais surtout la Russie et la Chine tirent vers le haut la demande et l'offre d'aluminium et par conséquent influencent fortement le niveau de prix de ce produit.

La consommation mondiale d'aluminium autrefois principalement localisée en Europe, en Amérique du nord et au Japon a connu une crise de croissance à la suite des deux chocs pétroliers et du fait de la concurrence qu'imposent à l'aluminium d'autres matériaux dans les divers domaines d'utilisation. Depuis le milieu des années 90, il y a une reprise mondiale de la consommation de l'aluminium dans laquelle, l'économie chinoise, dopée par une exceptionnelle croissance, joue un rôle moteur. Ceci se traduit par un poids de plus en plus important de l'aluminium, mais aussi de la bauxite et de l'alumine dans les flux du commerce international.

L'avènement de la Chine dans le rôle de leadership de l'industrie de l'aluminium a redynamisé ce secteur dont la croissance avait été atrophiée dès le début de la crise économique mondiale contemporaine.

Le degré de concurrence dans l'industrie internationale de la bauxite - alumine - aluminium a augmenté dans les années 70 - 90 parce que le nombre de firmes productrices est passé de six à plusieurs dizaines d'entre elles, le pouvoir de marché des six Majeures s'est lentement dilué, le nombre de groupes stratégiques a triplé et enfin, parce que les intérêts

divergents de 3 groupes requièrent des stratégies différentes, ceci a handicapé la capacité de coordination des firmes du secteur de l'aluminium. En conséquence, il s'est avéré très difficile pour un groupe d'exercer une influence substantielle et prolongée sur le niveau des prix par une modification de son rythme de production.

Concernant le rôle de la Chine dans l'industrie de l'aluminium, on peut rappeler que la production d'aluminium de première fusion de la Chine a augmenté d'environ 25 % par année pendant les cinq dernières années pour se situer à plus de 7,5 millions de tonnes en 2005 et la production pour 2007 était de près de 11,7 millions de tonnes, ce qui correspond à plus du triple du niveau de production atteint en 1999. Ce grand « bond en avant » peut-être attribué à un certain nombre de facteurs, notamment les prêts et subventions avantageux des gouvernements central et provinciaux, la disponibilité de l'énergie bon marché des centrales captives, le prix de l'alumine peu élevé jusqu'à la fin de 2002, la protection douanière et les dépenses en immobilisation moins élevées par tonne de nouvelle capacité. La consommation d'aluminium de la Chine n'a augmenté que de 3 % en 2001, avant de grimper à 17% puis à 25 % les années suivantes. Les investissements directs étrangers massifs, les investissements substantiels du gouvernement chinois dans les infrastructures des principales villes et dans les régions occidentales du pays ainsi que le prix moins élevé des biens de consommation durables se sont conjugués pour déclencher une accélération de la demande d'aluminium par rapport à la production industrielle. La consommation d'aluminium totale de la Chine a atteint plus de 7 millions de tonnes en 2005 soit plus du double de la consommation de 1999. Cependant, comme la production du métal a augmenté encore plus rapidement, les importations nettes habituelles de métal de la Chine ont cessé et des exportations nettes ont été enregistrées au cours des quatre dernières années.

L'organisation et le fonctionnement du LME présentent des originalités dont beaucoup tiennent de sa longue histoire et beaucoup aussi de réformes permanentes permettant de sécuriser toujours plus le marché tout en s'adaptant aux besoins de la clientèle des opérateurs. Le système de cotation hétérogène et la « souplesse » des contrats à trois mois participent de ce qui fait l'attractivité du LME.

Cette première partie comporte trois chapitres.

Le premier chapitre présente des données économiques générales sur l'aluminium et son marché, il présente aussi les caractéristiques du secteur de l'aluminium et la dynamique des groupes d'entreprises qui le composent. Il se termine par la présentation du rôle de la Chine dans le secteur de l'aluminium ; ce pays a en effet bouleversé les équilibres dans ce secteur. Le deuxième chapitre présente l'organisation et le fonctionnement du LME dans leurs spécificités et dans le contexte des marchés mondiaux de l'aluminium. Enfin, dans le troisième chapitre nous nous intéressons au comportement des prix spot de l'aluminium.

CHAPITRE 1

LES PRINCIPAUX DETERMINANTS DE L'OFFRE ET LA DEMANDE MONDIALE D'ALUMINIUM
--

INTRODUCTION

Produit à partir de 1854 par voie chimique selon le procédé Sainte Claire Deville, l'aluminium resta pendant 30 ans un métal semi-précieux jusqu'à la mise au point d'un procédé électrolytique beaucoup moins coûteux. En effet ce n'est qu'en 1886 que Paul Héroult en France et Charles Martin Hall aux États-Unis déposent chacun dans leur pays un brevet décrivant le procédé de production de l'aluminium par électrolyse.

Cette découverte tardive de l'aluminium par rapport aux autres métaux s'explique par le fait que l'aluminium n'existe pas à l'état natif, sous forme métallique dans la nature. Du minerai, la bauxite, on extrait par voie chimique l'oxyde d'aluminium appelé alumine, décomposé ensuite par électrolyse pour obtenir le métal.

Bien qu'étant intimement liés quant à la finalité de leur utilisation, la bauxite, l'alumine et l'aluminium donnent lieu à des activités économiques relativement distinctes et autonomes les unes par rapport aux autres. Il semble important d'examiner les données économiques de base concernant l'industrie de l'aluminium, dans le contexte de la rivalité entre entreprises du secteur et des menaces des produits de substitution à l'aluminium.

Section 1 : Quelques éléments généraux sur l'économie mondiale de l'aluminium

Afin de comprendre le fonctionnement du marché mondial de l'aluminium et la formation des prix sur ce marché il est très important de cerner les éléments macro-économiques le concernant. Dans cette optique, nous étudions la production mondiale de l'aluminium mais aussi en amont, les productions mondiales de bauxite et d'alumine. L'autre facteur fondamental qui permet d'expliquer les prix est la demande. C'est pourquoi nous étudierons la consommation mondiale de l'aluminium et enfin son commerce international ainsi que celui de la bauxite et de l'alumine

Paragraphe 1 : La production mondiale de bauxite, d'alumine et d'aluminium

Les productions de bauxite d'alumine et d'aluminium ont longtemps fait l'objet d'une intégration verticale de l'industrie de l'aluminium, mais les changements structurels dans cette industrie, avec notamment la disparition à un moment de la structure oligopolistique de celle-ci ont permis de se rendre compte du caractère relativement autonome des activités d'exploitation de la bauxite, de l'alumine et de l'aluminium.

A- Les réserves et la production de bauxite

1- Les réserves de bauxite

Malgré la présence très répandue de l'aluminium dans l'écorce terrestre, les réserves mondiales de bauxite (c'est-à-dire le minerai techniquement et économiquement exploitable) sont concentrées dans quelques pays. Dans les premières années de l'industrie de l'aluminium, les réserves connues étaient localisées aux Etats-Unis et en France. L'exploitation intense a au fil du temps asséché les réserves de minerai de ces pays.

Selon TILTON (1983), depuis 1950, de nouvelles réserves ont été découvertes dans 27 pays au total. Depuis cette date, les réserves mondiales de bauxite ont augmenté à un rythme annuel de 25 %. Ce taux est largement supérieur à celui de l'augmentation de la consommation d'aluminium. Les réserves de bauxite observée en 1993 étaient suffisantes pour assurer la production de 5,1 milliards de tonnes d'aluminium soit 300 fois la consommation d'aluminium mesurée cette année là. Notons qu'en 1960 ce ratio était de 150 fois le niveau de consommation. Aujourd'hui, compte tenu du rythme actuel de production et de consommation

d'aluminium, et du volume annuel de production de bauxite, les réserves mondiales de bauxite (22 milliards de tonnes en 2000) nous assurent une consommation pour les 163 prochaines années. La FIGURE I-5 (ANNEXE 5) indique l'état et la répartition géographique des réserves mondiales de bauxite en 2000.

Les réserves mondiales de bauxite se concentrent essentiellement dans les pays en développement (Voir les FIGURES I-5 et I-6 ANNEXES 6 et 7) qui détiennent 76 % de ces réserves. Parmi ces pays du tiers monde, la Guinée (40 % des réserves mondiales), le Brésil (16 %) et la Jamaïque (8 %) sont les plus représentatifs en termes d'abondance de réserve. L'Australie est aujourd'hui le seul pays industrialisé à détenir d'importantes réserves en bauxite. Les réserves de l'Australie atteignaient en 2005, 13 % du total des réserves mondiales. La part des réserves de la Chine est restée stable de 1990 à 2000 alors que les parts de l'ex-Union soviétique, de l'ex-Yougoslavie et de la Hongrie ont diminué.

En résumé, Avec un potentiel pouvant alimenter pour plus de 150 années la demande mondiale d'aluminium, les ressources en bauxite connues sont largement suffisantes pour satisfaire les industriels de l'aluminium ; Les quantités de réserves de bauxite ne sont donc pas à l'origine des récentes tensions sur l'offre d'aluminium et le niveau des prix, même si la concentration géographique de ces réserves a pu favoriser l'apparition d'une sorte d'oligopole. Ceci est resté sans effet sur le niveau des prix car les nations propriétaires des mines de bauxite n'ont pas réussi, comme nous le verrons plus loin, à réellement s'organiser pour tirer parti d'un tel oligopole.

1- La production de bauxite

Le TABLEAU I-2 (ANNEXE 7) présente l'évolution de la production mondiale de bauxite et le nombre de pays impliqués dans cette production. On se rend compte que le nombre de pays impliqués au stade de l'exploitation de la bauxite dans l'industrie mondiale de l'aluminium a rapidement augmenté pendant les six dernières décennies. Le sommet en ce qui concerne le nombre de nations produisant la bauxite a été atteint en 1970 (28 pays impliqués). Cette évolution a coïncidé avec un autre changement important dans la géographie de la production de bauxite. Le pourcentage de concentration de la production dans les trois pays les plus grands producteurs est tombé de 100 % à 44 % entre 1900 et 1960. A cette date, ce pourcentage a commencé à remonter pour atteindre 62 % en 1990. Ce chiffre représentant la

part des trois plus grands producteurs (Australie, Brésil et Guinée) était de 57 % en 2005. En incluant la Chine on atteint les 68 % de la production mondiale de bauxite. En 2005, un ensemble de 26 pays produisaient la totalité de la bauxite utilisée dans le monde.

De plus, la composition du groupe des principaux producteurs s'est totalement modifiée. Elle inclut dorénavant l'Australie, le Brésil, la Guinée et la Chine.

L'extraction de bauxite s'avère être une activité en déclin sur le continent européen. La progressive disparition des exploitations de bauxite en France, en Italie et en Hongrie suit cette tendance.

La FIGURE I-8 (ANNEXE 7) montre un ralentissement du rythme de croissance de la production de bauxite à partir du début des années 80 ; cette décélération s'est poursuivie jusqu'à la fin des années 90. À partir de cette période, on note une reprise de la croissance de la production de bauxite et on attribue ce phénomène à l'activité chinoise de production de bauxite qui a augmenté de plus de 100 % entre le 1995 et 2005. C'est ainsi que la Chine a rejoint le cercle des quatre plus grands producteurs mondiaux de bauxite à la place de la Jamaïque.

B- La production d'alumine

Les statistiques disponibles sur la production d'alumine (TABLEAU I-3 et FIGURE I-9 ANNEXE 8 et 9) montrent un point essentiel de ressemblance avec la production mondiale de bauxite : le taux de croissance de la production d'alumine a significativement diminué entre 1980 et 1995 ; il connaît une accélération depuis cette date. Par ailleurs, le nombre maximal de pays produisant de l'alumine a été atteint en 2000 avec un total de 29 pays.

Au sujet de la répartition géographique de la production d'alumine, on remarque un déplacement de cette activité des pays producteurs d'aluminium vers les pays producteurs de bauxite. En effet, au milieu des années 60, 60 % de la production mondiale d'alumine étaient localisés dans les sept pays les plus industrialisés dont 36 % aux États-Unis. Seulement à peine 18 % se trouvaient dans les pays producteurs de bauxite. 35 années plus tard, les sept pays les plus industrialisés ne contrôlaient plus que 24 % de la production mondiale

d'alumine. La part des pays producteurs de bauxite grimpe à 53 %. Les données qui suivent permettent de mesurer la réalité de cette délocalisation géographique des activités. Au cours de la première moitié des années 80, la capacité moyenne de production d'alumine a augmenté de 5,75 millions de tonnes : 40 % des nouvelles installations se trouvaient en Australie et 40 % en Amérique du sud. Durant la même période, on a assisté à la fermeture d'une capacité annuelle de production d'alumine de 5,3 millions de tonnes dont 53 % des usines aux États-Unis, 26 % au Japon et à Taiwan et 15 % en Europe.

C- la production d'aluminium

La production d'aluminium a connu elle aussi de grands changements dans la répartition géographique. Comme le montrent le TABLEAU I-4 et la FIGURE I-13 (ANNEXE 11 et 12), la croissance de la production mondiale s'est ralentie entre 1980 et 1995. Jusqu'au début des années 60 la production d'aluminium était surtout concentrée dans les pays les plus grands consommateurs de ce métal, soient les sept pays les plus industrialisés. En effet, en 1960, ces sept pays contrôlaient 70 % de la production mondiale d'aluminium. En 2005, la part combinée des sept pays les plus industrialisés a atteint 8743 milliers de tonnes soient à peine 27 % de la production mondiale. On a assisté à l'émergence de nouveaux producteurs tels que l'Australie, le Brésil, le Venezuela, les pays du golfe persique et aujourd'hui la Russie et la Chine. Le rôle de ces deux derniers pays mérite d'être souligné.

Autrefois, jusqu'à la fin des années 80, le rôle de l'Union soviétique dans l'industrie mondiale de l'aluminium consistait principalement en des opérations de joint-venture avec l'État guinéen et en l'achat au comptant de bauxite auprès de plusieurs pays producteurs tels que le Brésil ou la Jamaïque. Quand l'Union soviétique a disparu, plusieurs fonderies d'État en Russie et dans d'autres républiques socialistes qui venaient de perdre leur marché intérieur de l'armement, se mirent à exporter de grandes quantités d'aluminium dans le marché mondial, contribuant significativement à la baisse des prix.

La disponibilité à la fois de la bauxite et des ressources hydroélectriques en Sibérie ont fait de la Russie un producteur important d'aluminium avec en 2005 une part de 11,5 % de la production mondiale.

La Chine est, elle aussi devenue un acteur incontournable sur le marché de l'aluminium, si ce n'est le pays leader dans le secteur. La Chine mène depuis le début des années 2000 une stratégie de développement massif de ses capacités de production, elle est devenue de ce fait un acteur clé du marché international de l'aluminium. La Chine s'affirme comme la puissance leader pour la production de l'aluminium avec une production d'aluminium primaire qui est passée de 1676 milliers de tonnes (8,5 % de la production mondiale) en 1995 à 7 806 milliers de tonnes (23,5 % de la production mondiale) en 2005, soit un accroissement de production de 366 % en 10 ans.

On ne peut pas présenter l'évolution de la répartition géographique de la production d'aluminium sans s'intéresser au cas du Japon qui a suivi le chemin inverse de la Russie et de la Chine. En effet, après avoir atteint un sommet de 1,2 millions de tonnes par an en 1977 soit environ 7 % de la production mondiale à cette époque, la production du Japon s'est progressivement écroulée, par suite du coût excessif de l'énergie d'origine fossile à la suite des chocs pétroliers, et ce pays ne produit quasiment plus aujourd'hui d'aluminium primaire. Des usines ont été fermées, d'autres ont été démontées et reconstruites dans les régions où le coût de l'énergie est moins élevé. Les besoins japonais sont actuellement satisfaits par des importations en provenance du marché libre ou encore des alumineries étrangères dans lesquelles les compagnies japonaises ont pris des participations. Aujourd'hui, l'essentiel de l'offre japonaise d'aluminium vient de l'aluminium secondaire.

Des baisses de capacité ont aussi dans une moindre mesure été signalées aux Etats-Unis, en Allemagne, au Royaume uni et à Taiwan.

D- Les sources de compétitivité⁷

Le but de cette sous-section est d'identifier les facteurs ayant permis ou empêché la réalisation de gains de compétitivité dans la filière bauxite – alumine – aluminium. Ces facteurs auront par conséquent contribué à influencer l'offre, la demande et les prix de la bauxite, de l'alumine et de l'aluminium.

⁷

La compétitivité dont il s'agit ici est l'attractivité de l'aluminium par rapport à ses substituts. L'importance de ces produits de substitution à l'aluminium est présentée au chapitre 2, pages 125 à 128.

1- La compétitivité dans l'extraction minière de la bauxite

Pour résumer, certains facteurs ou certaines forces dans la filière bauxite ont œuvré dans le sens d'un accroissement des coûts ou de la tendance à la concentration verticale défavorable à la concurrence et générateurs de hausse de prix ; d'autres facteurs au contraire ont pu influencer le prix de la bauxite à la baisse.

Parmi les éléments jouant en faveur d'une modération des coûts de la bauxite et de son prix, il y a :

- Le faible niveau d'hétérogénéité, qui induit l'utilisation de procédés d'extraction assez simples, peu polluants et peu coûteux.
- L'importance des réserves de bauxite de bonne teneur en oxyde d'aluminium (alumine), pouvant être exploitées à ciel ouvert, donc à un coût modéré.
- La facilité de transport de la bauxite qui ne nécessite pas de précaution particulière si ce n'est l'utilisation de navires à fort tonnage et donc des quais en eau profonde.
- La présence dans l'exploitation des mines de bauxite des nations souvent propriétaires de ces mines. Ceci réduit la tendance à la concentration oligopolistique des sociétés majeures dans l'exploitation de la bauxite.

Parmi les facteurs jouant dans le sens d'une augmentation des coûts et donc des prix, on peut citer :

- L'éloignement des nouveaux centres de production de bauxite par rapport aux principales régions de consommation d'aluminium. Cet éloignement implique des coûts de logistique plus élevés
- Les investissements en voie ferrée pour acheminer la bauxite des mines vers les ports.
- L'importance des coûts de prospection pour la recherche de nouvelles mines de bauxite. Ceci est un facteur de création de monopoles de la propriété de ces mines par les seules très grandes sociétés et a potentiellement une incidence haussière sur le prix de la bauxite.

2 – La compétitivité dans le raffinage d'alumine

Pour résumer, quelques facteurs ont favorisé une plus grande compétitivité dans la gestion de l'alumine, ce sont :

- Les facilités de manutention et de transport sur des navires sans équipement particulier qui évitent toute majoration de coût.
- La réduction du poids de près de moitié par rapport au minerai brut de bauxite qui permet des économies de volume et donc de coût de transport, c'est un élément de modération de prix de l'alumine.
- La capacité de production plus importante des usines modernes de production d'alumine ; elle permet d'importantes économies d'échelle et influence donc le prix de l'alumine dans le sens de la baisse.

D'autres éléments contribuent cependant, à une compétitivité moindre dans la gestion de l'alumine :

- La nécessité de protéger les cargaisons d'alumine des infiltrations d'eau en augmente le coût de logistique en comparaison au transport du minerai brut de bauxite.
- La relative hétérogénéité du minerai de bauxite obligeant à associer de façon rigide, la bauxite d'une mine précise à une raffinerie « taillée sur mesure » pour cette bauxite favorise une intégration verticale opposée au développement de la concurrence et à la liberté des prix.
- Les investissements de protection de l'environnement contre les effets polluants du raffinage d'alumine alourdissent les coûts de production de celle-ci et agissent dans le sens d'une augmentation de son prix.

3- La compétitivité dans la production d'aluminium

Pour résumer, contrairement à la production et à la gestion de la bauxite et de l'alumine pour lesquelles nous avons trouvé plusieurs facteurs d'amélioration de la compétitivité, la production d'aluminium semble plutôt influencée par des facteurs augmentant les coûts. Deux catégories de coûts influencent à la hausse le prix de l'aluminium :

- Les coûts énergétiques sont à l'origine de la faible compétitivité des alumineries américaines et européennes. Ces coûts ont été la cause du démantèlement dans les années 70, de l'industrie japonaise de l'aluminium. Aujourd'hui, nous le verrons au chapitre 2, ces coûts sont un des « talons d'Achille » de la très dynamique industrie chinoise de l'aluminium.
- Les coûts environnementaux liés à la production d'aluminium sont lourds. Ces coûts visent à combattre ou à circonscrire l'émission de fluor, la production de mercure, de gaz méthane, de carbone et de soufre ; Ils concernent aussi la gestion des cuves d'électrolyse en carbone en fin de cycle de vie.

On peut toutefois concernant l'aluminium, noter deux facteurs importants de baisse du coût

- L'augmentation importante de la productivité par accroissement de l'intensité des cuves (100 kilo ampères en 1950, 200 kA en 1980, 300 kA en 1990 et 500 kA aujourd'hui)
- La baisse corrélative des coûts d'investissement (en monnaie constante)

Paragraphe 2 : La consommation mondiale d'aluminium

Ce paragraphe présente la répartition géographique au niveau mondial de la consommation d'aluminium, il fait une esquisse de la demande chinoise avant d'analyser l'incidence des variables structurelles sur la consommation d'aluminium.

A- La répartition géographique de la consommation d'aluminium

Il est important d'étudier l'importance et la répartition géographique de la consommation mondiale d'aluminium depuis 45 ans pour comprendre quel rôle a pu jouer la demande d'aluminium dans la formation des prix.

En observant le TABLEAU I-6 (ANNEXE 16) et la FIGURE I-15 (ANNEXE 17), on constate que la consommation d'aluminium primaire et secondaire est concentrée dans quelques pays industrialisés. En effet, en 2005 les Etats-Unis, le Canada, l'Europe de l'Ouest représentaient plus de 60 % de la consommation mondiale d'aluminium. Si on tient compte de

la consommation de l'actuel leader en la matière, la Chine, cette part dépasse les 75 % de la consommation mondiale. Notons toutefois qu'en 1960, la consommation du groupe des pays industrialisés représentait 84 % de la consommation mondiale. La consommation d'aluminium a plus fortement augmenté en Afrique et en Asie qu'aux États-Unis et en Europe.

En dehors de l'Afrique du Sud dont la consommation est restée relativement stable, la consommation des autres pays d'Afrique a progressé et approche 0,5 % de la consommation mondiale totale.

En 2005, l'Asie hors Japon représentait 32 % de la consommation mondiale d'aluminium, ce chiffre n'était que de 4,8 % en 1960 soit une croissance de plus de 500 %. Cette zone géographique est d'ailleurs celle qui tire la demande mondiale d'aluminium sous l'influence notamment de la Chine comme on peut le voir dans la FIGURE I-15 (ANNEXE 17)

Aux États-Unis, la consommation d'aluminium a augmenté moins vite que le niveau de consommation mondiale. Signalons que la consommation des États-Unis était de 25 % du total mondial en 1983, de 26 % en 1993, elle n'était plus en l'an 2005 que de 21%.

La part de consommation de l'Europe de l'Ouest est passée de 25 % en 1983 à 24 % en 2005. Quant à la part des anciens pays socialistes d'Europe de l'Est, elle est passée de 16 % en 1983 à 6,5 % aujourd'hui.

Nous avons signalé la forte croissance de la consommation asiatique entre 1960 et 2005. Jusqu'en 1993, le Japon était le pays à la source de cette forte croissance, aujourd'hui la Chine a pris le relais du Japon.

B – L'impact des variables structurelles sur la consommation

La consommation d'aluminium secondaire⁸ connaît aujourd'hui une croissance deux fois plus rapide que celle de d'aluminium primaire. La consommation de cet aluminium

⁸

La distinction entre la consommation d'aluminium primaire et secondaire est importante, même si le consommateur final ne distingue pas l'un de l'autre ; En effet, un accroissement de la consommation d'aluminium secondaire montre tout simplement le potentiel extraordinaire de production d'aluminium et l'avenir toujours plus important de ce métal, puisque l'aluminium est indéfiniment recyclable.

secondaire est beaucoup plus forte dans les pays industrialisés d'Europe occidentale, d'Amérique et au Japon que dans le reste du monde. La concentration des activités de transformation du métal en produits finis ou semi-finis dans les pays industriels (générant de nouveaux rebuts) et leur fort taux de consommation de produits en aluminium par habitant expliquent ce phénomène.

Les changements dans la répartition géographique de la consommation d'aluminium ont débuté dans un contexte où la consommation d'aluminium subissait une assez forte atrophie (NAPPI 1992). En effet, dans les pays de l'OCDE, la consommation d'aluminium augmentait de 9,7 % par an entre 1960 et 1973. Ce taux de croissance était supérieur à celui observé dans cette période pour les autres principaux métaux (Acier 5,3%, Cuivre 4,6 % ; Nickel 6,6% ; Plomb 3,5 % ; Zinc 5,3%) et atteignait presque le double du taux de croissance du PIB (5%) dans les pays industrialisés. À partir de 1974, la consommation mondiale annuelle d'aluminium primaire atteint 13,9 millions de tonnes, on observe que la courbe de consommation d'aluminium dans les pays de l'OCDE se brise (FIGURE I-21 ANNEXE 21). Le taux de croissance moyen de la consommation d'aluminium chute à 1,4% entre 1974 et 1991. La différence de croissance de la consommation (plus de 8 %) n'est pas seulement explicable par le ralentissement économique. En effet le taux de croissance économique de cette période dans l'OCDE passe de 5 % à 2 %.

Comme le fait remarquer TILTON (1990), ce ralentissement du rythme de la consommation n'est pas totalement explicable par le ralentissement économique observé dans les pays de l'OCDE après les deux chocs pétroliers. Il faudrait tenir compte non seulement des variables cycliques (variations du PIB et de ses principaux déterminants) mais aussi des variables structurelles.

Dans ce dernier cas, on pense à l'utilisation de produits contenant moins d'aluminium (contenants et emballages), à la substitution de l'aluminium par le magnésium, le plastique ou d'autres matériaux pour des raisons liées aux prix relatifs et aux propriétés physiques des produits (dans l'industrie des transports ou encore dans celle de la construction) ; on pense

aussi aux variations dans la composition du PIB (le secteur des services augmentant sa part au détriment du secteur manufacturier plus susceptible de consommer de l'aluminium).

L'impact des principales variables structurelles sur la consommation d'aluminium apparaît à l'examen des principaux marchés de ce produit. En effet, la FIGURE I-1 (ANNEXE 1) montre que les industries du transport, de la construction, des contenants et emballages, des produits électriques et des articles de ménage constituent les principaux débouchés de l'aluminium. Mais on se rend compte que leur importance respective varie dans les principaux pays de l'OCDE. L'industrie du transport s'affirme comme le principal débouché de l'aluminium dans l'ensemble des pays de l'OCDE. L'impact des variables structurelles, telles que la substitution de l'aluminium par d'autres métaux ou matériaux, les changements technologiques ou les habitudes de consommation sur l'utilisation de l'aluminium doit être présenté pour chacune des industries constituant le débouché de ce métal. Cet impact a été étudié par TILTON (1990), EGGERT (1990), NAPPI (1989). Voici les principales conclusions de leurs analyses.

1- L'industrie des transports apparaît comme le débouché le plus important pour l'aluminium. La quantité d'aluminium utilisée par voiture est en effet passée de moins de 23 kg en 1960 à plus de 65 kg aujourd'hui. Ce taux de pénétration est encore plus élevé dans le marché américain. En tenant compte de la croissance de la production automobile, la consommation d'aluminium dans le secteur automobile qui était de 45 000 tonnes en 1960 a été multipliée aujourd'hui par plus de 7. Mais cette percée n'est pas totalement satisfaisante, car l'aluminium aurait pu profiter davantage de la baisse de 25 % de l'utilisation d'acier par voiture. La réduction d'acier dans les voitures était le moyen d'augmenter leur efficacité énergétique. Les producteurs d'aluminium n'ont pas totalement profité de la baisse de l'utilisation d'acier dans les voitures, car ils ont dû partager le remplacement de l'acier avec les producteurs de plastiques, des produits composites et d'aciers spéciaux. Le poids des plastiques est passé de 16 kg par voiture à 1960 à plus de 100 kg aujourd'hui. La part des aciers spéciaux dépasse les 7 % dans une voiture. La pénétration de ces aciers porte sur les châssis, les panneaux latéraux, les bras de suspension des roues. Sur toutes ces applications, on aurait pu utiliser de l'aluminium.

2- L'industrie des contenants et emballages apparaît comme plus dynamique que celle des transports en termes de consommation d'aluminium. On ne peut lui imputer l'atrophie dans la

consommation d'aluminium notée entre 1974 et 1995. Ceci est surtout vrai pour le marché américain. En effet, en 1960, la vente de d'aluminium au secteur de l'emballage ne représentait que 8% de la consommation d'aluminium aux États-Unis, ce taux atteint aujourd'hui 30 %. Dans le cas des emballages métalliques destinés aux industries américaines de la bière et des boissons gazeuses, la canette d'aluminium a complètement remplacé la canette d'acier. La canette d'aluminium sert de contenants à plus de 60 % de la bière vendue aux États-Unis, le reste (40 % de la bière) étant vendu dans des fûts d'une part et dans des bouteilles en verre d'autre part. Pour les boissons gazeuses, la canette en aluminium occupe 30 % du marché américain. Les concurrents les plus notables de la canette en aluminium sont la bouteille en verre non-retournable, la bouteille en verre retournable, la bouteille en plastique, les ventes à la fontaine.

Mais le succès rencontré par la canette en aluminium aux États-Unis n'est pas transposé dans les autres pays de l'OCDE. Pour expliquer cette différence dans l'utilisation de la canette en aluminium, on invoque habituellement la fragmentation du marché européen de la bière, la très forte résistance livrée par les producteurs européens, japonais et canadiens de bouteilles en verre, certaines réglementations gouvernementales qui favorisent la production et l'utilisation des bouteilles en verre retournables et enfin la préférence des consommateurs. Une autre raison limitant l'utilisation de l'aluminium dans ce secteur d'activité est d'ordre technico - économique. En effet, le meilleur moyen d'augmenter la part de marché vis-à-vis des concurrents de la canette d'aluminium est de réduire son coût de production ; ceci se fait en priorité en réduisant l'épaisseur de la feuille d'aluminium utilisée. Ce procédé a permis de réduire le poids de la canette d'aluminium de 40 % depuis 1960, en utilisant des alliages plus résistants.

3- L'industrie de la construction est un débouché important pour l'aluminium, mais c'est un marché moins dynamique que ceux du transport et des contenants et emballages sauf en Chine où c'est le principal débouché de l'aluminium. Pour la construction résidentielle et commerciale, l'aluminium est surtout utilisé comme châssis dormants de portes et de fenêtres et comme matériau pour clôturer. Dans chacune de ces deux applications, l'aluminium doit affronter plusieurs concurrents : le bois, le PVC, le vinyle, l'acier galvanisé, l'acier trempé etc.

4 - L'industrie des produits électriques est apparue au début des années 70 comme un marché plein de promesses pour l'aluminium. À cette époque, l'aluminium se substituait au cuivre

pour la fabrication des câbles de transmissions à haut voltage d'électricité. Par ailleurs les fils électriques en aluminium étaient de plus en plus utilisés pour les installations électriques et résidentielles. Enfin, l'aluminium était utilisé dans la fabrication des contenants pour produits électriques et électroniques. Avec le temps, les espoirs mis par les industriels de l'aluminium dans le développement de l'industrie des produits électriques ont été déçus. La miniaturisation des équipements électriques et électroniques a réduit la quantité d'aluminium utilisée par unité de produit, il y a aussi eu le remplacement de l'aluminium en électricité par des contenants en plastique ; par ailleurs, le ralentissement économique a diminué la consommation d'énergie et ralenti la construction de lignes surélevées de transmission électrique. Enfin, de nombreux gouvernements ont interdit l'installation de fils d'aluminium dans les systèmes d'éclairage des résidences les jugeant sources de danger d'incendie.

Paragraphe 3 : Le commerce international de la bauxite, de l'alumine et de l'aluminium

L'aluminium est après le pétrole et avec le cuivre, une des ressources non renouvelables dont la valeur dans le commerce international reste la plus élevée. Le flux commercial mondial d'aluminium (exportations plus importations) atteignait les 22 milliards de dollars à 1991, il a été en 2005 de plus de 42 Milliards de dollars pour la seule douzaine de pays principaux exportateurs et importateurs du TABLEAU I-9 (ANNEXE 24). Ce flux mondial d'aluminium comble le fossé croissant existant dans plusieurs pays, entre la capacité de production et les besoins de consommation. Il n'est donc pas surprenant de constater que l'importance des importations mondiales d'aluminium par rapport à la production internationale d'aluminium primaire ne cesse d'augmenter. Ce ratio est passé de 23 % en 1974, à 40 % en 1983 et 45 % à 1991. En ne considérant que la douzaine de pays du TABLEAU I-9 (ANNEXE 24), le ratio importations par rapport à la production mondiale d'aluminium primaire a dépassé les 33% en 2005. La hausse des flux s'expliquait dans les années 70 à 90 par la disparition de l'industrie japonaise de l'aluminium et par une concentration de nouvelles alumineries dans les pays dotés de vastes ressources énergétiques à faible coût et/ou de ressources locales en bauxite et alumine.

Dans ce paragraphe nous analysons l'évolution de ce commerce mondial en présentant les importations et les exportations des principaux pays acteurs des secteurs de la bauxite de l'alumine et de l'aluminium ainsi que la signification des soldes de leurs flux commerciaux.

Les TABLEAUX I-7, I-8 et I-9 (ANNEXES 22, 23 et 24) nous permettent de mener à bien ces analyses. Ces statistiques viennent essentiellement du *World Bureau of Metal Statistics*. Cependant, beaucoup d'entre elles ont été reconstituées à partir de sources diverses telles que l'annuaire de la société de l'industrie minière (S. I. M.) et du BRGM, *l'International Aluminium Institute Statistical Report* ou de *l'US Geological Survey*.

A- le commerce international de la bauxite

Les exportations de bauxite dans la période étudiée (1995 à 2005, voir le TABLEAU I-7 ANNEXE 12) viennent surtout de deux pays en développement : la Guinée et la Jamaïque. La Guinée, bien que n'étant que le deuxième producteur mondial de bauxite derrière l'Australie se trouve être le plus grand exportateur mondial ; car contrairement à l'Australie, la Guinée exporte la quasi-totalité de sa production de bauxite. Sur la période étudiée, on observe une forte hausse des exportations australiennes, une hausse moins accentuée des exportations jamaïcaines et une relative stabilité des exportations guinéennes liées au maintien des capacités de production de ce pays.

Pour tous les autres principaux acteurs du commerce international de bauxite, on observe une forte régression des exportations du minerai de bauxite avec une baisse spectaculaire des exportations chinoises qui ont pratiquement disparu. Ces baisses traduisent la volonté de beaucoup de pays et de la Chine en particulier d'accentuer la transformation locale en alumine du minerai de bauxite ; elles sont aussi un signe de la baisse de la production locale du minerai de bauxite dans certains de ces pays.

Concernant les importations de bauxite, elles sont essentiellement le fait des pays développés à économie de marché. La Chine est à cet égard une exception qui, du fait de sa forte croissance économique absorbe d'énormes quantités de bauxite du marché mondial qu'elle transforme dans une perspective de maîtrise complète de la filière de production bauxite -alumine -aluminium.

L'exception russe (-95,75 % des importations) s'explique par l'ouverture d'importantes mines locales et même d'unités de transformation de bauxite en alumine. Ce pays met plutôt l'accent sur l'exportation d'aluminium primaire pour laquelle il a actuellement le leadership.

Le Japon a pratiquement abandonné son industrie de l'aluminium à cause d'un coût trop élevé de son énergie importée ; c'est pourquoi ce pays importe de moins en moins de bauxite.

B- Le commerce international de l'alumine

La situation concernant le commerce international de l'alumine est bien différente de celle des flux de bauxite. En effet, l'Australie joue un rôle central dans les exportations d'alumine avec plus de 50 % des exportations mondiales ; ceci contribue largement à faire des pays industrialisés la principale source de flux mondiaux d'alumine. Les exportations d'alumine des pays en développement viennent surtout des Caraïbes (Surinam et Jamaïque), mais aussi d'Amérique du Sud (Brésil et Venezuela), même si le TABLEAU I-8 (ANNEXE 23) ne mentionne pas ces deux pays faute de statistiques fiables récentes les concernant.

Les exportations chinoises d'alumine ont fortement progressé en 10 ans (+1 488 %), mais la Chine est aussi aujourd'hui le plus grand importateur mondial d'alumine et comme l'indique le TABLEAU I-8 (ANNEXE 23), ses importations d'alumine ont progressé de 498 % en 10 ans. Ceci confirme la volonté de ce pays d'intégrer toute la filière et de pouvoir contribuer fortement à l'approvisionnement des besoins locaux en aluminium.

La construction de nouvelles usines d'électrolyse en Afrique, en Amérique du sud mais surtout au Moyen-Orient, dans les pays riches à ressources énergétiques, mais faiblement dotés en ressources minières permettant la production d'alumine a contribué à augmenter la part des pays en développement dans la production mondiale d'alumine ; même si cette part reste bien inférieure à celle des pays développés.

La FIGURE I-24 (ANNEXE 25) montre que, comme dans le cas de la bauxite, les principaux pays en développement acteurs du commerce international d'alumine sont plutôt exportateurs nets de la poudre blanche à l'exception de la Chine et de l'Afrique du sud. Inversement les pays développés apparaissent plutôt comme des importateurs nets à l'exception de l'Australie.

C- Le commerce international d'aluminium

Les statistiques du TABLEAU I-9 (ANNEXE 24) ne concernent que le commerce international d'aluminium primaire ; mais elles sont largement révélatrices des tendances du commerce international de l'aluminium.

On constate que les exportations mondiales d'aluminium sont dominées par des pays occidentaux industrialisés d'une part, la Russie et la Chine d'autre part. Le Canada a longtemps tenu la place de leader des exportations d'aluminium avec dans les années 90 près de 20 % des exportations mondiales. Ce pays était à cette époque suivi dans le domaine des exportations d'aluminium par l'Australie (12 %), et la Norvège (10 %). Aujourd'hui (TABLEAU I-9 ANNEXE 24) on s'aperçoit que la Russie a pris le leadership des exportations mondiales d'aluminium. L'Australie et la Norvège occupent toujours des places importantes par leurs volumes d'exportations, mais ils ont été rejoints par la Chine. Notons que pour ce dernier pays, une récente législation impose des taxes aux exportations d'aluminium en vue d'inciter à l'approvisionnement local des industries utilisatrices et d'encourager l'exportation de produits semi-finis en aluminium.

Au niveau des importations, la tradition qui fait des États-Unis un très grand importateur d'aluminium primaire est respectée sur la période étudiée par le tableau I-7 (annexe22). Le Japon qui a démantelé son industrie de l'aluminium à cause de problèmes de coûts énergétiques apparaît comme le deuxième importateur mondial sur la période étudiée, même si ses importations sur cette période sont restées stables. Ce pays a occupé la première place des importations mondiales d'aluminium dans les années 90 après le démantèlement de son industrie d'aluminium. La Corée du sud est quasiment dans le même rythme de croissance économique que la Chine, elle importe donc une grande quantité d'aluminium primaire

En Europe, l'Allemagne a dû fortement augmenter ses importations pour compenser des réductions de capacités locales de production.

En observant la FIGURE I-25 (ANNEXE 26), on se rend compte qu'à l'exception du Brésil et de la Corée du sud qui sont des pays émergents, l'exportation et l'importation d'aluminium concernent essentiellement les pays industrialisés. Dans le domaine de l'aluminium, la ligne de partage entre exportateurs ou importateurs nets semble être plutôt

fonction des dotations en ressources énergétiques. Ainsi, la Russie, le Canada, l'Australie et la Norvège riches en ressources énergétiques bon marché sont exportateurs nets d'aluminium alors que les autres pays industrialisés se trouvent être des importateurs nets d'aluminium.

Il faut signaler que la FIGURE I-25 (ANNEXE 26) qui ne retient que les pays les plus importants en termes de tonnage a laissé de côté des exportateurs significatifs d'aluminium tels que les émirats de Dubaï et de Bahreïn que nous n'avons pas pu présenter faute de disposer de données récentes les concernant.

L'augmentation des flux commerciaux de bauxite, d'alumine et d'aluminium s'analyse comme une augmentation de la demande mondiale de ces produits. Les facteurs globaux et structurels présentés plus haut expliquent le dynamisme du commerce international des produits de la filière aluminium et les prix qui s'y pratiquent.

La fiche de synthèse de la page suivante présente les éléments qui influencent à la hausse ou à la baisse les coûts de production dans la filière aluminium et par conséquent le prix de l'aluminium. L'enjeu est important comme nous le verrons en section 2, car, plus les coûts et le prix de l'aluminium sont élevés, moins ce métal est demandé et plus les produits qui lui sont substituables gagnent des parts de marché. C'est donc bien d'un problème de compétitivité, de dynamisme voire de survie de l'industrie de l'aluminium dont il s'agit.

FICHE DE SYNTHESE SUR LES FACTEURS DE COÛTS ET DE PRIX

	Éléments influençant les coûts et le niveau des prix	
	Incidence à la hausse	Incidence à la modération
BAUXITE	- Importance des coûts de prospection - Localisation lointaine des nouveaux centres d'extraction - Investissement dans les voies ferrées	- Facilité de transport - Augmentation du nombre d'acteurs impliqués dans la production
ALUMINE	- Relative hétérogénéité du minerai de bauxite - Nécessité de protéger précieusement les cargaisons - Importance des coûts environnementaux	- Facilité des opérations de manutention - Effet de réduction du volume sur le coût du transport - Capacité accrue des raffineries - Fiscalité et coûts environnementaux moins pressants dans le tiers monde
ALUMINIUM	- Importance des coûts énergétiques - Importance des coûts environnementaux	- Avantages de la fiscalité et de la souplesse des contraintes environnementales liés au tiers monde

Après une longue atrophie, aujourd'hui, la croissance de l'activité dans l'industrie de l'aluminium est à nouveau à la hausse, grâce au dynamisme de l'économie chinoise qui a un grand effet sur la consommation, la production et le commerce extérieur de l'aluminium et de ses matières de base, la bauxite et l'alumine. La reprise de la hausse des cours de l'aluminium dans la période récente s'explique largement par le dynamisme de la consommation chinoise.

Mais si l'on veut mieux connaître la dynamique de l'industrie de l'aluminium, les forces concurrentielles qui la façonnent, ainsi que l'explication plus approfondie de l'évolution passée, actuelle et future des cours de l'aluminium, il faut descendre d'un cran dans le niveau d'analyse et aborder directement le rôle des firmes productrices : Leur capacité de coordination, l'élasticité de la demande à laquelle elles sont confrontées et leurs stratégies. C'est l'objet de la prochaine section.

Section 2 : Les spécificités de l'industrie mondiale de l'aluminium

L'analyse structurelle du secteur de l'aluminium conduit à étudier l'évolution du degré de concentration dans le secteur de l'aluminium, l'incidence des produits de substitution à l'aluminium sur l'offre de ce dernier et les effets de l'intégration verticale sur le niveau de concurrence dans le secteur.

Paragraphe 1 : L'intensité de la rivalité entre les concurrents existants

L'étude de l'évolution de la capacité de coordination des firmes explique pourquoi la concurrence est devenue plus forte dans le secteur de l'aluminium à un moment donné, et pourquoi on assiste aujourd'hui à un renouveau de la concentration dans ce secteur.

Après avoir précisé la notion de groupe stratégique, nous examinerons comment ont évolué la concentration des entreprises du secteur de l'aluminium, ainsi que les groupes stratégiques que l'évolution de cette concentration a générés. L'autre critère pour évaluer la capacité de coordination des firmes d'un secteur est le taux de croissance de la consommation du ou des produits créés par les entreprises de ce secteur. Enfin, le critère du degré d'intégration verticale sera examiné.

A- La notion de groupe stratégique.

Pour PORTER (1982), la première étape d'analyse à l'intérieur d'un secteur qui permette de caractériser les stratégies que les principaux concurrents suivent, consiste à dresser une carte des groupes stratégiques dans ce secteur. Un groupe stratégique se compose de l'ensemble des firmes dans le secteur qui suivent la même stratégie ou une stratégie voisine, selon toutes les dimensions stratégiques. Un secteur pourrait avoir un seul groupe stratégique si toutes les firmes suivaient la même stratégie de base. À l'autre extrême, chaque firme pourrait représenter un groupe stratégique différent. Mais en général, un secteur comprend un petit nombre de groupes stratégiques, représentatifs des différences essentielles de stratégie entre firmes.

Porter pense que la présence de groupes stratégiques tient à une multitude de raisons, comme les différences dans les forces et les faiblesses initiales des firmes, des époques différentes d'entrée dans le secteur, et des accidents historiques. Les firmes qui appartiennent au même groupe stratégique se ressemblent en général beaucoup non seulement par leur stratégie globale, mais à bien d'autres égards. Elles tendent à avoir des parts de marché semblables, à subir les mêmes effets et à réagir de la même façon en raison de la similitude de leur stratégie, lorsque les événements externes ou des manœuvres de la concurrence interviennent dans le secteur.

La notion de groupe stratégique est un instrument conçu pour faciliter l'analyse structurelle. C'est un cadre de référence intermédiaire entre l'ensemble du secteur et chacune des firmes considérées isolément. Porter pense qu'en dernière instance, chaque firme est unique et le classement des firmes en groupes stratégiques exige inévitablement des jugements sur le degré significatif des différences stratégiques.

B – L'évolution du degré de concentration dans le secteur de l'aluminium et les groupes stratégiques en présence.

a – La situation jusque dans les années 90.

A partir du TABLEAU II-1 (ANNEXE 27), on peut constater qu'en 1969, 6 sociétés étaient responsables de 77 % de la capacité de production occidentale de l'aluminium. Ce

degré de concentration (mesurée par la part cumulative des six principales firmes dans une industrie) s'élevait à 82,4 % en 1964 et atteignait même 87,2 % en 1953 (KALPOE, 1987, p.17). On retrouve sur la liste des six principales sociétés les entreprises suivantes communément appelées les six Majeures :

- Aluminium Company of America (Alcoa). Cette entreprise a été fondée en 1888 sous le nom de Pittsburgh Reduction Company par Charles Martin Hall, l'un des inventeurs du procédé électrolytique de réduction de l'alumine en aluminium. En 1990, elle contrôlait 15 % de la capacité occidentale de production de l'aluminium. Déjà à cette époque, elle était parfaitement intégrée en amont et en aval et possédait des unités de production dans plus d'une quinzaine de pays.
- Alcan Aluminium Limited ou Alcan. Cette société a vu le jour en 1899 en tant que filiale canadienne d'Alcoa. Elle est devenue une société totalement indépendante au début des années 50, à la suite d'une décision de la justice américaine. En 1990, elle contrôlait à peu près 13 % de la capacité de production d'aluminium primaire du monde occidental.
- Kaiser Aluminium & Chemical Corporation ou Kaiser. Cette société a été fondée en 1946 lorsque l'industriel Henri Kaiser et trois de ses partenaires de la firme Permanente Metals Corporation décidèrent de louer trois alumineries construites par le gouvernement américain pour appuyer l'effort de guerre. Après avoir connu un fort taux de croissance durant les années 50 et 60, elle a été confrontée à d'importants problèmes financiers au cours des années 80. Sa part de marché occidental en 1993 était inférieure à 2,5 %, ce qui la plaçait derrière des sociétés telles qu'Alumax et Comalco.
- Reynolds Metals Corporation ou Reynolds. Cette société fut fondée en 1919 et produisait des feuilles minces de plomb et d'étain destinées à l'emballage des cigarettes. Cette production fut abandonnée en 1926, et la société se lança résolument dans la production de feuilles d'aluminium. Après la seconde guerre mondiale elle acheta diverses alumineries construites elles aussi par le gouvernement américain.

- Pechiney. L'intérêt de cette société française pour l'aluminium remonte à 1859, lorsqu'elle utilisa le procédé chimique développé par Sainte - Claire Deville pour produire de l'aluminium de façon commerciale. Ce procédé fut remplacé plus tard par celui moins coûteux proposé par Hall-Héroult. Pechiney fusionna en 1967 avec Tréfinmétaux, puis en 1971 avec Ugine Kuhlmann, pour devenir le plus important producteur européen d'aluminium et de ses produits dérivés.
- Swiss Aluminium limited ou Alusuisse. Fondée en 1887, cette société fut une des premières firmes européennes à utiliser le procédé Héroult pour la production de l'aluminium. Sa taille relative a progressivement décliné, et sa part de marché tout en étant supérieure à celle de Kaiser est en 1990 dépassée par celle d'Alumax.

Les autres sociétés d'aluminium de la fin des années 60 sont VAW (Allemagne de l'Ouest), Showa Denko (Japon) et Anaconda (Etats-Unis). On réalise donc qu'à la fin des années 60, plus de 80 % de la capacité de production d'aluminium étaient contrôlés par à peine 9 sociétés. Les 6 Majeures étaient aussi très présentes dans la production de bauxite et d'alumine. En effet, elles contrôlaient en 1969 près de 73 % de la capacité d'extraction de la bauxite, tandis que ce taux dépassait les 84 % dans le cas de l'alumine. À cette époque, on notait aussi la présence des sociétés suivantes : Comalco (Australie) et Billiton (filiale de Royal Dutch Shell, Hollande) pour l'extraction minière, Sumitomo (Japon) et VAW (Allemagne de l'Ouest) pour la production d'alumine.

Cette situation d'un marché international de l'aluminium fort peu concurrentiel, dominé par six grandes firmes, contrôlant les trois quarts des opérations à chacune des étapes du processus de production de l'aluminium, s'est modifiée entre 1970 et 1990. En effet, la part de marché détenue par les six majeures au début des années 90 était inférieure à 50 % dans le cas de la bauxite et de l'aluminium tandis qu'elle atteignait les 65 % pour l'alumine. Ces chiffres se réfèrent à la situation de contrôle. Si l'on envisage la question du point de vue du degré de propriété, le tableau II-1 (annexe 27) suggère que les modifications sont encore plus profondes. Ainsi, en 1990, le degré de propriété des six majeures dépasse à peine 36 % pour l'extraction de la bauxite. C'est un net recul par rapport à la situation observée 10 ans plus tôt. Concernant l'aluminium, en 1990 le taux de propriété des six Majeures oscille autour de 40 %, tandis que leur degré de propriété de la capacité de production d'alumine n'excède pas les 55 %.

Cette chute de contrôle et de propriété exercée par les six Majeures sur l'industrie de la bauxite – alumine - aluminium a plusieurs explications. D'abord on peut observer l'arrivée au cours des années 60 et 70, de nombreuses sociétés métallurgiques, pétrolières ou manufacturières désireuses de diversifier leur production et donc d'effectuer une intégration horizontale de leurs opérations. Ce qui a en partie dilué le pouvoir oligopolistique des six Majeures. Ce phénomène a été particulièrement observé sur le continent américain, où tour à tour des sociétés telles que Alumax (1962), Anaconda (1955), Hownet (1958), National Aluminum (1968), Noranda (1967) ou encore Revere (1970) sont venus augmenter la concurrence effective sur ce marché, c'est-à-dire réduire la capacité des Majeures à modifier d'une façon significative et durable le prix de l'aluminium par des variations de leur niveau de production. Le même phénomène est observé ailleurs dans le monde, mais à une échelle moindre.

Les six Majeures doivent admettre dans les années 80, qu'elles opèrent dans un contexte assez différent de celui des années 60. La plupart des « autres » sociétés privées ont aussi acheté des participations dans quelques mines de bauxite et dans certaines usines de raffinage d'alumine. Assez faible en 1980 (17 %), ces parts vont dépasser 40 % pour la bauxite en 1989, tandis qu'elles oscillaient autour de 25 % dans le cas de l'alumine. Par contre, ces prises de participation étaient la plupart du temps minoritaires, puisque leur contrôle effectif de ces opérations s'avère nettement inférieur à celui suggéré par leur degré de propriété. En effet le degré de contrôle des « autres » sociétés privées ne dépasse pas 14 % pour l'alumine et atteint à peine 27 % pour la bauxite.

La deuxième source de contestation du pouvoir oligopolistique des six Majeures réside dans le développement du secteur gouvernemental. En effet, ce dernier contrôlait vers la fin des années 60 entre 10 et 15 % de la capacité occidentale de production de l'aluminium. Les nationalisations, l'investissement gouvernemental dans les nouvelles opérations ou encore des prises de participations minoritaires dans des entreprises à risques partagés ont contribué à faire augmenter la part détenue par le secteur gouvernemental. Celle-ci a atteint 25 % en 1980 et est demeuré assez stable par la suite. Le même scénario a été observé du côté de la production d'alumine où la part de marché des sociétés gouvernementales se situait autour de 21 %. La situation apparaît un peu différente dans le cas de la bauxite. En effet, le secteur gouvernemental a renforcé ici sa position relative surtout au cours des années 70 sous

l'impulsion de l'Association Internationale de la Bauxite fondée le 8 mars 1974 à Conakry en Guinée dans le but d' « assurer à ses 11 membres des revenus réels plus justes et plus raisonnables ». Ainsi, en 1980, les sociétés étatiques détenaient 38 % de la capacité occidentale d'extraction de bauxite, même si à cette époque leur contrôle effectif dépassait à peine 25 %. On a assisté au cours des années 80 à un redressement du contrôle effectif des sociétés gouvernementales sur l'exploitation de la bauxite, leur taux de contrôle effectif atteignait en effet 33 % en 1990.

NAPPI (1994) observe qu'en 1993, l'industrie de l'aluminium se retrouve non plus avec un seul groupe de six producteurs poursuivant une stratégie plus ou moins homogène, mais plutôt avec des dizaines de producteurs formant au moins trois groupes stratégiques, chacun poursuivant des objectifs et adoptant des comportements différents.

En premier lieu, on reconnaît le groupe stratégique des six Majeures, dont le degré de contrôle du marché de l'aluminium s'est passablement effrité au cours des dernières années. De plus, les membres de ce groupe, comme Kaiser et Alusuisse ont assisté à un tel déclin de leur part de marché qu'ils sont même dépassés par des sociétés comme Alumax, Hydro - aluminium et bientôt Comalco ou CVG (Venezuela) sur la liste des principales entreprises productrices d'aluminium. Malgré ces déboires, ce premier groupe stratégique compte alors encore entre 40 et 45 % de la capacité occidentale de production de la bauxite et de l'aluminium, ce pourcentage fluctuant autour de 65 % dans le cas de l'alumine. Pour NAPPI (1994) « Le géant a été blessé mais il survit ». De plus, ce groupe demeure relativement homogène car les firmes qui le composent partagent certaines caractéristiques communes. Ainsi, leur production d'alumine dépasse leurs besoins pour le procédé d'électrolyse. Leur production d'aluminium s'avère supérieure à leur capacité de transformation de ce métal en produits semi-ouvrés ou ouvrés. Tous les membres de ce groupe demeurent fortement intégrés en amont et en aval. Ils se révèlent tous à des degrés divers des vendeurs de technologie au reste de l'industrie.

Le second groupe stratégique rassemble les producteurs de la deuxième vague, tels qu'Alumax et Noranda (Etats – Unis), VAW (Allemagne), Austria Metal (Autriche), Granges (Suède), Alumix (Italie), Inespal (Espagne) etc. Les entreprises formant ce groupe stratégique proviennent surtout du secteur privé, même si quelques-unes d'entre elles proviennent du secteur gouvernemental. Malgré cette différence, elles partagent des caractéristiques

communes telles l'intégration en aval de leurs opérations et, en général, leur production d'aluminium est inférieure à leurs besoins. Malgré les différences notées entre ces deux premiers groupes stratégiques, ils demeurent relativement homogènes comparés au troisième groupe, celui des producteurs indépendants d'aluminium.

Ce troisième groupe stratégique couvre des sociétés telles que CVG (Venezuela), Comalco (Australie), Egyptalum, Aluminium Bahrein, Hydro – Aluminium (Norvège), CVRD (Brésil), Dubaï Aluminium. Ces producteurs indépendants d'aluminium s'avèrent en général peu ou pas intégrés en aval, et s'affirment comme des acheteurs nets d'alumine, bénéficiant presque tous d'un avantage marqué au niveau des coûts de production de l'aluminium et enfin la plupart d'entre eux font partie du secteur gouvernemental. L'ensemble de ces caractéristiques fait en sorte que les sociétés membres de ce troisième groupe stratégique partagent des intérêts communs qui diffèrent de ceux des autres groupes. Il n'est donc pas surprenant de constater l'adoption de stratégies différentes au niveau des politiques de prix, de production ou de recherche et développement. Selon PORTER (1982), plus on trouve de groupes stratégiques à l'intérieur d'une l'industrie, plus la distance stratégique entre eux risque d'être grande, plus leur coordination pose des problèmes et plus le degré de concurrence observable dans cette industrie sera important.

b – La situation aujourd'hui

La FIGURE II-2 (ANNEXE 29) montre que les 6 sociétés Majeures des années 60 ont toutes pratiquement disparu à l'exception près de la société Alcoa. Ces puissantes sociétés ont soit perdu leur importance à cause de problèmes de gestion, soit été absorbées par d'autres dans les divers mouvements de concentration. De nouvelles entités de premier plan se sont créées telles que UC Rusal ou encore Rio Tinto – Alcan

On peut observer que la part de production des 3 plus grandes entreprises du secteur de l'aluminium est passée de 33% en 1980 à quasiment 40% aujourd'hui⁹. Ceci dénote plutôt une augmentation du degré de concentration dans le secteur. Si l'on se réfère à la part des 6 sociétés Majeures, celle ci est passée de 52% de la production totale d'aluminium en 1980 à 53% de cette production en 2006. Le degré de concentration est donc resté élevé ; mais on peut aussi observer que la part des plus grandes entreprises du secteur a nettement augmenté

⁹

Il faut noter qu'en 1980, UC Rusal n'existait pas sous sa forme actuelle du moins.

par le jeu des récentes fusions – absorptions. Toutefois, il existe aujourd’hui beaucoup plus de sociétés dans l’industrie de l’aluminium que dans les années 60. Beaucoup de ces dernières sont plutôt de taille modeste, en effet, comme le montre la FIGURE II-2 (ANNEXE 29), la part des « Autres » entreprises est en effet passée de 22% en 1980 à 40% aujourd’hui. Cette situation contribue à augmenter la concurrence dans le secteur de l’aluminium.

Nous proposons les cartes stratégiques suivantes à partir des critères d’intégration verticale et de nature de la propriété du capital. Il apparaît que les trois groupes stratégiques nées dans les années 70-80 (voir FIGURE II-1 ANNEXE 28 et FIGURE II-3 ANNEXE 30) se sont maintenus, même si la composition du groupe des sociétés majeures complètement intégrées a très largement changé. Comme nous le verrons plus loin, Pechiney et Alusuisse ont été rachetées par Alcan, et Reynolds par Alcoa ; quant à Kaiser, sa part de marché est devenue si peu significative que cette société a quasiment disparu dans les années 80.

Aujourd’hui comme déjà à la fin des années 80, il est impossible à un quelconque groupe de conduire valablement des actions de coordination de la production en vue d’influencer les prix de l’aluminium compte tenu de la distance stratégique entre les différents groupes. Les prix de l’aluminium rappelons le, sont déterminés depuis 1978 au LME.

C – L’impact concurrentiel du taux de croissance de la consommation

Dans le chapitre 1, nous avons signalé que le taux de croissance de la consommation d’aluminium primaire, après une période faste entre 1960 et 1973, où il atteignait les 9,7 % par an dans les pays de l’OCDE a brutalement chuté et est revenu à un niveau de 1,4 % par an entre 1974 et 1991. Pour certains pays comme les États-Unis ou le Royaume-Uni, on a même enregistré un taux de croissance annuel négatif durant cette période. Aujourd’hui, grâce au dynamisme des pays émergents, et de la Chine en particulier, le taux de croissance de la consommation d’aluminium s’est sensiblement redressé, puisqu’il atteint pour les cinq dernières années un niveau de 7,7 % par an ; pour la Chine, le niveau de croissance de la consommation atteint même les 15 % par an.

Par hypothèse, un taux de croissance de la consommation faible dans un secteur est susceptible d’encourager la concurrence dans ce secteur.

Paragraphe 2 : L'impact de l'élasticité – prix de la demande d'aluminium sur le degré de concurrence

L'importance de la sensibilité de la demande d'aluminium aux variations de prix doit être présentée ; Cela permet de comprendre le rôle grandissant de l'aluminium secondaire et d'évaluer la menace que constituent les produits de substitution à l'aluminium pour les producteurs d'aluminium primaire.

A- L'intérêt de la mesure de l'élasticité – prix de la demande d'aluminium

On sait que, si la demande d'un bien s'avère peu sensible aux variations de son prix, c'est-à-dire si cette demande est caractérisée par une élasticité-prix inférieure à 1 en valeur absolue, les producteurs de ce bien pourront à court et moyen terme augmenter leurs prix sans craindre une diminution plus importante des quantités demandées par les consommateurs. La hausse des recettes découlant d'une telle politique de prix semble possible, car les consommateurs ont ici, peu ou pas d'alternatives au produit subissant la hausse des prix.

La situation en est fort différente si les consommateurs peuvent réagir à la hausse de prix en substituant l'aluminium par le cuivre, de nouveaux aciers ou le plastique ; en remplaçant l'aluminium primaire par de l'aluminium secondaire ou encore en important de l'étranger l'aluminium nécessaire. Si ces alternatives ne sont pas accessibles aux utilisateurs de l'aluminium, alors ses producteurs peuvent exercer un certain contrôle du marché et expérimenter des marges bénéficiaires relativement élevées. L'importance de ces dernières s'avère en fait inversement proportionnelle à la valeur absolue de l'élasticité prix de la demande.

Quelle est l'élasticité prix de la demande d'aluminium ? Les différents modèles économétriques mis sur pied pour simuler le fonctionnement du marché international de la bauxite - alumine -aluminium (PINDYCK, 1977 ; WOODS ET BURROWS, 1980 ; FISHER ET OWEN, 1981 ; HOJMAN,1981 ; etc.) ont établi qu'au cours des années 70, l'élasticité prix de la demande d'aluminium se situait entre -0,12 (à court terme) et -0,73 (à long terme) ce qui suggère une faible sensibilité des variations relatives dans les quantités demandées par rapport aux variations relatives de prix. À titre de comparaison, notons que l'élasticité -prix de la demande du cuivre se situait à la même époque entre -0,12 et -2, tandis qu'elle s'avérait

inférieure à -0,3 pour le minerai de fer, le plomb, le manganèse, le phosphate et le tungstène. Seules les demandes de cobalt, d'étain et de zinc affichaient une certaine sensibilité face aux variations de leur prix (BANKS, 1979).

L'élasticité-prix de la demande d'aluminium a-t-elle augmenté depuis lors ? Nous n'avons pas pu trouver des données nouvelles concernant cette élasticité mais étant donnée l'importance croissante des métaux ou matériaux fournissant des services équivalents à un prix concurrentiel à celui de l'aluminium, on est tenté de répondre par l'affirmative, notamment concernant la période qui se situe entre 1980 et 1995.

B- L'importance de l'aluminium secondaire

Au chapitre 1, la FIGURE I-1 (ANNEXE 1) nous a montré que les besoins des utilisateurs finaux d'aluminium peuvent être satisfaits à partir de deux sources de production différentes. La filière de la fusion primaire où la bauxite est extraite, réduite en alumine, transformée en aluminium et convertie en produits ouvrés ou semi-ouvrés. Une filière alternative où un aluminium seconde fusion est obtenu à partir du recyclage de vieux rebuts (des biens de consommation courante telles les canettes métalliques, les fils électriques, les revêtements de maisons ou des enjoliveurs de roues ayant terminé leur cycle de vie économique) où de nouveaux rebuts (des retailles et autres résidus résultant de la production d'aluminium primaire, de produits laminés, tréfilés ou moulés à base d'aluminium, ou encore la transformation de ces produits semi-ouvrés en produits finis). Même si plusieurs raisons expliquent l'attraction de certains utilisateurs en faveur de l'aluminium secondaire (la technologie de production apparaît plus simple, moins coûteuse et moins nocive pour l'environnement : le recyclage des vieux rebuts réduit le taux d'utilisation des ressources non renouvelables et réduit la dépendance des pays faiblement dotés en ressources minières par rapport aux importations étrangères), son principal avantage demeure sa consommation relativement faible d'énergie. En effet, 1 tonne d'aluminium produite selon la filière secondaire nécessite à peine 5 % de l'énergie nécessaire pour la production d'un volume équivalent selon la filière classique. De plus, le métal obtenu à partir du recyclage de nouveaux et vieux rebuts se révèle un bon substitut du métal primaire lorsque les deux possèdent la même teneur en aluminium et en métaux d'addition.

La consommation mondiale d'aluminium secondaire s'élevait en 1960 à un peu plus de 850 000 tonnes, soit environ 21% de la consommation totale d'aluminium des pays occidentaux. Le TABLEAU II-6 (ANNEXE 34) montre que cette consommation a frôlé les 6 millions de tonnes en 1991, ce volume de consommation correspondait au quart de la consommation totale d'aluminium de cette époque. Aujourd'hui, il existe peu de sources publiant les données globales concernant la consommation d'aluminium secondaire, mais les données du TABLEAU II-7 (ANNEXE 35) montrent qu'à eux seuls, l'Europe des 27, les Etats-Unis, le Japon et la Chine ont une production supérieure 13 millions de tonnes en 2005. On estime aujourd'hui à 32% la part de consommation d'aluminium secondaire dans la consommation totale mondiale d'aluminium.

Le recours croissant à l'utilisation d'aluminium secondaire contribue certainement à un ajustement vers le bas du prix de l'aluminium. Autrement dit, les prix de l'aluminium seraient donc nettement plus élevés aujourd'hui en l'absence de l'aluminium secondaire.

C – L'importance relative des produits de substitution à l'aluminium

En dehors de l'aluminium secondaire, l'alternative offerte aux utilisateurs d'aluminium primaire se trouve dans les divers substituts à l'aluminium. Ces substituts limitent en fait le pouvoir de marché susceptible d'être exercé par le groupe des producteurs d'aluminium. En effet, une hausse du prix de l'aluminium peut entraîner une réduction importante en pourcentage des quantités vendues, compte tenu de l'accroissement de l'élasticité - prix de la demande d'aluminium du fait de la présence de ces produits de substitution dont nous avons fait l'hypothèse. Cela peut entraîner une atrophie des recettes des producteurs d'aluminium et un rétrécissement de leurs marges bénéficiaires.

La guerre de tranchées que se livrent les producteurs de métaux et de matériaux a aussi été fortement ressentie dans le domaine du transport. Ici, la performance de l'aluminium qui a vu sa part du poids d'une voiture moyenne tripler au cours des trois dernières décennies au détriment du fer et de l'acier, a été éclipsée par celle encore plus fulgurante des plastiques et des produits composites. En effet, le volume utilisé de ces derniers s'avérerait à la fin des années 80 être de 5 à 10 fois selon les pays, supérieur à celui enregistré au début des années 60. En fait, on observe que la percée de l'aluminium dans cette industrie s'est surtout déroulée entre

1960 et 1980. Depuis lors, plusieurs pièces autrefois fabriquées en aluminium (la calandre, les pare-chocs, le plancher du coffre à bagages, des pièces du moteur ou encore les parures extérieures) le sont maintenant en produits composites ou en matière plastique.

Les industries de la construction et des produits électriques et électroniques ne sont pas exemptes de cette rivalité inter métaux et intra matériaux. Dans le premier cas, l'aluminium subit la concurrence du vinyle et du bois, eux aussi intéressés à dominer le lucratif marché du revêtement résidentiel. Dans le cas des produits électriques et électroniques, la part de marché détenue par l'aluminium accuse un recul assez soutenu après ses retentissants succès du début des années 70, lorsque l'aluminium a remplacé le cuivre dans la fabrication des lignes surélevées de transmission électrique. La substitution s'est révélée ici aussi bien physique (le remplacement de l'aluminium par le plastique dans la fabrication de châssis pour ordinateurs) que quantitative (la miniaturisation des produits électroniques a réduit la consommation d'aluminium par unité produite).

On le constate, même si l'aluminium a été capable au cours de la période 1950 - 1975 de se substituer à l'acier, au cuivre, au bois ou encore au verre au niveau des divers domaines d'utilisation de ces matériaux, les producteurs de ces derniers ont pu dans plusieurs cas soutenir la concurrence et même reconquérir sous diverses formes des marchés auparavant perdus au profit de l'aluminium. Diverses matières plastiques, ainsi que produits composites sont venues dans leur cas contester la part de marché détenue par l'aluminium.

Comme le fait remarquer NAPPI (1994) : « Dans le cas de l'aluminium, on peut affirmer que durant les 75 premières années de son existence, il s'est avéré un substitut coriace et persévérant face à ses concurrents. Depuis une trentaine d'années, ces derniers lui rendent la politesse ». La présence de ces produits de substitution a certainement joué un rôle modérateur sur la hausse des prix de l'aluminium en pesant sur la demande de ce métal. Les aluminiers menacés par la concurrence des produits de substitution sont en effet peu enclins à exiger des prix plus élevés pour leur production.

Paragraphe 3 : L'analyse de la stratégie d'intégration verticale caractéristique de l'industrie de l'aluminium

Le nombre de sociétés dans une industrie, leur degré de concentration et la présence de groupes de firmes partageant des caractéristiques communes et la distance stratégique qui les

sépare s'avèrent une condition nécessaire mais non suffisante pour observer un niveau donné de concurrence dans une industrie, et donc une faible capacité des firmes en place à coordonner leurs politiques de prix et de production. D'autres déterminants doivent aussi être considérés tel que par exemple le niveau de l'intégration verticale caractérisant l'ensemble de la filière de production. Cette caractéristique de l'intégration verticale est historiquement très marquée dans l'industrie de l'aluminium. Il convient d'en présenter les motivations et l'évolution aujourd'hui, puis d'en déterminer l'impact au niveau concurrentiel.

A- Les motivations de l'intégration en amont dans l'industrie de l'aluminium

Les professionnels de l'aluminium pensent que la principale motivation de l'intégration en amont dans l'industrie de l'aluminium est avant tout d'obtenir des rentes (concessions) de bauxite et d'énergie (hydraulique) qui placent les groupes ainsi intégrés à l'abri des incertitudes du marché. L'analyse suivante à ce propos est de STUCKEY (1983)

a - Définition : Selon Stuckey une firme est définie comme étant verticalement intégrée en amont, quand elle a des intérêts de propriété en termes de participation financière directe, ou indirecte dans 2 ou 3 niveaux de production en amont d'elle.

b - Les diverses motivations de l'intégration en amont

Les évidences montrent que l'industrie de l'aluminium est encore hautement intégrée en amont.

- Une explication majeure de cette situation découle de l'hétérogénéité minérale de la bauxite et de l'alumine¹⁰. En effet, la bauxite d'un site minier particulier a des caractéristiques chimiques et physiques uniques et suffisamment différentes des autres bauxites pour exiger des méthodes de raffinage spécifiques. Dans le cas extrême, une mine de bauxite unique et la raffinerie d'alumine qui lui est associée représentent un monopole bilatéral sur le marché. Cette mine de bauxite n'a qu'un débouché possible. Les problèmes de marchandage qui

¹⁰

On peut aussi raisonnablement penser, contrairement à J. Stuckey, que ce n'est pas seulement un problème d'hétérogénéité, mais que c'est surtout un problème de marché. L'intégration en amont vers la mine met le producteur de lingots à l'abri des fluctuations des prix de la bauxite et de l'alumine, et le fait bénéficier de la rente minière et énergétique.

surgissent inévitablement sous un monopole bilatéral, peuvent être évités par une propriété commune de la mine et de la raffinerie ou par une intégration verticale.

- La deuxième explication de l'intégration en amont est la segmentation du marché de l'alumine. L'alumine est à l'instar de la bauxite un bien hétérogène. Son degré d'hétérogénéité est moindre, mais il a pour effet de fractionner le marché en plusieurs segments entre lesquels la substitution n'est pas parfaite. La principale division répartit le marché en deux segments : le segment de l'alumine « fluente » (*sandy alumina*) et le segment de l'alumine « plâtreuse » (*floury alumina*). La substituabilité entre les deux est très faible. À l'intérieur de chaque segment, les alumines sont quasiment identiques, mais des différences mineures empêchent la substitution¹¹.

Pour résumer, si le marché de la bauxite fonctionnait comme un ensemble de monopoles et d'oligopoles bilatéraux, les mineurs et les raffineurs indépendants seraient confrontés à de fréquents et coûteux marchandages et courraient continuellement des risques financiers de se voir imposer les prix par leurs partenaires bilatéraux. Pour éviter les problèmes associés à la confiance par rapport au monopole et oligopoles bilatéraux et notamment éviter un comportement opportuniste des miniers, les firmes sont obligées d'utiliser les mécanismes d'intégration verticale ou encore leurs alternatives tels que les contrats à long terme où l'intégration via les joint-ventures.

- Enfin, l'intégration peut être avantageuse pour les firmes présentes dans le secteur de l'aluminium, car elle maintient hautes les barrières à l'entrée et par conséquent restreint l'entrée dans le secteur. Mais l'intégration à ces conditions est anticompetitive et pas dans l'intérêt du public.

L'incitation pour l'intégration en amont est très forte dans l'industrie de l'aluminium. En effet, la plupart des firmes sont restées intégrées au plan minier, du raffinage et de la fonderie et ont donc approximativement des capacités équilibrées à ces trois niveaux. Celles des firmes qui n'ont pas une intégration complète et équilibrée en amont développent des stratégies pour aller dans ce sens. Le seul groupe stratégique significatif de firmes à qui ce constat ne semble pas s'appliquer est le groupe des entreprises d'État.

¹¹ Mais aujourd'hui, l'électrolyse peut ajuster son fonctionnement et s'adapter

B- Les motivations de l'intégration en aval dans l'industrie de l'aluminium.

a- Le champ de l'intégration en aval dans l'industrie de l'aluminium

L'intégration verticale dans l'industrie de l'aluminium s'étend au-delà de l'intégration des activités minières, des raffineries d'alumine et des fonderies d'aluminium. Les opérations de la plupart des firmes embrassent aussi la production de produits manufacturés telles que les feuilles d'aluminium, le papier aluminium utilisé en cuisine, les tubes en aluminium etc.

Pourquoi les producteurs d'aluminium optent-ils pour le modèle d'intégration en aval ?

Selon John Stuckey, quatre explications peuvent être identifiées pour justifier l'intégration vers l'aval dans l'industrie de l'aluminium.

- Premièrement, les producteurs d'aluminium primaire s'intègrent en aval pour développer le marché de nouvelles applications de l'aluminium. L'intégration vers des activités de produits manufacturés a souvent été nécessaire au développement de marchés nouveaux de produits finis et ce genre d'intégration est socialement désirable.

- Deuxièmement, les producteurs d'aluminium s'intègrent en aval pour pouvoir pratiquer une discrimination de prix sur l'aluminium primaire. Dans son étude sur le monopole de l'aluminium d'Alcoa sur secteur de l'aluminium aux États-Unis avant la deuxième guerre mondiale, WALLACE (1937) concluait qu'Alcoa avait pratiqué la discrimination de prix à travers de nombreuses industries utilisant l'aluminium primaire, une stratégie rendue possible par son intégration en aval.

- Troisièmement, pour certaines lignes de produits, notamment dans le papier d'aluminium ménager ou les ustensiles de cuisine, des rentes liées à la différenciation des produits existent et peuvent être acquises par les producteurs d'aluminium primaire ; l'internalisation de ces rentes exige l'intégration en aval

C – Les effets des stratégies d'intégration verticale dans l'aluminium sur la concurrence

L'intégration verticale des activités bauxite – alumine - aluminium par les entreprises du secteur de l'aluminium peut être mesurée dans le temps. On observe alors une évolution à ce sujet qui confirme les transformations structurelles du secteur de l'aluminium et un changement de mentalité et d'optique des professionnels de l'aluminium sur la question de l'intégration verticale.

1 – L'impact concurrentiel de l'intégration verticale dans l'industrie de l'aluminium

Le TABLEAU II-1 (ANNEXE 27) montre que les 6 sociétés majeures étaient toutes fortement intégrées en amont à la fin des années 80. Les autres grandes sociétés ne l'étaient, pas à l'exception de Comalco qui avait amorcé une intégration dans l'extraction de bauxite et la production d'alumine. Ce tableau montre que l'intégration en amont est depuis très longtemps une caractéristique importante de l'industrie de l'aluminium. En effet, on se rend compte qu'à la fin des années 80, 8 sociétés contrôlant environ la moitié de la capacité mondiale totale de production de l'aluminium exerçaient aussi un contrôle de plus de 60% de la capacité de production de bauxite et environ les trois quarts de celle d'alumine.

Le TABLEAU II-8 (ANNEXE 38) montre que les grandes entreprises de l'industrie de l'aluminium restent aujourd'hui très intégrées en amont.

Nous avons expliqué plus haut les raisons qui poussent à l'intégration en amont et en aval. Quelles sont les conséquences de cette intégration sur les prix ?

L'intégration verticale des opérations de production de l'aluminium et de biens ouvrés ou semi-ouvrés à base de ce métal s'avère une caractéristique de base de l'industrie internationale de l'aluminium. Nous montrerons plus loin que la tendance aujourd'hui est plutôt à la désintégration en aval. Mais il ne fait aucun doute que l'intégration verticale limite du moins en théorie la concurrence effective que l'on peut observer dans le secteur de l'aluminium. Pourtant l'intégration verticale fort présente dans cette industrie n'a pas empêché le recul du degré de concentration, ni l'apparition de nouvelles sociétés ou de nouveaux groupes stratégiques. Il s'avère dorénavant plus difficile pour un producteur ou une association d'entre eux de contrôler d'une façon substantielle et durable le prix de l'aluminium.

Par contre, sans cette intégration verticale, le degré de concurrence effective dans l'industrie internationale de l'aluminium serait aujourd'hui plus substantiel et aussi significatif que celui observé dans les industries du cuivre, du plomb ou de l'étain.

2 – Une nouvelle appréhension de la stratégie d'intégration verticale dans l'industrie de l'aluminium.

L'analyse structurelle du secteur de l'aluminium montre que la concurrence s'est accrue, que l'accroissement de la consommation d'aluminium de seconde fusion et l'importance prise par les produits de substitution à l'aluminium ont eu tendance à augmenter la sensibilité de la demande d'aluminium au prix. On se rend aussi compte que l'intégration verticale reste une caractéristique majeure du secteur de l'aluminium, même si l'intégration en amont est préférée à celle en aval. Cette intégration jouerait dans le sens d'une moindre concurrence.

Tous ces éléments qui influent sur l'offre et la demande des entreprises du secteur de l'aluminium, doivent être complétés par l'étude du rôle déterminant joué par l'industrie de l'aluminium et l'économie chinoises dans le soutien de l'offre et la demande mondiale d'aluminium.

La demande chinoise d'aluminium a permis à l'industrie mondiale de l'aluminium de sortir de l'atrophie dans laquelle elle se trouvait depuis les années 70. En effet le taux de croissance de la production était passé de presque 10% par an pendant les 30 glorieuses à 1,5% seulement après 1970. Aujourd'hui, grâce à la demande chinoise notamment, le taux de croissance de la production mondiale d'aluminium se situe autour de 7% par an. Il faut donc examiner les facteurs qui en Chine expliquent ce dynamisme et dresser les perspectives de cette industrie chinoise ; ces perspectives concernent forcément l'avenir de l'industrie mondiale de l'aluminium.

Paragraphe 4 : La place centrale de la Chine dans l'industrie mondiale de l'aluminium

Le cadre macro-économique décrit plus haut explique pourquoi la consommation d'aluminium de la Chine a continué à croître à un rythme rapide au cours des dernières années. En Chine comme partout ailleurs dans le monde, l'activité industrielle est le principal moteur de la demande d'aluminium. Du côté de la production d'aluminium chinoise cependant, la hausse importante du coût de l'alumine, l'écart grandissant entre la production d'énergie et les besoins énergétiques de nombreuses provinces productrices d'aluminium ont

eu un effet négatif sur les coûts de l'électrolyse. La production d'aluminium a continué d'augmenter, mais à un rythme plus lent que ne l'avaient prévu certains analystes au milieu des années 2002.

Nous analysons ici les principales composantes de l'industrie de l'aluminium chinoise

A – La production chinoise de bauxite et l'alumine

- La Chine possède de vastes gisements de bauxite, mais dont le traitement coûte cher à cause de leur piètre qualité. La Chine a développé un procédé de frittage à la chaux sodée, qui utilise plus d'énergie et de plus grandes quantités de soude par tonne d'alumine produite que ce n'est le cas dans une usine occidentale type.

- La Chine n'exporte pas de bauxite métallurgique. La plus grande partie de la bauxite chinoise est fournie par Chalco, la société d'État du secteur de l'aluminium qui possède toutes les usines d'alumine du pays.

- En 2005, Chalco a utilisé plus de 10 millions de tonnes de bauxite chinoise. Environ 40 % de cette bauxite provenaient des mines appartenant à Chalco, à un coût estimatif de 19 \$ US par tonne. Cependant, Chalco achète 60 % de sa bauxite à des mines locales ne lui appartenant pas, afin de profiter de coûts moins élevés (environ 10 \$ par tonne) et d'une meilleure qualité. Enfin, les importations de bauxite constituent pour Chalco une autre source d'approvisionnement. En 2005, les importations de bauxite totale de Chalco se sont élevées à plus de 700 000 tonnes.

- La Chine est le deuxième producteur et le plus grand consommateur d'alumine du monde, avec une production de plus 6 millions de tonnes en 2005. Elle se situe derrière l'Australie (plus de 17 millions de tonnes), mais devant les États-Unis (environ 5 millions de tonnes). À titre de comparaison, cette production d'alumine n'atteignait que 2,2 millions de tonnes en 1995, soit un taux de croissance annuel de 13,6 %.

- La production d'alumine de la Chine se répartit entre six usines qui toutes appartiennent à Chalco et sont exploitées par elle.

- Selon le modèle des coûts de l'alumine du cabinet international *Commodities Research Unit* (CRU), les coûts d'exploitation totaux de la plupart des usines d'alumine de Chine sont supérieurs à la moyenne mondiale qui s'établit à 151 \$ par tonne. Ces coûts d'exploitation de l'alumine en Chine restent toutefois inférieurs au prix contractuel de l'alumine à long terme.

- En raison de l'écart substantiel entre le prix et les coûts de production de l'alumine, Chalco est actuellement engagé dans au moins cinq projets d'expansion qui devraient ajouter en tout 3 millions de tonnes à sa capacité actuelle de production d'alumine. L'ensemble de ces projets d'extension devrait amener la capacité de production d'alumine de la Chine à près de 8 millions de tonnes en 2007, alors que les besoins en alumine sont censés dépasser le niveau de 16 millions de tonnes à cette date. L'écart substantiel entre la production d'alumine du pays et les exigences nationales continuera d'être comblé par les importations. Il faut également noter que les producteurs d'alumine chinois bénéficient d'une protection douanière face aux importations étrangères. Les droits sur les importations ont cependant été réduits de 18 % en 2001 à 12 % l'année suivante puis à 10 % en 2003, cette diminution étant une condition d'adhésion à l'organisation mondiale du commerce (OMC). Une réduction additionnelle de 8% a été effectuée en 2004, ce qui a stimulé encore davantage les importations d'alumine. Les importations d'alumine de la Chine ne se chiffraient qu'à 1,1 million de tonnes en 1998, elles ont dépassé les 8 millions de tonnes en 2005, soit une hausse annuelle de plus de 22%. Ainsi, environ 50 % des besoins en alumine de la Chine sont maintenant comblés par des importations. L'Australie reste le principal fournisseur (73 %) suivie de l'Inde (10%), la Jamaïque et le Venezuela.

En résumé, l'offre d'alumine de la Chine restera insuffisante pour répondre aux besoins nationaux au cours des années à venir. Les importations d'alumine comblent déjà environ la moitié des besoins et ont atteint les 8 millions de tonnes en 2005. La pénurie d'alumine en Chine est bien une préoccupation de long terme. Si les usines d'électrolyse chinoises ne réussissent pas à signer des contrats d'approvisionnement sur plusieurs années et/ou à acquérir des participations dans les pays qui produisent de l'alumine à faible coût, elles devront continuer à se procurer de grandes quantités d'alumine sur le marché libre. Cela exercera des pressions additionnelles sur le prix au comptant et sur les prix contractuels de l'alumine.

B- La production chinoise d'aluminium de première fusion

La production d'aluminium de première fusion de la Chine a atteint 7,806 millions de tonnes en 2005. Le secteur de l'aluminium chinois est non seulement plus important mais aussi beaucoup plus moderne qu'il y a à peine quelques années. Plus de 80 % des installations utilisent la technologie des anodes précuites, alors que seulement 20 % de la capacité existante totale de la Chine reste concentrée dans de petites usines d'électrolyse à goujons horizontaux de technologie Soderberg¹². Pour replacer la situation chinoise dans le contexte mondial, on compte pour environ deux fois plus d'installations de type Soderberg dans le monde occidental et en Russie qu'en Chine.

Durant les quatre dernières années, Chalco qui contrôle déjà toutes les usines d'alumine de la Chine a augmenté sa part dans le secteur de l'aluminium de première fusion. En 2005, le volume de production de Chalco atteignait déjà 2,5 millions de tonnes, soit près du tiers du total d'aluminium produit en Chine.

Les coûts d'exploitation totaux des usines de Chalco se situaient dans la partie supérieure de la courbe d'exploitation préparée par CRU pour l'année 2002. Les autres usines chinoises se situaient plus haut sur cette courbe en raison surtout des coûts élevés de l'alumine et de l'énergie. Cependant, même si les usines chinoises ont des coûts d'exploitation totaux supérieurs à la moyenne mondiale, ces coûts restent comparables aux prix LME 3 mois des deux dernières années.

- Rétrospectivement, on se rend compte que la production d'aluminium en Chine en 1995 qui était de 1,97 millions de tonnes, a augmenté au cours des 10 dernières années à un rythme annuel de 13 %. Ce taux de croissance annuel était inférieur à 9 % jusqu'en 2000, puis il a explosé au cours des 5 dernières années. Au cours de cette même période comprise entre 1995 et 2005, la production mondiale d'aluminium primaire a augmenté de plus de 8 millions

¹²

Les anodes Soderberg sont des anodes à auto-cuisson mises au point pour les cuves d'électrolyse de l'aluminium dans les années 1930-1940 dont la version 100 000 ampères installée à Saint-Jean-de-Maurienne à 1952 a apporté un réel progrès par rapport aux cuves à anodes précuite de l'époque ; il s'est largement développé de par le monde. Mais l'amélioration de cuves à anodes précuite dans les années 1960-1970 leur faire reprendre l'avantage, non seulement à en termes de performances techniques, mais aussi pour des raisons de conditions de travail et de pollutions atmosphériques. Dans les années 1980 les cuves Soderberg ont été progressivement remplacées par des cuves à anodes précuites. Pechiney a arrêté ses dernières séries Soderberg en 1991.

Réponse de M. Maurice La parra Président l'institut pour l'histoire l'aluminium (IHA) le 28102007.

de tonnes. 40% de l'augmentation nette totale de la production mondiale de cette période a eu lieu en Chine. En 2002, la Chine était devenue le plus grand producteur d'aluminium au monde représentant déjà à cette époque 17 % de la production mondiale. Elle a donc devancé de beaucoup la Russie (13%), le Canada (13 %) et les États-Unis (10 %), et sa croissance se poursuit

Le « grand bond en avant » de la production d'aluminium chinoise au cours des 5 dernières années est attribuable à un certain nombre de facteurs :

- Les prêts sans intérêts visant à développer l'infrastructure économique du pays et à encourager la modernisation de l'équipement par des améliorations technologiques et les extensions de capacité

- Les prêts et subventions avantageux accordés par les autorités provinciales et locales pour stimuler l'emploi à l'échelle locale ;

- La disponibilité d'énergie bon marché de centrales « captives »

- Les prix de l'alumine peu élevés entre août 2000 et décembre 2002

- La baisse des dépenses en immobilisation par tonne des nouvelles capacités (1500 \$ à 2000 \$ par tonne comparativement à 4000 \$ -4500 \$ par tonne en Occident)

- L'intégration en aval d'un certain nombre de centrales électriques

- La protection douanière par des droits d'importation a été de 9 % jusqu'en janvier 2000 et de plus de 5 % par la suite.

- Une réduction de 15 % de la TVA sur le métal exporté jusqu'en janvier 2004 ce qui a encouragé la construction d'usines d'électrolyse axées sur le marché externe.

- Enfin, des investissements massifs du gouvernement chinois dans l'infrastructure, l'urbanisation rapide de la Chine et la très forte baisse des droits d'importation ont ouvert la porte à une énorme demande d'aluminium refoulée et ont encouragé la production nationale.

En résumé, concernant la production chinoise d'aluminium, la capacité de production d'aluminium de première fusion de la Chine a dépassé les 7 millions et demi de tonnes en 2005. Environ la moitié de cette capacité provient de 15 usines d'électrolyse produisant plus de 100 000 tonnes par an chacune. Le reste de l'industrie est très fragmenté (95 usines en 2005). Toutes les usines d'électrolyse chinoises ont des coûts d'exploitation totaux qui dépassent la moyenne mondiale, car leurs avantages sur le plan des coûts de la main-d'œuvre et du carbone sont entièrement annulés par les désavantages considérables sur le plan des coûts de l'énergie et de l'alumine. La Chine toutefois, a des coûts d'investissement beaucoup moins élevés que ceux du monde occidental. C'est pourquoi la production d'aluminium du pays a triplé au cours des 10 dernières années, sous l'impulsion d'une demande intérieure vigoureuse et d'un prix de l'aluminium élevé à l'échelle nationale. La dépendance de la Chine à l'égard du marché au comptant de l'alumine et la hausse des coûts énergétiques devraient cependant ralentir le taux de croissance de la production dans les prochaines années et contribuer à stabiliser les cours mondiaux d'aluminium.

Concernant l'énergie, la Chine est le deuxième producteur d'énergie au monde, mais l'augmentation de la demande dépasse l'accroissement de la capacité. Ainsi, même si certaines usines d'électrolyse bénéficiant d'importantes économies d'échelle et pouvant compter sur leurs propres sources d'énergie ont des coûts énergétiques comparables à la moyenne mondiale (19 \$ par mégawatts heure), ce n'est absolument pas le cas pour l'usine chinoise type. Le coût de l'électricité achetée au réseau national par les usines d'électrolyse varie entre 40 \$ et 43 \$ par mégawatts heure en Chine. En outre, comme les réseaux d'électricité chinois sont de plus en plus interreliés, d'autres marchés vont se développer pour une grande partie de l'énergie captive actuellement utilisée dans la production d'aluminium. Cela aura pour effet, d'augmenter davantage le « coût d'opportunité » de l'énergie et de ralentir la croissance de la production de métal en Chine.

C – La consommation d'aluminium en Chine

La consommation de l'aluminium de première fusion de la Chine est restée inférieure à 2 millions de tonnes jusqu'en 1995. Elle a ensuite remonté à un rythme annuel de 12 % pour atteindre 7,10 millions de tonnes en 2005 ; en 2006, la consommation a été de 8,670 millions de tonnes, la consommation pour 2007 était de 10,8 millions de tonnes sur un total mondial de

37 millions de tonnes. La Chine est aujourd'hui le plus grand consommateur d'aluminium primaire du monde devant les États-Unis, le Japon et l'Allemagne. Comme la consommation mondiale d'aluminium de première fusion a augmenté à un rythme annuel de 3 % au cours de ces dernières années, la Chine a contribué pour plus de 50 % à croissance de la consommation mondiale d'aluminium entre 1995 et 2005.

Si l'on inclut l'aluminium de deuxième fusion, la consommation d'aluminium totale de la Chine dépasse les 12 millions de tonnes en 2005. La FIGURE II-13 (ANNEXE 41) compare les consommations d'aluminium de la Chine et de l'Occident selon les marchés utilisateurs. Les résultats de cette comparaison sont contrastés : le bâtiment et la construction (31 %), les produits électriques (13%) et les biens de consommation durables (10 %) sont des marchés utilisateurs plus importants en Chine qu'en Occident. C'est l'inverse pour le transport (14 %) et les canettes et autres emballages (7 %). Cependant, les livraisons au secteur des transports de la Chine augmentent à un rythme très soutenu.

Le dynamisme de la consommation est essentiel, car c'est lui qui détermine le niveau de l'offre et donc celui des prix. Dans le cas de la Chine, malgré les problèmes de rareté relative de l'alumine et de l'énergie électrique signalés plus haut, les cours seront encore pendant longtemps soutenus par une consommation forte. Rappelons que la consommation moyenne annuelle par habitant d'aluminium de la Chine est aujourd'hui inférieure à 5 kg, contre plus de 20 kg pour un français ou un américain, la marge de progression reste donc forte et le niveau des prix en sera forcément encore longtemps influencé.

D- Le commerce extérieur chinois d'aluminium

Comme il a été signalé plus haut, la Chine est un importateur net d'alumine. Les importations d'alumine ont en effet dépassé les 8 millions de tonnes en 2005. La Chine dépend des marchés étrangers non seulement pour combler l'écart entre la demande et l'offre d'alumine, mais aussi pour répondre à ses besoins excédentaires de rebuts et de produits semi-transformés. Dans le cas du métal brut (aluminium primaire et alliages), la Chine a été un importateur net jusqu'en 2001. Ainsi même si elle est devenue un exportateur net de métal en 2003 et elle le restera probablement encore quelques années, elle continue d'être un

importateur majeur d'unités d'aluminium totales (métal brut, rebuts et produits semi-transformés).

La dépendance de la Chine à l'égard des marchés étrangers est encore plus évidente lorsque l'on prend en considération la hausse de ses importations d'alumine. La croissance économique soutenue et les déficits de l'offre intérieure d'alumine, de rebuts et de produits semi-transformés vont continuer à stimuler les importations chinoises d'unités de métal additionnel. Dans le cas des rebuts, la dépendance continue de la Chine à l'égard des marchés occidentaux exercera des pressions à la hausse sur le prix de l'aluminium de deuxième fusion, ce qui encouragera les consommateurs de rebuts à remplacer l'aluminium recyclé par de l'aluminium de première fusion. Il s'agit d'un facteur positif pour le marché de l'aluminium primaire.

Le service des études économiques de Rio-tinto Alcan prévoit que la production d'aluminium de la Chine dépasse les 10 millions de tonnes par an vers la fin de la décennie. Il est aussi prévu que le taux de croissance annuel de la production passe de 16 % en 2005 à 8% en 2010.

La plupart des analystes sont convaincus que la Chine continuera de contribuer de façon importante et même déterminante à la croissance de la demande dans l'industrie de l'aluminium et qu'elle n'aura pas selon toute vraisemblance un rôle perturbateur.

CONCLUSION DU CHAPITRE 1

La production d'aluminium, après avoir connu une croissance exceptionnelle avant les deux chocs pétroliers, a connu une décélération de croissance du milieu des années 70 au début des années 90 ; la crise économique n'explique qu'une partie de cette atrophie de la production, l'autre explication se trouvant dans les éléments structurels propres à l'industrie de l'aluminium, aux marchés des métaux et de leurs substituts.

Dans l'industrie de l'aluminium, de nombreux facteurs influencent l'offre et la demande de bauxite, d'alumine ou d'aluminium et par conséquent le niveau de prix de ces produits. Certains facteurs tels que le coût de l'énergie ou les coûts liés à la protection de l'environnement contre les effets polluants de la production d'alumine ou d'aluminium sont potentiellement réducteurs de l'offre de métal et donc sources de hausse des prix. D'autres facteurs, tels que le déplacement des centres de production de bauxite, d'alumine ou d'aluminium vers les pays du tiers monde, ou en encore l'augmentation du nombre d'acteurs dans la filière aluminium, ont au contraire élargi les possibilités d'offre et ont donc eu en principe un effet baissier sur le niveau des prix.

Par ailleurs, entre 1970 et le milieu des années 90, la faible croissance des ventes d'aluminium a miné la capacité des firmes à faire preuve de cohésion dans la détermination d'une politique de prix et de production.

Enfin, la valeur de l'élasticité prix de la demande d'aluminium a certainement augmenté, bien que nous n'ayons pas trouvé d'études récentes actualisant les conclusions dans ce sens de PYNDYCK 1977, WOODS et BURROWS 1980, FISHER et OWEN 1981 etc. ; car un plus grand nombre d'alternatives (Aluminium secondaire, Produits de substitution, importations) s'offrent aujourd'hui aux consommateurs d'aluminium.

Seul le fort degré d'intégration verticale des plus grandes firmes productrices d'aluminium empêche le degré de concurrence observé dans l'aluminium de se comparer à celui noté dans les industries du cuivre, de l'étain ou du plomb.

En se concentrant sur les 25 dernières années, on a observé l'émergence de quatre caractéristiques essentielles dans l'industrie de l'aluminium.

La part de la Chine dans la production mondiale d'aluminium primaire est passée de 12 % en 1980 à 24 % en 2005. Celle des États-Unis a chuté de 29 % à seulement 8 % de la production mondiale dans la même période, ceci est la conséquence de l'absence aux États-Unis de nouveaux projets d'entreprise d'électrolyse depuis 1979. La part de l'Europe est passée de 22% à 14 % au cours de la même période. La deuxième caractéristique importante est l'émergence d'un nouveau géant au niveau de la consommation totale d'aluminium et au niveau des principaux secteurs d'utilisation. En ce qui concerne la consommation totale, le nouveau géant est bien sûr la Chine avec une part de marché d'environ 23 %. La Chine est devenue le premier consommateur mondial d'aluminium devant les États-Unis. La troisième caractéristique majeure a été une diminution marquée du taux de concentration industrielle. Il y a plus de concurrence aujourd'hui qu'il y a 25 ans. Le nombre de firmes est passé d'une demi-douzaine à plusieurs dizaines de sociétés. De ce fait, le nombre de groupes stratégiques a triplé empêchant l'exercice de tout pouvoir de marché par les grandes firmes comme cela était le cas avant les années 70. La quatrième caractéristique de l'industrie de l'aluminium a été la baisse tendancielle des prix réels du métal, une caractéristique commune aux autres minerais et métaux. Même si les prix ont augmenté à un taux annuel d'environ 2,5 % pendant les 25 dernières années, cette hausse a été inférieure au taux d'inflation durant la même période. En conséquence le prix réel, ou déflaté a diminué d'environ 1 % par année durant cette période.

NAPPI (2006) a esquissé en trois principaux points les prévisions d'évolution suivantes concernant l'industrie de l'aluminium.

Premièrement, l'industrie de l'aluminium a bénéficié au cours de la dernière décennie d'un taux de croissance de la consommation d'aluminium de 5 % par an. Ce taux s'établissait à environ 3 % jusqu'à l'émergence de la Chine comme principal centre de consommation de l'aluminium.

Deuxième point, on entrevoit une contribution croissante du métal recyclé. Celui-ci représentait en 1960 environ 21 % de la consommation d'aluminium. Aujourd'hui sa part dépasse les 30 % et devrait atteindre le cap de 40 % peu après 2020.

Troisièmement, Nappi entrevoit une certaine stabilisation des prix réels de l'aluminium au cours de la période 2006-2020. Essentiellement à cause de la hausse anticipée des coûts énergétiques, due cette fois-ci non pas à un manque d'offre comme dans les années 80 mais plutôt liée à une demande sans cesse croissante de la Chine et éventuellement d'autres pays émergents.

Depuis 1978, les prix de l'aluminium sont négociés au London Metal Exchange. Nous étudions dans le chapitre suivant l'organisation et le fonctionnement spécifiques de ce marché de référence au niveau mondial pour l'aluminium en particulier et les métaux non-ferreux en général.

CHAPITRE 2

L'ORGANISATION ET LE FONCTIONNEMENT DES MARCHES A TERME DE L'ALUMINIUM
--

INTRODUCTION

Les marchés à terme de marchandises sont des marchés financiers qui sont aujourd'hui présents sur les principales places mondiales ; leurs caractéristiques actuelles sont le produit d'une longue évolution commerciale et financière.

Un marché à terme de matières premières ou de marchandises est un marché financier. Ceci implique que les transactions ne portent pas sur des produits physiques mais sur des contrats qui sont des engagements à livrer ou à recevoir des quantités et des qualités standardisées de produits physiques.

L'origine des transactions sur les marchés de contrats à terme (*futures markets*) est à rechercher dans les *forward contracts*, contrats par lesquels un acheteur et un vendeur s'engagent, pour un prix librement débattu au moment de la négociation à acheter ou à vendre de la marchandise qui sera livrée et payée ultérieurement. La pratique des *forward contracts* est établie à partir du 13 mars 1851 sur le marché des céréales de Chicago (CBOT) créé le 3 avril 1848¹³. Ces transactions s'effectuaient directement entre un vendeur et un acheteur de produits physiques. Elles pouvaient également se faire par l'intermédiaire de négociants. Ces derniers achetaient des marchandises aux fermiers, en espérant qu'entre le jour de l'achat et celui de la livraison, la hausse des prix leur donnerait la possibilité de revendre avec profit le grain qu'ils venaient d'acheter. Les mêmes négociants vendaient des céréales qu'ils ne possédaient pas, mais ils s'engageaient à les livrer plus tard, en espérant qu'entre la date de la vente et celle de la livraison, la baisse des prix leur donnerait l'opportunité de les acheter à bon prix et d'obtenir ainsi un profit. Pour ces contrats *forward*, la livraison du bien physique était obligatoire, contrairement à ce qui se passera plus tard pour les contrats *futures*.

Utilisés de manière régulière à Chicago dans le commerce des céréales et à Londres dans celui des métaux, les *forward contracts* n'étaient pas sans présenter des inconvénients.

¹³ Pour l'historique de la naissance des marchés à terme des marchandises, le lecteur peut utilement consulter Georges Gallais-Hamono : « *Les marchés à terme financiers et conditionnels* » cours de Master faculté de Droit Université d'Orléans.

- Les vendeurs et les acheteurs éprouvaient certaines difficultés pour livrer ou prendre livraison de leurs marchandises et pour trouver leurs co-contractants, quand les céréales arrivaient, après la fonte des glaces sur les grands lacs américains.
- La qualité des produits livrés ne correspondait pas toujours aux attentes des acheteurs.
- La date de livraison correspondait rarement à celle qui avait été prévue.
- Il arrivait, enfin, que certaines contreparties fassent défaut.

Pour toutes ces raisons, il est rapidement devenu nécessaire de codifier les contrats commerciaux, de les uniformiser, de les rendre fongibles, pour qu'ils puissent être transmis d'un marchand à l'autre par simple endossement. C'est ainsi que sont apparus, sous l'influence des bourses de commerce, des contrats standardisés prévoyant avec précision, la qualité des produits physiques, leur lieu de livraison, et la quantité négociée. Ces contrats furent échangés sur les bourses de commerce, entre les différents opérateurs, sur ce qui allait progressivement devenir un véritable marché à terme (*futures market*)

La mise au point des contrats standardisés était d'autant plus nécessaire et fut d'autant mieux accueillie, que se développait à Chicago mais surtout à Londres, les premières opérations de couverture contre le risque de prix.

Fruit de cette histoire de la mise au point des contrats « papier », le LME est aujourd'hui, le premier marché mondial pour le commerce des métaux non ferreux. Il assure 95 % des transactions concernant ces métaux de base. Le LME a été créé au 19^{ème} siècle (en 1877), quand le Royaume-Uni s'est mis progressivement à importer des métaux pour compléter sa production puis suppléer à la production de ses propres mines en voie d'épuisement. La majorité des importations concernaient les principaux métaux d'alliage : l'étain de Malaisie et le cuivre des mines nouvellement mises en exploitation au Chili.

La fixation des prix et le commerce des biens étaient à cette époque là hasardeux. Les périodes de vente étaient variables, l'information éparse et le marché informel. Deux facteurs

ont contribué à mettre de l'ordre à cette situation : le développement de la marine à vapeur (associé à l'ouverture du canal de Suez) et l'introduction du télégraphe. Les périodes de vente étaient maintenant devenues plus prévisibles et les informations sur les bateaux et leurs cargaisons pouvaient être reçues avant leur arrivée à Londres. Les commerçants ont investi d'importantes sommes d'argent dans le commerce des métaux et étaient désireux de s'assurer un profit. Les négociants en métaux de Londres commencèrent à se rencontrer dans des cafés de la City. Et particulièrement au « *Jerusalem coffee house* » dans le but de commercer sur les arrivages des futures cargaisons. En cela, le commerce des métaux était déjà le reflet du développement du marché boursier.

Vers 1877, ce commerce est suffisamment développé par les commerçants pour constituer une entreprise : le *Metal Market and Exchange Company* qui se dédie au commerce des métaux. Quelques temps après, les prix résultant de ce commerce sont publiés et les structures fondamentales du LME sont en place. Le marché agit maintenant comme une référence pour la formation des prix, une place où les risques liés aux mouvements des prix peuvent être compensés par la négociation à terme, et une place où le métal physique peut être acheté ou vendu. Ainsi la bourse est créée comme un marché de gestion du risque pour l'industrie des métaux. Quels que soient les changements intervenus dans les années ultérieures, la raison d'être de la bourse reste exactement la même que celle qui a prévalu dans le commerce au « *Jerusalem coffee house* » au 19ème siècle.

Négociier reste partie intégrante du commerce physique des métaux aujourd'hui, depuis que des minerais sont découverts bien loin des zones de consommation majeures de métaux. Le LME apporte par conséquent un service vital à tous ceux qui produisent, stockent, négocient ou consomment des métaux.

C'est à partir de transactions standardisées prévoyant une livraison différée de marchandises que se développèrent les marchés à terme réglementés, dénommés en anglais *Futures markets*. En même temps que s'instauraient ces transactions à terme, les achats et les ventes de produits physiques réalisés dans les bourses de commerce avaient tendance à diminuer et, dans certains cas, à disparaître. Pour SIMON (2001) trois raisons expliquent que les transactions sur les produits physiques s'effectuèrent, et s'effectuent toujours aujourd'hui, en dehors des bourses de commerce :

- La plus évidente tient au développement des moyens de communication. Le téléphone, puis le télex, le fax, Internet et les moyens audiovisuels modernes permettent d'être parfaitement informé sans avoir à se déplacer.
- La concentration du commerce dans les mains de quelques sociétés réduit l'utilité d'une confrontation des offreurs et des demandeurs.
- Les prix à terme résultant de la négociation des contrats donnent aux différentes parties intéressées l'information dont elles ont besoin pour effectuer leurs transactions de produits physiques en dehors des bourses de commerce

La principale fonction attribuée aux marchés à terme est celle de protection contre le risque de fluctuations des prix, mais un certain nombre d'autres fonctions rendent également les marchés à terme intéressants.

Tous les professionnels qui utilisent, produisent et négocient des matières premières sont en permanence soumis au risque de prix. Les marchés à terme fournissent à l'acheteur comme au vendeur d'un produit, un moyen de s'assurer contre les risques de variations de prix. Cette fonction d'assurance apparaît d'ailleurs comme la fonction par excellence des marchés à terme et a depuis longtemps été mise en évidence par KEYNES (1930).

Le marché à terme permet de réaliser une meilleure gestion des stocks. En effet, le niveau des stocks de marchandises détenus par un opérateur va varier en fonction de l'évolution anticipée des cours. Quand l'opérateur prévoit une hausse des prix, il accumule des stocks ; quand il anticipe une baisse, il se débarrasse de ses stocks. La difficulté est de trouver une information fiable sur l'évolution de la relation entre le prix au comptant et le prix à terme, car toute mauvaise prévision peut conduire à des pertes élevées ou à un manque à gagner important. Pour WORKING (1953), cette information est fournie par les marchés à terme. Si elle est combinée avec des opérations de couverture, il est possible d'améliorer la gestion des stocks détenus par les entreprises et les organismes de stockage.

Les marchés à terme, en permettant une diffusion très large des informations gratuites relatives aux prix des matières premières participent à la transparence du prix mondial. Le prix à terme intégrant toutes les informations et les anticipations des agents, il est le meilleur estimateur du prix comptant futur.

SIMON (1986), présente cinq conditions à la viabilité d'un marché à terme. Ce sont des conditions relatives aux caractéristiques du produit négocié, à l'offre et à la demande sur le marché, au prix de la marchandise négociée, à l'organisation du marché à terme et aux spécifications du contrat.

La marchandise servant de base au contrat à terme sur le marché doit être homogène et facilement standardisable ; sinon, la fongibilité requise pour une rapide négociation des contrats fera défaut. Outre cette homogénéité exigée pour le produit, l'offre et la demande doivent être abondantes et non erratiques sur le produit qui soutient le contrat. Ce produit doit aussi faire l'objet de nombreuses transactions avec livraison différée.

Le développement d'un marché dépend de l'éventail des participants à ce marché. En effet, on doit trouver sur le marché des producteurs, des fabricants industriels, des consommateurs, des spéculateurs, de sorte que les acheteurs puissent trouver facilement la contrepartie vendeuse et inversement. De plus, l'offre et la demande doivent être internationales et libres de tout contrôle et de tout monopole de la part des Etats, des producteurs, négociants et consommateurs de façon à refléter avec le plus de précision possible l'état réel de l'offre et de la demande à tout moment.

Les opérations à terme ne peuvent se développer que dans la mesure où ceux qui produisent, stockent, négocient et transforment un bien, ont besoin de se prémunir contre les fluctuations de prix. Elles permettent aux producteurs, transformateurs, utilisateurs et opérateurs de « bloquer » le prix auquel leur produit se paiera à l'avenir.

La liquidité du marché, les coûts de transaction et les impôts de bourse sont des éléments fondamentaux qu'il convient de prendre en compte pour s'assurer de l'accessibilité d'un marché. En effet la facilité d'entrée et de sortie dans un marché est une condition indispensable pour en assurer la survie. Cette fluidité s'apprécie par la faiblesse des coûts de

transaction qui recouvrent les frais de courtage et les commissions lors de l'entrée ou de la sortie du marché. En présence de plusieurs marchés, toutes choses égales par ailleurs, les opérateurs choisiront le marché le plus liquide et qui offre les coûts de transaction les moins coûteux.

Tout contrat à terme qui serait conçu pour satisfaire uniquement des intérêts purement spéculatifs disparaîtrait à plus ou moins brève échéance. En effet, un contrat à terme ne peut se pérenniser que s'il est bien adapté aux besoins des professionnels du bien sous-jacent ou des *hedgers*.

Ce chapitre vérifie si le LME satisfait à ces exigences. Ce chapitre comprend quatre sections. La première section étudie l'organisation du LME, ensuite sont étudiés les contrats aluminium du LME, la 3^e section présente les particularités techniques du LME et enfin, la dernière section présente brièvement les autres marchés à terme négociant l'aluminium dans le monde.

Section 1 : L'organisation hétérodoxe du LME

Le LME est le principal marché à terme spécialisé sur les métaux non ferreux. Sous cet angle, il pourrait être une copie des grands marchés à terme de produits agricoles que sont le Chicago Board of Trade et le Chicago Mercantile Exchange. Il n'en est rien, car, si ses objectifs sont identiques à ceux de ces marchés, son fonctionnement - semble-t-il, pour des raisons historiques- est radicalement différent. C'est ce que les paragraphes qui suivent souhaitent démontrer.

Paragraphe 1 : La finalité « orthodoxe » du LME

Depuis le 1er janvier 2001, la structure du LME est celle d'une société par actions, le *London Metal Exchange Limited*, une entière propriété de LME Holdings Limited. Cette entreprise de holding est actuellement une entreprise privée dont les actionnaires sont les courtiers membres de la bourse, les membres de la chambre de compensation et des commerçants qui ont choisi d'acquérir des actions. Ces membres commerçants sont la seule catégorie de membres qui ne soit pas obligée d'être actionnaire de l'entreprise LME Holding Ltd.

L'objectif du LME est d'apporter des facilités ainsi qu'une structure de gestion et de régulation pour le commerce des métaux non ferreux.

A- Les fonctions du LME

Le LME Limited remplit trois principales fonctions d'un marché à terme qui sont complémentaires :

- créer un marché où les participants essentiellement en rapport avec les industries des métaux non ferreux ont l'opportunité de se couvrir contre les fluctuations des prix des métaux de base.
- fournir au niveau mondial les prix de référence pour la formation des prix des métaux non ferreux de base
- fournir des facilités de stockage pour permettre aux opérateurs de faire ou de prendre livraison physique de métaux de base non ferreux

B - La diversité des membres du LME

Il y a différentes catégories de membres. Avant la réorganisation du LME en 1987, il n'y avait que deux types de membres, les membres opérant autour du « ring »¹⁴ et les autres. Seuls les premiers pouvaient établir les contrats officiels des clients du LME

Le problème crucial d'un marché est d'organiser non seulement la sincérité des négociations, mais aussi - et peut-être surtout - la liquidité du marché. Au LME, le problème de la liquidité est plus sensible encore qu'à Chicago, en raison de l'extraordinaire éloignement dans le temps des maturités (voir ci après). Ce qui explique la présence au LME de cinq catégories de membres, chacune apportant à sa manière de la liquidité, mais ayant des profils de risque différents en relation avec son statut, de membre compensateur (ou non) à la Chambre de compensation.

1- Les « membres du ring » (Ring Dealing Members, RDM) constituent le cœur du système.

Ils jouissent du droit exclusif de négocier -assis- autour de la « corbeille » (*pit*). Ce sont eux qui font surgir les cours d'équilibre des principaux métaux non ferreux servant de référence dans le monde entier.

Sous l'angle de l'organisation matérielle, il faut noter que chaque société de RDM a une place assignée sur la corbeille qui est constituée d'un canapé circulaire de couleur rouge agressif. Cette disposition permet à tout participant de savoir avec quelle société il est en train de négocier. (Cf. figure IV-4 page 112). La seconde partie de la figure IV-4 indique la place assignée aux différentes sociétés membres du ring.

Le nombre de membre du ring a progressivement diminué avec les années et ils sont 12 actuellement. Il s'agit de grandes entreprises soit du négoce des métaux (Exemples : RBS Sempra Commodities, Marex Commodities ou ED & F Man), soit d'institutions financières (Exemples : Natixis, Barclays, Société Générale).

¹⁴ Le ring désigne la salle où se trouve la corbeille, elle a une forme circulaire. Le ring désigne aussi comme nous le verrons plus loin, une des trois méthodes de cotation du LME

- 2- Les « courtiers associés » (Associate Broker Clearing Members, ABCM) sont actuellement au nombre de 27.

Ils ont été introduits pour élargir la base du nombre de membre et la liquidité du marché. Ils négocient les contrats, soit en utilisant la plateforme électronique via LME Select, soit en intervenant sur le marché interne par téléphone. En revanche, ils ne peuvent intervenir sur la corbeille que par l'intermédiaire d'un membre du ring.

Il est important de noter qu'ils ont le privilège d'enregistrer directement auprès de la chambre de compensation, les contrats qu'ils négocient en dehors du ring.

- 3- Les « courtiers associés non- compensateurs (Associate Broker Members, ABM)

Ils peuvent négocier des contrats, mais ils n'ont pas un accès direct à la Chambre de compensation, ce qui les oblige à recourir aux services d'un membre ayant accès à la chambre de compensation. Ceci doit expliquer qu'ils ne soient que cinq actuellement.

- 4 - Les « traders associés compensateurs (Associate Trade Clearing Members, ATCM)

Ils ne peuvent pas négocier des contrats avec des clients et ne font des opérations que pour « compte-propre » de leur société. En d'autres termes ce sont des spéculateurs qui apportent de la liquidité au marché. Ils ont un accès direct à la chambre de compensation. Actuellement, ces traders ne sont qu'au nombre de deux.

- 5 - Mais en termes de liquidité du marché, les ATCM sont suppléés par des « Traders associés non-compensateurs » (Associate Trade Members, ATM)

Comme leur nom l'indique, ils interviennent pour leur propre compte mais doivent passer par une catégorie « compensatrice » pour faire enregistrer leurs contrats. C'est actuellement la catégorie la plus nombreuse, puisqu'ils sont au nombre de quarante.¹⁵

¹⁵ Le numéro de la revue « The ringsider » du LME du 4^e trimestre 2008 consacré à l'aluminium donne la liste nominative des différentes catégories de membres du LME, pages 86 à 90

C - Les principaux clients des membres du LME.

Tout membre du « ring » ou courtier a une liste de clients provenant de plusieurs secteurs de l'industrie des métaux. Les clients types des membres du LME sont : les mines, les fonderies, les laminoirs, les usines d'extrusion, les fabricants, les marchands, les détenteurs en magasins de stocks de métaux, les banques, les fonds d'investissement, les spéculateurs et enfin les compagnies d'énergie.

La majorité de ces clients provient du monde de la production ou de la consommation des métaux, mais il y a des exceptions telles que les banques, les fonds d'investissement et les spéculateurs. La présence de tels opérateurs au LME alimente inévitablement des suspicions dans l'industrie des métaux. Toutes les activités qui provoquent des variations de prix non justifiées par les données fondamentales du marché sont regardées comme se faisant au détriment de la formation de véritables prix de référence. Mais les investisseurs et les spéculateurs apportent la liquidité nécessaire au fonctionnement correct du marché ; même s'ils ont des horizons temporels et des attentes différents des opérateurs impliqués dans le commerce physique des métaux. Les systèmes de régulation et règlement du LME assurent normalement que l'importance de la spéculation ne pourrait pas troubler le marché.

Les banques et les compagnies d'électricité constituent une clientèle particulière pour le LME, dans la mesure où leurs activités ne sont pas directement liées à la production ou au négoce des métaux. Les banques sont impliquées à travers leurs activités de financement. Très souvent, elles refusent d'accorder des prêts aux mines et aux compagnies de métaux si celles-ci ne se protègent pas par des opérations de couverture.

La plupart des grandes banques ont un département de gestion de marchandises pour conseiller leurs clients sur les programmes de couverture. Ce département gère aussi le programme de *hedging* de la banque.

En effet, une banque peut être amenée à se couvrir au LME en raison de prêts spécifiques dans le domaine - entre autre - minier. Par exemple, c'est le cas de prêts pour

ouvrir une nouvelle mine. L'entreprise qui bénéficie d'un tel crédit s'engage à effectuer des paiements courants d'intérêt et de remboursement de l'emprunt. Mais la spécificité de ces paiements est de correspondre à un pourcentage de la production anticipée du métal de la mine, c'est-à-dire que ces paiements sont implicitement indexés sur le prix du métal extrait ; et la banque se trouve dans la situation originale de remplacer un risque financier par un risque de prix (le cours du métal concerné). D'où la nécessité de se couvrir.

Il en est de même pour les compagnies d'électricité qui semblent ne pas avoir de relation avec l'industrie des métaux ; mais des risques inhérents à leur activité sont liés au prix des métaux ; par exemple on peut considérer le cas des compagnies d'électricité procurant de l'énergie aux fondeurs d'aluminium dont la principale composante du coût est le coût de l'énergie. Dans le but d'offrir un service compétitif et de conserver leur part de marché, les entreprises d'électricité ont conçu des contrats pour assister les entreprises d'aluminium en reliant directement le coût de leur électricité au coût moyen de l'aluminium sur le LME. Quand les prix du LME sont bas, la compagnie d'électricité réduit le coût de son énergie. Et inversement, quand les prix du LME sont hauts, la compagnie augmente son prix. La compagnie d'électricité prend effectivement quelques-uns des risques incombant normalement aux fondeurs d'aluminium. Par conséquent, les compagnies d'électricité développent des programmes de *hedging* basés sur le prix de l'aluminium du LME.

Paragraphe 2: La gouvernance et la régulation du LME.

Les opérateurs sur le LME ont besoin d'être assurés qu'ils évoluent sur un marché sécurisé et stable et que les systèmes commerciaux du LME ne sont pas eux-mêmes sources de risques. Le cadre de régulation dans lequel le LME opère, change et dans un sens qui devrait apporter plus d'assurance que le régime créé par le *Financial Services Act* de 1986. Simultanément, les systèmes de gouvernance du LME sont devenus plus ouverts et plus adaptés aux besoins de tous les utilisateurs du marché aussi bien qu'à ceux de ses membres. Le LME aujourd'hui apporte plus d'informations au sujet de ses transactions que toutes les autres bourses similaires. La figure IV-1 (ANNEXE 55) présente l'environnement institutionnel dans lequel s'inscrit la régulation du LME

A. La structure organisationnelle du LME.

Le LME est une bourse qui obéit au régime du *Financial Services Act* britannique de 1986 et de son successeur, le *Financial and Markets Acts* de 2000. Le LME est aussi une forme d'entreprise mutualiste gérée par et pour ses membres. Ceci a quelques fois laissé émerger d'apparents ou de potentiels conflits d'intérêts. Diverses actions ont été conduites dans les décennies précédentes pour résoudre ces conflits. La *Review of the Metal Markets* publiée par le *Securities and Investments Board* à la fin de 1996 a conclu que le LME était bien géré et que ses méthodes de transactions étaient largement en accord avec les besoins de l'industrie des métaux. Généralement, les clients et les usagers du LME sont satisfaits de ses activités et il n'y a pas de risque systémique résultant de ses pratiques.

Jusqu'à ce qu'il soit réorganisé en 1987, le LME était gouverné par un conseil et un comité exécutif, établis tous les deux à partir des membres négociants du « ring ». Les nouveaux statuts de 1987 ont créé non seulement deux nouvelles catégories de membres, incluant aussi bien les courtiers associés que les membres hors chambre de compensation, mais ces nouveaux statuts ont aussi modifié le système de gouvernance du LME. Un directeur général avait été désigné en 1984 pour diriger le staff permanent et assurer la gestion quotidienne. A partir de 1987, ce directeur général est membre d'un directoire et responsable devant celui-ci. Les autres membres du directoire continuent à être choisis principalement parmi les membres du LME mais avec une inclusion d'administrateurs indépendants. Les membres du « ring » possèdent encore la majorité des droits de vote au conseil. Le staff était aussi restreint que possible dans le but de maintenir les coûts à un faible niveau.

Cette structure se maintient jusqu'en 1999, quand il devient nécessaire de la reconsidérer dans le but de satisfaire la demande des clients pour une plus grande célérité et efficience et pour plus d'économie dans la conduite de leurs affaires, ceci dans un contexte de forts changements technologiques. En conséquence, l'entreprise se démutualisa et une gouvernance rationalisée avec une structure opérationnelle furent adoptées pour permettre au LME de réagir plus rapidement aux opportunités et menaces.

A partir de janvier 2000, le LME Limited devient la pleine propriété d'une nouvelle entreprise : le *LME Holdings Limited*. La structure de holding a été choisie pour permettre de continuer le travail de régulation effectué par le LME Limited, mais avec la possibilité pour le

conseil du LME Holdings de développer en plus d'autres activités et produits tels que par exemple le commerce en ligne d'informations boursières sur les métaux, dans une entité différente.

Pour permettre des prises de décisions et leur mise en application plus rapide, le nouveau LME et le conseil des Holdings du LME ont restreint leur effectif par rapport à la structure précédente. Il y a aujourd'hui au maximum 13 administrateurs, et le président est élu parmi eux. Une plus grande autorité a été déléguée à un comité exécutif qui est capable de gérer les opérations quotidiennes avec une plus grande efficacité opérationnelle et économique, le but étant de gérer au mieux les intérêts des opérateurs au meilleur coût pour le LME

La figure IV-2 (ANNEXE 56) présente les organes de gouvernance et de régulation du LME.

Le conseil du LME est principalement responsable de la mise en place de la stratégie et de la politique générale. Dans le but de réduire le nombre de sujets soumis à la décision du conseil, quelques sujets sont directement soumis au comité exécutif.

B- Le rôle des comités

Le comité d'audit et des rémunérations dirigé par deux administrateurs indépendants s'acquitte des fonctions d'informations interne et externe et du suivi de la masse salariale. Il y a une commission pour chaque contrat, chargée de s'assurer que les spécifications des contrats restent conformes aux besoins de l'industrie.

Les comités de métaux examinent et font des recommandations à l'exécutif pour l'enregistrement et l'approbation des types de métaux. Ils recommandent aussi les points de livraison les plus appropriés.

Le comité de l'indice assisté par un comité spécialisé d'experts veille sur le contrat futur sur l'indice.

Le comité du magasinage fait des recommandations pour l'approbation des points de livraison et des entrepôts des entreprises agréées. Il est aussi chargé des relations entre le

LME et les entrepôts. Chacune des entreprises de magasinage agréé comprend des représentants des membres du LME, des experts de la production des métaux et des entreprises consommatrices.

Les décisions des conseils doivent normalement être prises consensuellement mais un quorum d'administrateurs est exigé pour prendre les décisions. Le quorum exige la présence de 7 administrateurs. En fait 2 de ces administrateurs doivent être des administrateurs représentant les actionnaires. Mais ce quorum peut changer, ceci dans le cas où les décisions à prendre affecteraient les droits des membres ou concerneraient les conditions de marché. Non seulement le conseil du LME est responsable des opérations commerciales de la bourse, mais il est aussi responsable de sa régulation. C'est cette dualité de fonction qui a fait par le passé émerger des polémiques sur les conflits d'intérêts potentiels. La nomination d'administrateurs supplémentaires ouvertement indépendants a été un des moyens pour résoudre ce problème. Un autre problème était la séparation des fonctions à l'intérieur de l'exécutif. Toutes les questions commerciales et la direction de la bourse sont du domaine réservé du directeur exécutif en chef. Le département du contrôle et de la régulation des marchés a toutefois été divisé. Le directeur exécutif chargé du contrôle dépend directement du président et du conseil selon les cas pour les sujets entrant dans ses attributions.

C - Le cadre législatif

Le *Financial Services Act* de 1986 a ouvert une nouvelle ère de régulation pour la City de Londres en même temps que le LME effectuait une révision de sa régulation, avec une complète restructuration de sa gestion et une réévaluation de ses contrats. Ceci a conduit à une importante augmentation des transactions par l'ouverture du marché à plusieurs usagers qui utilisaient précédemment des marchés informels (*over-the-counter markets* OTC). Le nouveau régime de la fin des années 80 a indubitablement été bien accueilli par les opérateurs de toutes les bourses de Londres qui ont clairement perçu Londres comme la place la plus sécurisée et la plus transparente pour faire des affaires et ceci s'est reflété dans l'explosion du volume des transactions.

Le système de régulation créé par le *Financial Services Act* était plutôt lourd. En tant que bourse d'investissement reconnue, le LME est régulé par le *Securities and Investment*

Board (SIB). Les courtiers membres de la bourse sont dans la juridiction de la *Security and Futures Authority* (SFA). Ceci signifiait que les firmes de courtage étaient effectivement régulées à la fois par le SFA et le LME et quelques-unes étaient aussi dans la juridiction de diverses autres structures et régulations. Deux réformes ont été effectuées

D'abord le *Bank of England Act* a transféré la responsabilité de la supervision de la banque d'Angleterre à la SFA. La SFA est le nom qui a été donné à la SIB pour traduire l'extension de ses responsabilités. Deuxièmement, le *Financial Services And Markets Acts* de 2000 a consacré la SFA comme l'unique régulateur statutaire pour toutes les affaires financières couvrant l'accueil des dépôts, les assurances et les opérations d'investissement.

Les objectifs statutaires du *Financial Services Authority* (SFA) sont de conserver la confiance dans le système financier et d'aider le public à comprendre ce système, de protéger de manière appropriée les consommateurs et de réduire la criminalité financière. La SFA doit aussi tenir compte du caractère international des services du marché financier et du désir de maintenir la position compétitive du Royaume-Uni. Il ne doit pas non plus entraver et fausser la concurrence. Ces dernières dispositions apportent encore plus d'assurance aux opérateurs du LME.

Le LME continue d'être une bourse d'investissement supervisée par la SFA et devant satisfaire les dispositions statutaires de celle-ci. Ceci inclut le maintien de l'intégrité du marché et la préservation de la discipline de celui-ci. Sous la nouvelle législation, la SFA a le pouvoir, dans des circonstances particulières, de donner des directives aux bourses telle que le LME afin qu'elles renforcent leur contrôle

Un nouvel élément significatif de la législation est que la SFA a des pouvoirs supplémentaires pour traiter les questions d'abus de marché ; ces pouvoirs peuvent aller jusqu'à imposer des sanctions civiles à ceux qui commettent des abus de marché, y compris le LME. La SFA a produit un code de bonne conduite qui présente clairement les comportements acceptables ou non sur les marchés. Le nouveau régime des marchés ne concerne pas seulement les firmes mais tous ceux qui abuseraient des marchés, y compris les usagers.

D. La régulation et le contrôle du LME.

Pour revenir au LME lui-même, ses membres n'ont pas toujours les mêmes préoccupations que les autorités du marché.

Le LME apporte un environnement sécurisé pour les transactions. Il a un dispositif statutaire permettant d'assurer que les affaires sont menées de manière disciplinée, apportant une protection adéquate aux investisseurs. Les membres du LME sont des institutions impliquées dans des transactions les unes avec les autres, mais aussi avec des clients.

La régulation du marché est largement conduite par le LME, pendant que la SFA est responsable du contrôle de la solidité financière et de la conduite des affaires des membres.

L'exigence majeure pour les courtiers, est qu'ils « doivent connaître leur client ». C'est une exigence large, qui signifie qu'ils doivent, par rapport au service demandé par le client, être pleinement attentif aux activités de ce client, à son statut financier et à son besoin de gestion de risques dans le but de lui apporter un service adapté. Il est important de réaliser que les courtiers ne restent pas assis dans leur « tours d'ivoire » à Londres, attendant que les clients passent des ordres. Les courtiers visitent régulièrement les bureaux des clients et leurs usines pour comprendre pleinement leurs besoins. La SFA exige des courtiers d'avoir leurs propres agents de contrôle pour s'assurer qu'ils sont en conformité avec toutes les dispositions réglementaires.

Le LME compte trois divisions à l'intérieur de son département de régulation et de contrôle, pour mener à bien son rôle de régulation du marché. Ce sont les divisions de surveillance de marché, de surveillance de membres et d'exécution. Il y a aussi une unité d'investigation indépendante.

Durant toutes les dernières années, le LME a grandement amélioré la transparence des transactions en augmentant la quantité d'informations qu'il publie, soit à travers des entreprises d'informations sur les marchés, soit à travers son site Internet. Aujourd'hui le LME produit plus d'informations concernant les cours, le volume de transactions, les importantes positions de marché, que toutes autres bourses de métaux.

Ces changements importants soulignent la mesure dans laquelle le LME a progressé dans la voie de la création d'un environnement réglementaire équilibré. Ceci permet d'apporter un support aux gestionnaires de risque et de supprimer autant que possible quelques-uns des dangers que les aberrations de marché peuvent causer même aux systèmes de gestion de risques les mieux étudiés.

Section 2 : Les contrats aluminium du LME

Lors de sa création en 1877, le LME négocie les trois produits phares de l'époque : le cuivre, l'étain et le fer. Ils sont rejoints en 1903 par le plomb et en 1915 par le zinc. En 1920, le contrat sur le fer disparaît faute de transactions suffisantes. Il faudra attendre une cinquantaine d'années pour voir apparaître de nouveaux contrats : l'aluminium primaire en 1978 qui est le produit phare actuel, le nickel primaire en 1979 et l'aluminium d'alliage en 1992. Le contrat argent réapparaît en 1999 et un contrat sur l'acier est introduit en 2008.¹⁶ Enfin, l'influence des autres contrats à terme se fait sentir avec l'introduction du contrat sur indice (LMEX) en 2000.

. Aujourd'hui le LME négocie neuf métaux et un indice comprenant les 6 métaux primaires de base (Le cuivre, le zinc, l'aluminium primaire, l'étain, le nickel et le plomb).

Les contrats du LME sont :

- Le Cuivre Grade A (1877 ; 1986)¹⁷
- L'Etain (1877 ; 1989)
- Le Plomb Standard (1903 ; 1968)
- Le Zinc Special High Grade (1915 ; 1988)
- **L'Aluminium primaire High Grade (1978 ; 1987)**
- Le Nickel Primaire (1979 ; 1979)
- L'Aluminium Alloy (1992 ; 1992)

¹⁶

Le contrat Acier est négocié au LME depuis le 28 avril 2008. Les durées de maturités de ce contrat sont de 3 et 15 mois. Pour connaître les spécifications de ce contrat, on peut consulter « The ringsider » du LME Special Steel 2008 page 11

¹⁷

Le premier nombre entre parenthèses indique l'année de première négociation du métal au LME et le deuxième nombre indique l'année où les spécifications actuelles du contrat sur ce métal ont été adoptées.

- L'Argent (1999 ; 1999)
- L'acier (2008 ; 2008)
- L'indice LMEX (2000 ; 2000)

Il existe aussi au LME deux contrats sur des plastiques (2005 ; 2005) et des contrats d'options ayant pour sous-jacents les métaux ci-dessus.

Paragraphe 1 : Les contrats « aluminium primaire » et « aluminium d'alliage »

Les caractéristiques des métaux sous-jacents aux contrats du LME sont clairement définies par les règles de la bourse ; ces métaux se trouvent toujours à un stade précis de la production.

Nous examinons dans ce paragraphe, les règles spéciales concernant les contrats d'aluminium primaire et d'aluminium d'alliage, nous terminerons par la présentation des volumes de transaction concernant ces contrats

A – Le contrat d'aluminium primaire « High grade » du LME

1- Les spécifications contractuelles du sous-jacent livrable

a- La qualité :

L'aluminium primaire livré sous ce contrat doit être

- de l'aluminium primaire d'une pureté minimale de 99,7% avec une perméabilité de 0,20% pour le contenu en fer et de 0,10% pour le contenu en silice, ou
 - de l'aluminium primaire avec des impuretés pas plus importantes que pour l'appellation contrôlée P1020 A des textes de l'Aluminium Association Désignations et avec les limites en composition chimique de l'aluminium sans alliage de l'Aluminium Association Inc. (15 mai 1982)
- de type listé par le LME dans sa liste des types agréés d'aluminium

a- le poids et les formes du métal

La taille du contrat est de **25 tonnes** (avec une tolérance en plus ou en moins de 2% soit un poids effectif compris entre 24,5 et 25,5 tonnes). Le métal livré doit être homogène et peut prendre trois formes :

- des lingots de 12 à 26 kg. Ils doivent être en fagots afin d'être empilables les uns sur les autres
- des barres en T d'un poids théorique de 750 kg (et d'un poids maximal de 787,5 kg)
- des « sows » c'est-à-dire des boules ayant la forme d'un bol d'un poids minimal de 750 kg et un poids maximal de 787,5 kg.

2- Les caractéristiques du cours coté sont « classiques »

- L'unité de cotation est **la tonne**. En conséquence, la valeur du contrat est 25 fois le cours coté.
- La monnaie de cotation est le **dollar américain** mais la monnaie de compensation peut être également le Yen, la Livre sterling ou l'euro.
- La fluctuation minimale du cours de cotation est de 0,50 USD (15,5 USD en valeur par contrat)

3- Les règles de sécurité sont standards :

- Le *Deposit* ne porte pas sur un pourcentage mais sur un montant. L'importance de ce montant varie avec l'évolution des cours. En pratique ce montant représente en 2008, 5 à 10% du cours du l'aluminium¹⁸.

¹⁸

Le montant du dépôt de garantie par contrat (« *initial margin* ») est défini par la London Clearing House. Il était de US\$ 184/mt au 21 janvier 2009. Source : N. Jouglard Rio tinto –Alcan Zurich

- Les appels de marge sont asymétriques : il y a débit quotidien des pertes potentielles et non-crédit des gains potentiels qui n'apparaissent que lors du paiement effectif.
- Il n'y a aucune limite up/down
- La validation des transactions :

Avant qu'une transaction ne soit amenée à la compensation, elle doit faire l'objet d'un « appariement » par le système propre au LME. Précisément, chaque transaction compte deux parties (un vendeur et un acheteur). Chaque membre doit rentrer les termes de chaque transaction dans le système après que le contrat ait été conclu. Les ordinateurs du LME comparent les données rentrées par les deux parties au contrat ; s'ils sont d'accord pour tous les détails (et c'est normalement le cas), la transaction est «validée » et peut alors passer en compensation. Les transactions non « validées » sont retirées et les deux firmes en affaire sont invitées à procéder à des clarifications et à des corrections.

B – Le contrat aluminium d'alliage

Les spécifications de ce contrat sont quasiment les mêmes que celles du contrat concernant l'aluminium primaire à trois exceptions près :

1- la qualité physique du métal négocié.

Il s'agit de l'aluminium d'alliage répondant aux spécifications suivantes :

- A 380 1 produit en conformité avec les spécifications de l'Aluminium Association Inc. (1989)
- 226 produit en conformité avec le GBD-AIS ; 9 CU3 tel que décrit dans le DIN Standard 1725 (1985)
- Produit en conformité avec le JIS H2 118 (1976) Class 12 Il doit être de type répertorié dans la liste agréée par le LME en tant qu'aluminium d'alliage

2 – Le poids du métal sous jacent au contrat :

- lingots de 4 à 25 kg ;
- barre en T de 408 à 500 kg
- sows de 300 à 726 kg

3 - La taille du contrat qui est de **20 tonnes** avec 2% de tolérance soit un poids compris entre 19,6 et 20,4kg.

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques qui viennent d’être présentées¹⁹

Tableau IV-1 : Fiche récapitulative sur les caractéristiques des contrats aluminium au LME

Caractéristiques	Le contrat Aluminium Primaire « High grade »	Le contrat Aluminium d’Alliage
Spécifications qualitatives	Pureté minimale 99,7%	Selon normes de l’Aluminium Association Inc. (1989)
Taille du lot	25 tonnes (+/- 2% de tolérance)	20 tonnes (+/- 2% de tolérance)
Forme du lot	Lingots – Barres en T - Sows	Lingots-Barres en T –Petits ou grands Sows
Cotation		
- Unité de poids	Lingots de 12 à 25 kg – Barres en T et Sows de moins de 750 kg	Lingots de 4 à 25 kg – Barres en T de 408 à 500 kg – Sows de 300 à 726 kg
- Unité de cotation	La tonne	La tonne
- Modalité	Criée et électronique	Criée et électronique
- Localisation	Londres	Londres
- Horaire	Variable : A partir de 7h et 15H10	Variable : A partir de 7h et 15H10
- Monnaie de cotation	\$ US	\$ US
- Monnaie de compensation	\$ US, yen , £ , Euros	\$ US, yen , £ , Euros
- Fluctuation minimale du cours	Ring: ferme, 0,50 \$ Reports, 0,01 \$ Inter-office: ferme/reports, 0,01 \$	Ring: ferme, 0,50 \$ Reports, 0,01 \$ Inter-office:ferme/reports, 0,01 \$
Livraison ²⁰		
- Dates	Quotidienne du contrat cash au contrat à 3 mois (1° date de livraison 2 jours ouvrables à partir du contrat cash), ensuite tous les mercredis du 3° au 6°mois. Ensuite tous les 3° mercredi du mois, du 7° au 63° mois	Quotidienne du contrat cash au contrat à 3 mois (1° date de livraison 2 jours ouvrables à partir du contrat cash), ensuite tous les mercredis du 3° au 6°mois. Ensuite tous les 3° mercredi du mois, du 7° au 63° mois
- Lieux	Entrepôts agréés situés en Europe continentale, à Singapour, au Japon et aux Etats-Unis	Entrepôts agréés situés en Europe continentale, à Singapour, au Japon et aux Etats-Unis

Sources: - Phillip Crowson « *Managing Metals prices Risk with the London Metal Exchange* » Editeur London Metal Exchange 2001
- WWW.lme.com

¹⁹ Les problèmes spécifiques de la négociation et de la livraison sont traités plus loin dans ce chapitre

²⁰ Des précisions sur les échéances au LME sont apportées en section 3 de ce chapitre

C- Les volumes de transactions pour les contrats aluminium du LME

Il est intéressant d'avoir un aperçu du volume des contrats aluminium négociés au LME.

Le tableau ci-dessous présente les chiffres relatifs aux quatre dernières années

Tableau IV-2 : Nombre de contrats négociés annuellement

Années	Aluminium High grade (lots de 25 tonnes)	Aluminium d'alliage (lots de 20 tonnes)
2005	30 426 465	501 960
2006	36 418 131	448 738
2007	40 229 693	492 868
2008	40 307 389	582 398

Source: The London Metal Exchange Limited Mars 2008

Le premier enseignement de ces chiffres est constitué par la disparité très élevée entre les deux contrats, puisque le nombre de contrats d'aluminium d'alliage représente moins de 2% du nombre de contrats d'aluminium primaire.

Sinon, on constate une croissance soutenue du nombre de contrats négociés d'aluminium primaire. Cette croissance est de 32 % sur 4 ans. Ces chiffres confirment bien le rôle leader du LME pour ce métal, leadership que nous allons plus précisément établir à la section 4 de ce chapitre en présentant les volumes de transactions des quatre autres marchés à terme de l'aluminium fonctionnant au monde.

Paragraphe 2 : les contrats d'options sur aluminium et les contrats sur indice du LME

De manière assez logique, à partir du moment où le LME adoptait le fonctionnement classique des marchés à terme américains, il a également lancé les deux types de contrats qui existent sur tous les marchés dérivés modernes, des contrats sur indice et des contrats d'option

A- Les contrats futurs sur indice

Tout comme le LME a développé ses transactions sur options dans les années 80 pour attirer vers lui les opérateurs qui étaient allés vers le hors cote ou le gré à gré (OTC), de même, il a développé son propre contrat d'indice (LMEX) en avril 2000.

Selon les concepteurs de LMEX, son introduction ne fait pas suite à une ingérence des fonds spéculatifs dans les affaires de LME. C'est plutôt le signe d'une reconnaissance que le marché de l'investissement est en croissance. Pour eux, il est intéressant d'attirer certains investisseurs institutionnels au LME ; ceci apporte plus de transparence et plus de moyens de contrôle de la bourse.

LMEX n'est pas destiné aux opérateurs traditionnels du LME, mais surtout aux investisseurs. Contrairement à tous les contrats qui ont été présentés ci avant, LMEX n'est pas un outil de gestion du risque de prix. Au contraire, il est destiné à ceux qui souhaitent être exposés à l'évolution générale des prix des contrats LME, telle qu'elle reflète la tendance générale des prix des métaux dans leur portefeuille d'investissement. Ce contrat LMEX n'est pas initialement destiné aux investissements spéculatifs que traitent les contrats LME déjà existant ; LMEX est surtout destiné aux investisseurs ayant une stratégie d'investissement plus passive et de long terme.

LMEX est un indice fixe, en dollar américain, élaboré à partir de six contrats de métaux de base cotés au LME : l'aluminium, le cuivre, le plomb, le nickel, l'étain et le zinc. L'indice incorpore le prix de chacun de ces métaux au travers de trois échéances. Il retient en effet, le prix de clôture quotidien des 3^o mercredi pour chacun des trois premiers mois qualificatifs. Les contrats à terme fermes et sur options sont offerts avec des maturités mensuelles.

La valeur de l'indice est calculée à partir de la somme des prix des trois mois qualificatifs multipliée par le poids des métaux correspondant. Ceci est ensuite multiplié par une constante pour créer la valeur initiale de l'indice.

$$\text{Indice} = (\text{WAL}\% (\text{AL 1 mois} + \text{AL 2 mois} + \text{AL 3 mois}) + (\text{les autres métaux comme AL})) \times K$$

où

WAL est le % du poids de l'aluminium (AL)

AL 1 mois est le premier mois du prix à terme de l'aluminium, le 3^o mercredi

AL 2 mois est le deuxième mois du prix à terme de l'aluminium, le 3^o mercredi

AL 3 mois est le troisième mois du prix à terme de l'aluminium, le 3^o mercredi

K est la constante de référence à la création de la valeur de l'indice, le 4 janvier 1999 à 1000. La constante est changée à chaque nouvelle pondération pour adapter l'indice dans le temps.

La pondération des six métaux composant l'indice découle des volumes globaux de production et de la moyenne des transactions en valeurs générées pendant les cinq années précédentes.

Le tableau ci-dessous présente la pondération actuelle (fin 2008) de l'indice.

Tableau IV- 4 : Pondérations de l'indice LMEX
(fin 2008)

Métaux constitutifs de l'indice	Nombre approximatif de lots	Tonnage	Pondération en %
Aluminium primaire	25	625	41,8
Cuivre	20	500	33
Plomb	5	125	8,4
Nickel	5	30	2
Etain	3	200	1
Zinc	8	200	13,4
Plomb	66 lots	1680 tonnes	100%

Source: The London Metal Exchange Limited décembre 2008

On peut remarquer l'importance du poids de l'aluminium primaire et son premier rang dans l'indice, qui s'explique par la place prépondérante en volume et en valeur de ce métal dans les transactions du LME

- La cotation se fait par rapport aux points d'indice.
- Les variations minimales de prix sont de 0,25\$ ou 0,01\$ pour le *carry*.

- La taille du contrat est de 10 \$ par point d'indice
- Les dates d'échéance sont le second mercredi du mois de maturité
- La valeur du point de base de l'indice est déterminée par la moyenne des prix fixés le 3^e mercredi pour les trois premiers mois de négociation des métaux de l'indice.
- Le cours de liquidation (*settlement basis*).
 - Le dernier appel de marge (liquidation) est la différence entre le cours de compensation de la veille et la valeur de l'indice le jour de l'échéance
 - Le paiement est effectué le jour ouvré suivant la date d'échéance

B- Les contrats d'options sur aluminium au LME

Les options sont fondamentalement différentes des contrats *forward* et *futures*. Elles procurent à un opérateur, l'opportunité de bénéficier des variations avantageuses des cours tout en limitant les possibilités de perte. Dans un certain sens, une option peut être considérée comme une sorte de contrat d'assurance flexible que l'on obtient moyennant le paiement d'une prime.

Au LME, les options peuvent avoir trois sous-jacents : les contrats futurs sur aluminium primaire, sur aluminium d'alliage ou encore le futur LMEX.

1- Les spécifications du contrat options LME sur le futur « aluminium primaire »

- Ces contrats sont établis mensuellement pendant 63 mois
- Les options sont de type américain
- Le dernier jour de négociation est le mardi précédent le premier mercredi du mois d'échéance, jusqu'à 18 heures.
- Le dernier accord des échéances (*matching of maturities*) se fait le mardi précédent le premier mercredi du mois d'échéance, jusqu'à 18H15.
- Les dates/heures d'exercice des options sont les suivantes. Pour les membres de la chambre de compensation, tous les jours d'ouverture du LME de 8H à 11H15 heure du Royaume-Uni, jusqu'au premier mercredi du mois d'échéance. Pour les clients, tous les jours d'ouverture du LME, de 8H à 11H10, jusqu'au premier mercredi du mois d'échéance de l'option.

- L'échelon minimal de cotation (« *tick size* ») est de 0,01 \$
- L'exercice de l'option se fait sur un contrat *futur* du 3^e mercredi du mois.
- La variation minimum du prix d'exercice de l'option (*Minimum strike price mouvement*) :

Le prix d'exercice est le prix du métal pour le contrat à terme qui sera reçu si l'option est exercée (« *declared* »). Ce prix d'exercice est déterminé au moment de l'achat de l'option et ne change pas, malgré toutes les variations de prix sur le marché à terme. A plusieurs égards, les contrats sur options sont plus flexibles que les contrats à terme fermes, l'un d'eux est que le prix d'exercice peut être établi à un cours différent au prix à terme prévalant au moment de la rédaction du contrat d'option. Le LME établit le montant à partir duquel un prix d'exercice peut varier par rapport au suivant. Ces variations officielles sont considérées comme des « degrés » et varient pour chaque métal en fonction de sa valeur. Les primes varient naturellement pour les différents prix d'exercice.

Les variations minimum du prix d'exercice pour les contrats d'options sur aluminium primaire sont les suivantes :

- 25 \$ pour les exercices d'options à partir de 25 \$ jusqu'à 9 975 \$
- 50\$ pour les exercices d'options à partir de 10 000 \$ jusqu'à 19 950 \$
- 100 \$ pour les exercices d'options au-delà de 20 000 \$

2- Les spécifications du contrat options sur futur «aluminium d'alliage »

- Les contrats sont établis mensuellement pendant 27 mois.
- Les options sont de type américain
- Le dernier jour de négociation est le mardi précédent le premier mercredi du mois d'échéance, jusqu'à 18 heures.
- Le dernier accord d'échéance se fait le mardi précédent le premier mercredi du mois d'échéance, jusqu'à 18H15
- Les dates/heures d'exercice des options sont les suivantes. Pour les membres de la Chambre de compensation, tous les jours d'ouverture du LME de 8H à

11H15 heure du Royaume-Uni, jusqu'au premier mercredi du mois d'échéance.
Pour les clients, tous les jours d'ouverture du LME, de 8H à 11H10, jusqu'au premier mercredi du mois d'échéance de l'option

- L'échelon minimal de cotation (« *tick size* ») est de 0,01 \$

Les variations minimum du prix d'exercice pour les contrats d'options sur aluminium d'alliage sont les suivantes :

- 25 \$ pour les exercices d'options à partir de 25 \$ jusqu'à 9 975 \$
- 50\$ pour les exercices d'options à partir de 10 000 \$ jusqu'à 19 950 \$
- 100 \$ pour les exercices d'options au-delà de 20 000 \$

Le tableau suivant présente les volumes de transaction sur les options sur aluminium des dernières années.

Tableau IV-3 : nombre de contrats d'option

Années	Volumes de transactions sur les contrats d'options aluminium primaire	Volumes de transactions sur les contrats d'options aluminium d'alliage
2005	4 476 170	0
2006	4 690 867	315
2007	3 432 485	0
2008	3 968 804	1 150

Source: The London Metal Exchange Limited Mars 2008

On constate deux choses. D'une part, l'absence de négociation sur les options portant sur le futur aluminium d'alliage, cette absence d'intérêt est liée au faible volume de négociation sur le physique. D'autre part, il y a plus d'intérêt pour les options sur futur aluminium primaire, mais on remarque une forte baisse en 2007. D'une façon générale, le marché des options sur aluminium au LME laisse l'impression d'un marché mineur.

3- Spécifications du contrat options sur futur indice « LMEX »

- La taille du contrat est de 10 \$ par point d'indice
- Les dates et heures d'échéance sont les suivantes. L'exercice automatique pour les indices d'options profitables (« *in-the-money index options* ») se fait le second mercredi du mois de maturité correspondant.
- Le dernier jour et heure de négociation c'est, le jour d'ouverture précédent immédiatement la date d'échéance à 16H35 au plus tard.
- Les échéances de maturité sont mensuelles pour les trois mois suivants.
- La prime d'option est payée le premier jour ouvert suivant la transaction.
- Les variations des cours minimales sont les suivantes :
 - 0,01 point d'indice
 - La variation du prix d'exercice minimal est de 10 points d'indice
 - Les variations de prix d'exercice minimal et d'échelon de cotation pour les paiements de primes sont disponibles dans toutes les devises de compensation.

Section 3 : Les particularités techniques du LME

Le LME présente des particularités par rapport aux autres bourses de commerce dans le monde, aussi bien au niveau de ses dates d'échéance, qu'au niveau de son système de cotation et de son réseau de magasins de livraison.

Paragraphe 1 : des échéances glissantes

1- Des dates d'échéance atypiques

A la différence des autres marchés à terme commerciaux, qui se basent sur des dates d'échéance mensuelles ou sur des mois de livraison spécifiques en relation avec les dates de récoltes, les contrats sur les métaux du LME reposent sur une base de livraison journalière pour les trois premiers mois du contrat. La tradition des contrats journaliers glissants était à l'origine fondée sur la forte probabilité de retard des livraisons maritimes à l'époque où l'on importait l'étain de Malaisie via le canal de Suez et le cuivre du Chili. La période de 3 mois était le délai typique de transport maritime pour les deux métaux.

L'utilisation de ces dates d'échéance journalières est une différence importante entre le LME et les autres marchés à terme. Il en découle que le LME combine, spécialement pour les négociants, le caractère pratique de dates de paiement adaptées aux besoins individuels avec la sécurité d'une chambre de compensation pour ses membres. A l'échéance de la période de trois mois, les échéances journalières glissantes à terme sont transformées en contrats d'échéance hebdomadaires puis mensuelles jusqu'à une durée extrêmement longue : 123 mois

Résumé : Les dates d'échéance (*prompt dates*) au LME sont les suivantes :

- Pour tous les contrats à terme de métaux

Cash/spot : 2 jours ouvrables à partir de la date de conclusion du contrat

Puis : chaque jour ouvrable à Londres pendant 3 mois

Puis : toutes les semaines (tous les mercredis) du troisième au sixième mois.

A quoi il faut ajouter :

- Pour le cuivre, l'aluminium primaire, le zinc, le nickel et l'argent :

Tous les mois : (le 3ème mercredi de chaque mois) du septième au vingt-septième mois.

- Pour le plomb, l'étain et l'aluminium d'alliage :

Tous les mois : (le 3ème mercredi de chaque mois) du septième au quinzième mois.

2- Analyse de la particularité des dates d'échéance du LME

Les particularités du LME en matière d'échéance sont triples :

La première particularité est l'extraordinaire durée offerte aux producteurs et aux transformateurs puisque cela représente au minimum 15 mois pour les métaux peu négociés.

Les contrats 27 et 63 mois sur l'aluminium n'existent plus, ils ont été remplacés depuis le 1^{er} octobre 2008 par un contrat 123 mois.

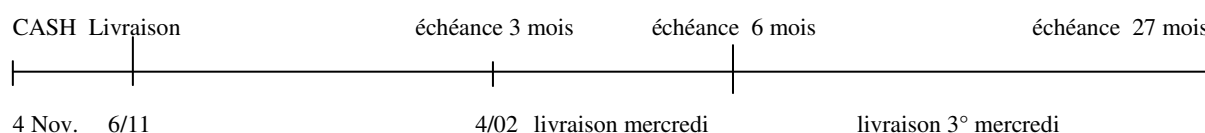
La seconde particularité est le fait que seuls les cours comptant (cash) et à 3 mois sont négociés à la corbeille. Les autres échéances sont négociés directement auprès des membres, d'où leur rôle de market-maker tout à fait primordial pour le bon fonctionnement (la liquidité) du marché.

La troisième particularité en matière d'échéance est que la criée se cristallise sur les contrats à maturité 3 mois. En effet, pour ces contrats, il est indiqué que les dates d'échéance sont quotidiennes. Ceci est très original par rapport à ce qui se fait sur l'ensemble des autres marchés à terme de marchandises dans le monde. Cela laisse imaginer d'énormes problèmes d'organisation, de logistique, voire de liquidité pour le LME.

Les dates d'échéance à 3 mois sont en fait « glissantes ». En effet, si j'achète un contrat le 4 novembre 2008, à 3 mois, la date d'échéance est bien le 4 février 2009 et si j'achète un autre contrat le 5 novembre 2008, à 3 mois, la date d'échéance de ce contrat est le 5 février 2009 etc.

Il faut souligner que cette échéance à 3 mois est l'échéance de base pour les transactions du LME. En reprenant sous forme graphique les dates d'échéance citées ci-dessus, on obtient le schéma suivant (en se limitant à 27 mois).

Graphique IV-3 : schématisation des dates d'échéance et de livraison au LME



Il faut signaler qu'une seconde échéance est cotée à la criée ; le cash, c'est-à-dire une échéance de livraison fixée au 2^e jour suivant la négociation. Le cash permet aux opérateurs de choisir librement leur date effective d'échéance. En effet, la différence entre le cash et le 3 mois fait connaître aux membres la valeur de marché du report (ou du déport) ; ce qui leur permet de négocier des dates d'échéance « sur mesure » pour leurs clients.

Le fonctionnement du LME qui est décrit ici ne permet pas de coter, au ring²¹ notamment, l'ensemble des contrats (car une échéance = un contrat). On cote alors systématiquement un délai de livraison de 3 mois, que l'on corrige par addition ou soustraction de la cotation du report (*contango* au LME ou *carry* au USA) ou du déport (*backwardation* au LME ou *inverse carrying charges* au USA)²². Le graphique IV- 4 montre comment évolue la base pour le contrat aluminium primaire au LME.

Le LME présente une flexibilité assez originale. En effet, son fonctionnement le rapproche de la flexibilité d'un marché de gré à gré (*forward market*) en ce qui concerne les échéances proches : la seule chose qui importe c'est la date à laquelle on souhaite être livré. Si cette date est inférieure à 3 mois, le choix de n'importe quel jour dans ces 3 mois est possible. Si la date à laquelle on souhaite être livré est comprise dans un délai de 3 à 6 mois, les dates d'échéance ne peuvent être qu'hebdomadaire, le mercredi. Enfin, si on souhaite être livré au-delà de 6 mois, le principe est le même, mais les échéances sont mensuelles (le 3^e mercredi de chaque mois).

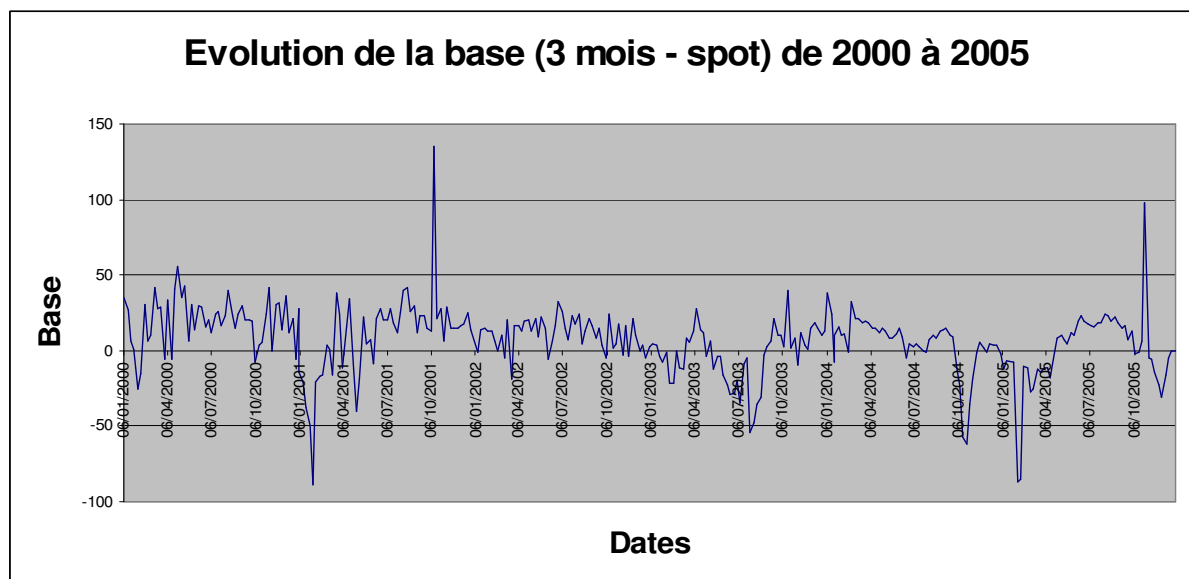
Pour les contrats sur une échéance supérieure à 3 mois (contrats de 6, 15 ou 123 mois), les dates d'échéance sont donc aussi précises et aussi « standardisées » au LME que sur les autres marchés à terme dans le monde.

Par exemple, si j'achète au LME, le 4 novembre 2008, un contrat aluminium à échéance 6 mois, la date précise d'échéance de ce contrat est le mercredi 8 avril 2009. Si j'achète le 4 novembre 2008, un contrat aluminium à 15 mois, la date exacte d'échéance de ce contrat est le 3^e mercredi du mois de février 2010. Si j'achète le 4 novembre 2008, un contrat aluminium à 27 mois, la date d'échéance de ce contrat est 4 novembre 2008 + 27 mois, soit le 3^e mercredi du mois de février 2011.

²¹ Le ring est avec le Kerb et l'inter-office une des trois méthodes de cotation au LME que nous présenterons en section B de ce paragraphe

²² « La base de calcul sera généralement le 3 mois. a partir de cette base, on applique un Contango/Backwardation qui nous donnera un prix plus complet pour l'échéance. Ces Cont./Back sont définis par la simple loi du marché de l'offre et de la demande sur l'échéance donnée. Chaque soir, vers 6 :30 GMT, le LME publie les évaluations qui sont des cont./Back. pour la majeures parties des échéances ». Nicolas Jouglard Risk Manager Rio tinto Alcan Zurich. Le 21/01/2009

Graphique IV-3: exemple d'évolution de la base pour l'aluminium primaire au LME



Mais le LME apporte en plus, la sécurité des marchés à terme moderne avec la procédure d'enregistrement des contrats auprès de la chambre de compensation (London Clearing House)

Une interrogation reste présente à l'esprit face au foisonnement potentiel des contrats LME d'échéance inférieure ou égale à 3 mois et au « désordre » apparent qu'ils sont susceptibles de créer : N'y aurait-il pas de problème de liquidité ou plus précisément de contrepartie pour ces contrats ? Le problème vient du fait que les transactions à 3 mois et moins sont dispersées sur de nombreuses dates d'échéances au lieu d'être concentrées sur quelques échéances standardisées. On a l'impression, dans ces conditions, qu'il pourrait être difficile pour un opérateur sur des contrats à moins de 3 mois, de trouver une contrepartie pour contracter ou « déboucler » éventuellement sa position. D'ailleurs ce questionnement pourrait être généralisé à l'ensemble des échéances du LME.

La question a été posée à un praticien du LME.²³ Pour lui, le problème de liquidité n'existe pas au LME. Les « membres » font la contrepartie et, au pire, le client déboucle sa

²³ Le professeur Georges Gallais-Hamonno a effectué une visite au LME en novembre 2008 d'où il nous a ramené une documentation et des idées essentielles pour la compréhension de notre sujet. Nous remercions mademoiselle Lee Soo Teng du groupe Fortis qui a accueilli mr Gallais-Hamonno au LME et mr Hughes Missonnier du groupe Rio tinto Alcan France qui a permis cette rencontre.

position à l'échéance « liquide » la plus proche de son échéance souhaitée et reprend une position en cash deux jours plus tôt.

En résumé, il y a autant d'échéances que de jours compris dans un laps de temps de 3 mois mais une seule fait l'objet de cotation, celle de 3 mois. Les cours pour les autres échéances font l'objet d'évaluations par des experts du LME²⁴.

Paragraphe 2 : La triple méthode de cotation du LME

L'organisation du LME présente quelques caractéristiques originales qui font qu'il est bien adapté aux besoins de transactions de la totalité de l'industrie des métaux non ferreux.

Les transactions se font par un système mixte de cotation à la crie, de présentation sur écrans des cotations et de transactions par téléphone. Tous les contrats du LME passés entre membres de la Chambre de compensation, peu importe leur origine, sont appariés (*matched*) et compensés par la Chambre de compensation de Londres (*London Clearing House*, LCH), ce qui élimine le risque de contrepartie.

Il y a trois types de négociations effectuées sous les auspices du LME

- Les négociations autour du « ring » (*Ring trading*)
- Les négociations « Kerb » (*Kerb trading*)
- Les négociations « inter-office » (*Inter-office trading*)

²⁴ « Le soir vers 19 H de Paris, les experts du LME indiquent des valeurs pour les mois depuis le cash jusqu'à 60 mois, appelés 'LME futures evaluation' (EVAL pour les professionnels). On peut ainsi calculer le contango et le backwardation de mois en mois » Hughes Missonnier Vice President Metal Management Alcan Engineered Products. Mars 2009

« ...Autant le LME 3 mois a une valeur 'officielle' sur le 2° ring, autant les ajustements n'en n'ont pas, en fin de journée. Les 'Evaluations' sont publiées sur Reuters. il s'agit du constat des ajustements en fin de journée sur le LME. Elles donnent une très bonne indication des contangos et backwardations. En fonction de chaque broker ou banque, ces ajustements peuvent varier... Pour les contangos de très long terme, on constatera plus ou moins de grandes disparités en fonctions des banques » Nicolas Jouglard Analyst , Risk Management Rio tinto Alcan Zurich. Mars 2009

Les deux premiers types de transactions sont tous les deux des cotations à la criée, alors que la transaction « inter-office » est gérée par un système d'écrans automatisés, le téléphone, Internet et le fax. La transaction « *inter-office* » est basée sur l'affichage des cours sur les écrans des négociants.

A– Les négociations autour du « ring »

Le « ring » désigne une disposition de sièges en cercle dans la salle de marché du LME que les courtiers occupent pendant les transactions (voir graphique IV-4 page 112). Plus communément, le terme « ring » décrit les périodes de transactions se décomposant en sessions de cinq minutes chacune pour chaque métal.

La disposition des courtiers en cercle figé qui caractérise le « ring » contraste avec les systèmes types de cotation à la criée dans les marchés à terme où en général les négociants se déplacent autour de la corbeille. Le système du LME d'emplacements fixes aide clairement à l'identification des firmes engagées dans une transaction, mais ce système n'est possible que parce que le LME ne compte qu'un petit nombre de participants aux transactions « ring ».

Il y a actuellement douze négociants du « ring », et toute transaction négociée dans la salle de bourse doit passer par un négociant membre du « ring », ceci aussi bien pour les achats que pour les ventes. Approximativement 60% des contrats du LME allant en compensation sont négociés pendant la session de « ring » et de « kerb ». Effectuer des transactions en dehors des périodes de « ring » est possible à travers des écrans entre bureaux et par téléphone.

La concentration de liquidité générée par les transactions « ring » assure aussi bien la transparence de la fixation des prix, que des prix plus représentatifs de l'état du marché que ceux que fournissent les transactions « inter-office »

Durant la période de cinq minutes que dure la cotation d'un contrat particulier, les opérateurs du « ring » déclarent leurs prix d'achat ou de vente cash ou à 3 mois qui les intéressent ; il s'engage alors une négociation entre acheteurs et vendeurs qui peut se prolonger jusqu'à la sonnerie annonçant la fin du ring. Dans les périodes calmes, cette cotation à la criée se traduit juste par une voix claire et déclamatoire ; mais généralement,

c'est souvent une cacophonie de voix criantes qu'on entend autour du « ring », impossibles à comprendre pour les personnes étrangères à la bourse.

Les transactions sont rapidement appariées par les bureaux de chaque firme et tous les désaccords entre opérateurs sont rapidement mis de côté pour clarification.

L'ordre dans lequel chacun des huit contrats de métaux du LME est négocié pendant cinq minutes est établi par la bourse. Cet ordre varie pendant les diverses sessions. A partir du moment où les périodes de transactions sont fixées et connues par les opérateurs, il est facile pour les acheteurs et les vendeurs de s'assurer ensemble qu'ils ont leurs ordres en place au bon moment.

Il y a quatre « ring » pour l'aluminium dans une journée de cotation : les deux « ring » de la première session qui durent de 11H55 à 12H et de 12H55 à 13H, heure de Londres et les deux « ring » de la 2^e session qui durent de 15H15 à 15H20 et de 15H55 à 16H. La différence importante entre ces « ring » est que le « prix officiel » de la journée pour l'aluminium est celui obtenu à la clôture du 2^e « ring » celui de 12H55.

**Graphique IV-4 : Photographie et représentation schématique du ring avec ses membres
au LME**

Les « prix de clôture » sont ceux offerts les derniers, avant la sonnerie annonçant la fin de chaque « ring ». Ces « prix de clôture » n'ont pas nécessairement fait l'objet de transactions effectives.

Les « prix officiels » sont publiés par le LME à travers le réseau des acheteurs et des vendeurs. Tous les métaux font l'objet de cotations au comptant, à trois mois et à quinze mois mais, l'aluminium, le cuivre, le nickel, l'argent et le zinc font en plus l'objet d'une cotation à 27 mois.

Depuis que plusieurs transactions dans le monde sont basées sur les « prix officiels » du LME, les courtiers sont très pressés de connaître les informations sur les transactions les plus proches possibles de la sonnerie de clôture du « ring ».

B- Les négociations « kerb »

Les négociations « kerb » (*kerb trading*) sont ainsi désignées parce qu'à l'origine, elles s'opéraient hors de la bourse, littéralement, « sur le trottoir » de l'immeuble du LME sur Whittington Avenue.

Les négociations « kerb » sont elles aussi une cotation à la criée et se négocient autour du « ring », mais elles sont moins structurées que les sessions « officielles » de « ring ». Les entreprises peuvent offrir tout contrat LME pour toute date de livraison prévue par le LME; elles peuvent même avoir plus d'un négociant dans le « ring » ou à côté des bancs du « ring ». Par essence, la transaction « kerb » est conçue pour permettre la « mise en ordre » dans les positions des firmes qui n'étaient pas complètes pendant les sessions principales. Depuis que les « kerb du matin » ont pris place juste après les fixations de prix du LME (de 13H15 à 14H45 pour l'aluminium), ils peuvent donner une opportunité de négociation et les cours atteints à l'issue des négociations « kerb » sont proches des niveaux officiels. Dans la même veine, les « kerb de l'après-midi » (de 16H15 à 17H pour l'aluminium) doivent permettre aux firmes de solder leurs positions avant la fin de journée.

C - Les transactions «*inter-office*».

Le « ring » offre les avantages traditionnels de la transparence liés à une place de cotations à la criée sur les contrats, mais cela n'est valable que pour une partie de la journée ouvrable. Un marché financier moderne a besoin d'être au service de clients durant toute la journée ouvrable, si ce n'est plus. Ainsi, le LME y parvient au moyen des négociations *inter-office*.

Ce système fonctionne comme une bourse de valeurs extérieure au LME, mais ensuite les liquidations sont effectuées comme pour une transaction sur le «*ring*». Autrement dit, les gens peuvent voir un prix indicatif sur un écran quand ils contactent un courtier et conclure alors leur transaction immédiatement.

Au début de ce système, le LME établissait des contrats avec des courtiers pour leur fournir en continu sur des écrans des prix indicatifs ; aujourd'hui ce système fonctionne automatiquement à partir d'une liaison avec le système de données de marché du LME. L'*inter-office* fonctionne 24 heures sur 24 par téléphone et de 1H30 du matin à 19H par écrans d'ordinateurs. L'heure de début de cette dernière plage horaire permet surtout de satisfaire la clientèle asiatique.

Les transactions faites à travers le système de transaction «*inter-office* » sont de réels contrats du LME et sont transmis à partir de procédures d'appariement, de compensation et liquidation dans exactement les mêmes conditions que les transactions effectuées sur le «*ring* ». Ainsi par exemple un client pourrait acheter 20 contrats pour l'aluminium par une transaction «*inter-office* » et puis, plus tard, être capable de liquider la position en effectuant la vente sur le «*ring* » lui-même. Du point de vue du LME et de la chambre de compensation de Londres, les deux opérations sont véritablement égales et de sens opposées.

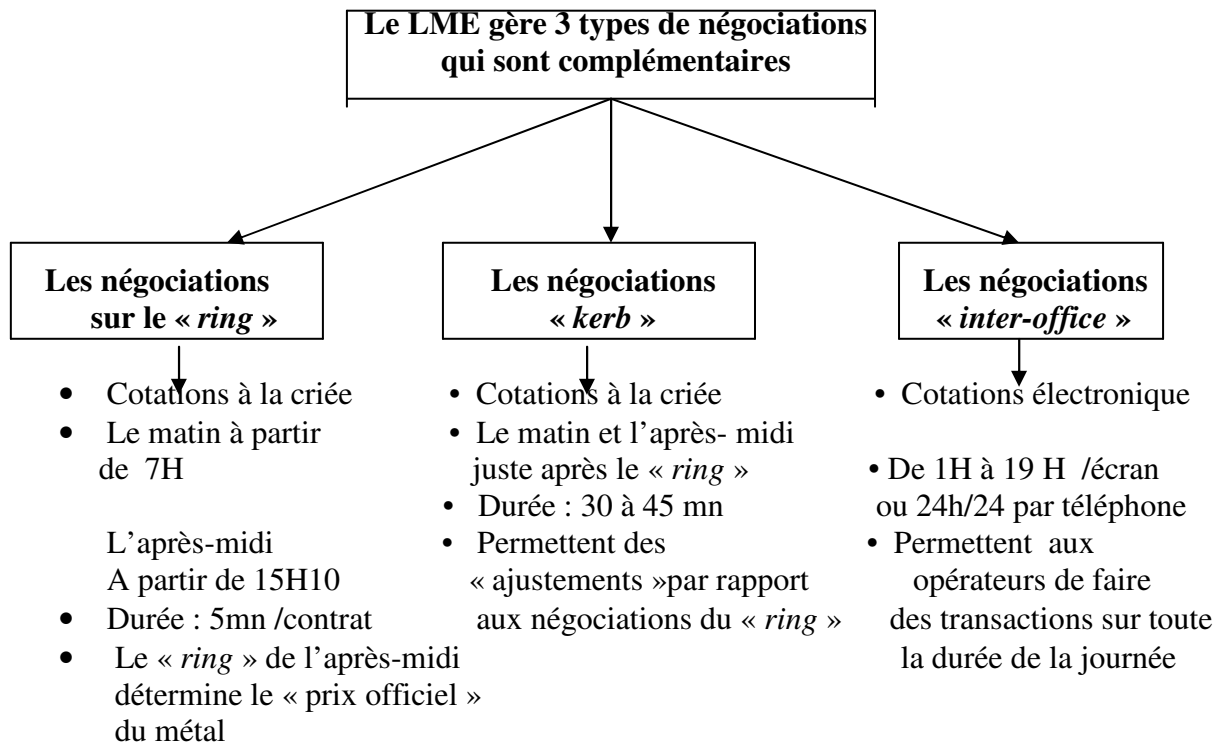
Bien évidemment, tout trader installé est légalement autorisé à conclure une transaction bilatérale avec tout client à tout moment sans utiliser le «*ring* », le «*kerb* » ou l'«*inter-office* ». Une telle transaction toutefois ne pourra jamais être protégée par la sécurité d'un contrat LME officiel, même si les deux parties se mettent d'accord pour imiter les termes et les conditions du LME, à moins que le vendeur ne soit un RDM, un ABCM ou un ABM et que le contrat ne passe par la chambre de compensation.

L'utilisation du système « *inter office* » combine l'aisance des transactions hors marché avec la sécurité des procédures de la chambre de compensation.

Les contrats « *kerb* » et « *inter office* » ont la même validité que ceux du « *ring* », ce sont de véritables contrats LME, parce qu'ils portent sur des produits ayant des spécifications LME et se concluent bien dans le cadre de la réglementation du LME. Le « *ring* » permet tout simplement en plus, d'établir le prix officiel du métal dans la journée de cotation.

La figure IV-5 résume le fonctionnement commercial du LME

Figure IV-5: Schéma du fonctionnement commercial du LME pour tous les contrats



Paragraphe 3: Les opérations de compensation et de livraison du LME

A – La compensation des transactions.

La compensation entraîne deux processus : l'enregistrement et la novation. Le premier processus est un processus légal par lequel la chambre de compensation reconnaît et enregistre l'existence et le caractère correct de la transaction. Le deuxième processus est celui dans lequel la chambre de compensation s'interpose entre les deux parties contractantes, protégeant ainsi chacune d'entre elles dans sa prise de risque de contrepartie vis-à-vis de l'autre.

Le LME fait réaliser toutes ses compensations par la Chambre de compensation de Londres (*London Clearing House* LCH). Depuis 1996, cette Chambre de compensation est la propriété partielle du LME et de deux autres bourses, la *London International Financial Futures Exchange* (LIFFE) et l'*International Petroleum Exchange* (IPE). Le LME détient 5,45% du LCH.

Quand une transaction est enregistrée par la Chambre de compensation, elle est en fait annulée et remplacée par deux nouveaux contrats, chacun avec le LCH pour contrepartie. Ainsi, si A a par exemple vendu 20 contrats aluminium à B (et si les données sont « appariées ») ce contrat unique est remplacé par la vente de 20 contrats aluminium de A à la chambre de compensation et une vente de 20 contrats de la chambre de compensation à B. La LCH n'a pas de position nette mais A n'est plus maintenant exposé au défaut de contrepartie de B et de façon similaire B est protégé de A.

La chambre de compensation peut prendre en charge les risques de A et B parce qu'elle est elle-même protégée par un système de marges et de « correction au marché » (*marking to market*). A et B ont tous les deux effectué un dépôt de garantie auprès de la LCH qui représente approximativement le changement quotidien maximum possible de la valeur du contrat. Chaque jour, la valeur du contrat est recalculée sur la base des cours de fermeture du LME à 17 heures. S'il y a une chute de la valeur du contrat, les marges doivent être réévaluées jusqu'à ce qu'elles représentent à nouveau une marge de sécurité satisfaisante pour la chambre de compensation. Ceci est aussi vrai si les cours montent, mais c'est le vendeur qui est appelé en marge.

Au LME, les appels de marge sont quotidiens. Ils consistent en une liquidation fictive de toutes les positions. Ce qui revient à encaisser effectivement les pertes de la journée (qui ne sont que potentielles) en fonction de la variation journalière du cours de liquidation de la veille, et à verser cette somme à la contrepartie qui est gagnante. Mais en raison des appels de marge asymétriques signalés plus haut, la contrepartie gagnante n'est créditée de son gain qu'à la clôture finale de la transaction. Pour la chambre de compensation, les appels de marge sont neutres sur sa trésorerie.

Ainsi, chaque jour, la LCH a un jour de marge de manœuvre. Cela lui donne le temps de déboucler la position de tout membre défaillant dans le marché sans perte pour elle-même. La LCH est elle-même une institution très solide puisque ses actionnaires sont les plus grandes institutions financières mondiales. Elle serait capable de résister si les conditions de marché se révélaient extrêmes au point de dépasser les limites de sécurité. Du reste, aucune chambre de compensation dans aucun marché à terme moderne n'a encore été défaillante.²⁵

B- Les opérations de liquidation

Les transactions doivent être « liquidées » quand leur date d'échéance est atteinte. Pour 95% de transactions du LME, ceci signifie simplement un règlement en espèces à l'échéance. Typiquement, le LME est utilisé pour couvrir les risques. Les livraisons physiques de métaux n'y sont que très rares. Et les magasins agréés du LME sont donc rarement utilisés pour la bonne fin des transactions à terme conclues au LME. En effet, les livraisons physiques d'aluminium par les entrepôts agréés du LME ne concernent que moins de 5 % des transactions à terme sur l'aluminium effectuées par la bourse.

Il y a deux façons de liquider une position du LME. La première option consiste à déboucler sa position en prenant sur le marché comptant, une position inverse de celle détenue sur le marché à terme deux jours ouvrables avant la date de livraison.

²⁵ Sauf le cas de la Chambre de compensation de Hong-Kong en 1987 qui a du être sauvée par un appel à ses actionnaires et grâce à un prêt remboursable du gouvernement

De façon alternative, si le client du LME ne déboucle pas sa position avant la date de livraison prévue, le règlement est effectué en cédant ou en recevant des warrants pour les métaux physiques en entrepôt dans les dépôts agréés par le LME.

C- La livraison physique et le stockage au LME

Dans un contrat de métal LME, l'acheteur et le vendeur s'engagent respectivement à prendre livraison et à livrer le métal concerné. La livraison est effectuée par le transfert sur des bons au porteur (warrants) représentant le métal concerné. Autrement dit, le vendeur ne livre pas lui-même le métal vendu à son acheteur, mais il lui transmet un bon de dépôt (*warrant*) qui permet à l'acheteur de se faire livrer le métal par un entrepôt agréé par le LME. Les warrants sont des documents au porteur donnant à leur détenteur un droit de possession sur une quantité précise de métaux stockés dans un magasin agréé par le LME.

1- Les warrants (bons de dépôt)

Les warrants sont établis chacun pour un poids en aluminium de 25 tonnes (avec 2% de plus ou de moins) pour l'aluminium primaire et de 20 tonnes (avec 2% de plus ou de moins) pour l'aluminium d'alliage.

Chaque lot représenté par un Warrant doit être de la même forme c'est-à-dire soit des lingots, soit des barres en T soit des sows. Ce lot doit se trouver dans un entrepôt précis agréé par le LME, être la production d'un pays spécifique.

Chaque lot de lingots représenté par un warrant doit être livré en fagots de deux tonnes chacun ; ceux-ci doivent être aisément manipulables pour le transport, sans risque de distorsion ou de casse.

2 – Les règles spéciales régissant le transfert de l'aluminium primaire sur les warrants

Toute livraison d'aluminium primaire par warrants doit être accompagnée d'un certificat d'origine et d'un certificat d'analyse du producteur adressés au gestionnaire de l'entrepôt.

Le certificat d'analyse doit présenter les spécifications qualitatives exposées ci-avant

Chaque warrant doit établir le poids total d'un colis tel qu'indiqué ci-dessus, le pays d'origine du métal, la date et le numéro du certificat d'analyse.

Le warrant qui porte comme nous l'avons indiqué sur 25 tonnes d'aluminium doit mentionner le nombre de colis de lingots, de barres en T ou de sows qu'il représente.

3 – Les règles spéciales régissant le transfert de l'aluminium d'alliage sur les warrants

Comme pour l'aluminium primaire, chaque livraison d'aluminium d'alliage par warrants doit être accompagnée d'un certificat d'origine et d'un certificat d'analyse fournis par le producteur ; La date de fusion doit figurer sur les documents.

L'aluminium d'alliage livré contre *warrant* doit être présenté en lots de 20 tonnes comprenant des fagots de taille semblable, d'un poids unitaire de 500 à 1000 Kg . L'aluminium d'alliage ne peut être inscrit sur les warrants du LME que dans les huit semaines suivant la date de fusion. Dans le cas des lots comprenant plusieurs fournées différentes de fusion, la date de fusion la plus ancienne déterminera l'éligibilité à l'inscription sur warrant.

Pour faciliter cet aspect concernant la livraison et pour satisfaire les besoins de sa clientèle internationale, le LME a approuvé la création d'un réseau d'entrepôts agréés. Ceux-ci sont actuellement localisés à travers le Royaume- Uni, l'Europe continentale, Singapour, le Japon et les Etats-Unis (Carte des entrepôts agréés LME ANNEXE 57).

Le LME ne possède pas et ne gère pas lui-même ces entrepôts, il n'est pas non plus propriétaire des métaux que ces entrepôts contiennent. Il approuve l'implantation de ces entrepôts avec pour objectif d'avoir un réseau étendu dans le monde pour la plupart des zones importantes de consommation des métaux. Ces magasins doivent être sous un régime fiscal approprié ; ils doivent être desservis par un bon réseau de transport, avoir des facilités de stockage de biens sans droits spécifiques à payer et bénéficier d'un environnement politique et économique stable.

Le contrat entre le LME et les entreprises de stockage qui satisfont ces critères, établit les droits et les obligations pour ces entreprises et met en place une procédure disciplinaire. Le métal d'un type agréé doit être livré à un entrepôt pour satisfaire les obligations de livraison quand un *warrant* du LME est délivré au propriétaire de ce métal. Les termes dans lesquels le métal est stocké sont négociés entre les entreprises de stockage et l'entreprise qui livre le métal. Quand les marchés sont sur-approvisionnés, les métaux abondent dans les entrepôts. En revanche, quand les marchés se rétrécissent, les entrepôts sont peu approvisionnés. Ces mouvements des stocks de métaux dans les entrepôts agréés sont souvent des indicateurs des conditions de marché.

Bien que chaque contrat à terme du LME ouvre la possibilité de livraison de métal, dans une optique de couverture, les opérateurs du LME clôturent habituellement leurs positions avant que la date de livraison ne soit atteinte. Ceci parce que les consommateurs ont le plus souvent des contrats à long terme sur le métal physique avec les producteurs de leur choix et utilisent le LME avant tout comme une assurance contre les fluctuations de prix. Ils maintiennent normalement une position longue sur le marché à terme et, par conséquent, ne prennent livraison du métal (c'est à dire du transfert du *warrant* du LME) que pour des besoins marginaux lors de périodes de pénurie.

Le métal passe à travers un certain nombre d'étapes de transformations avant de devenir un produit fini et il est encore possible d'opérer une couverture sur la valeur du métal à chaque stade de la transformation. Les opérations de compensation entre acheteurs et vendeurs de métal pour des motifs de couverture expliquent pourquoi la quantité de métal achetée ou vendue sous forme de contrats LME est significativement plus importante que la production mondiale. L'utilisation répandue du LME pour la protection contre le risque de prix explique pourquoi les chiffres du volume de transaction pour les métaux sont de loin plus importants que la production mondiale totale. En fait, le même métal peut être couvert nombre de fois durant son parcours du minerai au produit fini.

Section 4 : les autres marchés à terme de l'aluminium

Le LME traite 95% des transactions à terme concernant l'aluminium au niveau mondial. Néanmoins, quelques marchés se sont développés ailleurs dans le monde qui ont une importance purement locale ; nous les présentons brièvement.

Paragraphe 1 : le New York Mercantile Exchange (NYMEX)

A. Présentation générale.

Le NYMEX est la plus grande bourse de commerce du monde et le premier forum pour le commerce de l'énergie et des métaux précieux. Il existe depuis plus de 130 ans.

Le NYMEX gère une grande palette de contrats à terme et d'options concernant : le pétrole brut, le gaz naturel, l'électricité, l'or, l'argent, le cuivre, le platine et l'aluminium. Il gère aussi des contrats à terme sur le charbon, le propane et le palladium.

Le contrat aluminium du NYMEX a été créé en mai 1999.

Les contrats à terme et d'options sur l'aluminium du NYMEX permettent la transparence des prix pour le marché américain de l'aluminium évalué annuellement à 35 milliards de dollars selon le NYMEX. Les contrats à terme du NYMEX donnent aussi les prix de référence pour le marché Nord américain.

B - Les caractéristiques du contrat à terme aluminium du NYMEX

Le contrat aluminium du NYMEX comporte les caractéristiques suivantes :

- L'unité de vente de base est de 44 000 livres d'aluminium (à peu près 20 tonnes)
- Les prix sont cotés en cents US par livre
- Les cotations à la criée se font de 7h30 à 13h15 heures de New York. Il existe aussi des transactions électroniques qui se déroulent toute la nuit.
- Des entrepôts agréés du NYMEX sont implantés dans le Kentucky, le Tennessee, L'Illinois, L'Indiana et l'Ohio. Les règles de livraison complètes sont présentées dans les textes réglementaires du NYMEX.
- L'aluminium primaire doit satisfaire à certaines exigences en termes de normes, c'est à dire avoir une pureté de 99.7% avec un contenu maximal en fer de 0.20% et en silicone de 0.10%.
- Les formes d'aluminium commercialisées sont des sows pesant 600 à 1785 livres, et des barres en T de même poids.

C- Les volumes de transactions

**Tableau IV-7 : volumes de transactions annuelles des contrats à terme aluminium et des contrats d'option depuis l'introduction du contrat NYMEX en 1999
(En nombre de lots de 20 tonnes)**

Années	Volume de transactions des contrats à terme	Volume de transactions des contrats d'option
1999	27 979	642
2000	46 099	0
2001	43 089	0
2002	74 000	0
2003	107 490	0
2004	72 169	2 679
2005	28 491	0
2006	9 149	0
2007	723	0

Source: The New York Mercantile Exchange Inc. Mars 2008

On constate une baisse des volumes de transactions en aluminium sur le NYMEX, cette baisse est bien nette en 2005 et en 2006 et pourrait s'expliquer par une préférence des opérateurs américains pour le LME. Le marché des options sur aluminium au NYMEX est quasiment à l'abandon et les transactions ponctuelles enregistrées par ce marché en 1999 et en 2004 contrastent avec l'évolution générale de ce marché.

Paragraphe 2 : Les marchés à terme asiatiques de l'aluminium

L'Asie compte trois marchés à terme de l'aluminium. Deux d'entre eux se trouvent au Japon et le troisième se situe en Chine.

A. - Le Central Japan Commodity Exchange (C-Com)

1- Présentation générale du C-Com

Le C-Com est créé à Nagoya en octobre 1996, c'est donc une bourse relativement jeune. En janvier 2007, le C-Com a fusionné avec le Osaka Mercantile Exchange (OME). Le résultat de cette fusion est que le C-Com gère aujourd'hui une liste de 10 produits. Les produits traditionnellement gérés par le C-Com sont les contrats à terme de pétrole

(gazoline, kérosène, gasoil) d'œufs et de ferraille, commercialisés à Nagoya. A Osaka sont commercialisés les contrats à terme de deux types de caoutchouc (RSS3 et TSR20), un indice de caoutchouc et les contrats à terme de nickel et d'aluminium.

Le C-Com assiste un grand nombre d'entreprises locales en leur procurant la place dont elles ont besoin pour se couvrir contre les risques de fluctuations de prix.

Le contrat aluminium a été créé par le C-Com en octobre 1997.

2- Le contrat aluminium du C-Com

- Ce contrat aluminium du C-Com concerne l'aluminium sous forme de lingots, de barres en T, et de sows dont les spécifications sont les suivantes : une pureté supérieure à 99.7%, un contenu en fer inférieur à 0.2 % et un contenu en silicone inférieur à 0.1 %.
- L'unité de mesure du contrat est de 5 tonnes d'aluminium par lot et l'unité de livraison est de 25 tonnes par lot. C'est à dire qu'au C-Com, on ne peut négocier un nombre de contrats inférieur à 5.
- Au C-Com, l'aluminium est coté en Yen
- Les transactions se font par cotation à la criée
- Les heures de transactions sont 9h, 10h et 11h pour la session du matin et 13h, 14h et 15h pour la session de l'après midi.
- Les livraisons sont physiques. Les jours de livraison sont le dernier jour ouvrable de chaque mois impair
- Le dernier jour de transaction est le 4ème jour du mois précédent le jour de livraison de chaque mois impair.

3 - Les volumes de transactions sur les contrats aluminium du C-Com

**Tableau IV-8 : volume de transaction sur l'aluminium au C-Com
(En nombre de contrats de 5 tonnes)**

Dates	Volumes de transactions
2002	1 285 419
2003	963 464
2004	1 101 198
2005	459 244
2006	75 659
2007	15 016
2008	9 534

Source : The Central Japan Commodity Exchange Mars 2009

Le volume de transactions est exprimé en nombre de contrats à terme négociés annuellement. On constate une instabilité de l'activité et notamment une forte baisse des transactions durant les deux dernières années qui peut lui aussi s'expliquer par l'importance prise dans la même période par le LME.

B. Le Tokyo Commodity Exchange (TOCOM)

1- Présentation générale du TOCOM

Le TOCOM a été créé le 1er novembre 1984 par la réunion du Tokyo Textile Exchange, du Tokyo Rubber Exchange et du Tokyo Gold Exchange. Il est régi par la loi japonaise sur les bourses de commerce de 1950 qui encadre tous les marchés à terme commerciaux et les marchés d'options commerciaux du Japon.

Le TOCOM assure localement les transactions à terme portant sur les biens suivants : l'or, l'argent, le platine, le palladium, l'aluminium, l'essence, le pétrole brut et

le caoutchouc. Il existe aussi au TOCOM un contrat d'option sur l'or et enfin, le TOCOM cote un indice, le TOCOM Index.

Le contrat à terme sur aluminium a été introduit au TOCOM le 7 avril 1997.

2- Le contrat à terme d'aluminium du TOCOM

- Le contrat aluminium du TOCOM porte sur l'aluminium de 99,7% de pureté au minimum, avec un contenu maximum de 0,20% de fer et de 0,1% de silicone.
- L'unité de mesure du contrat aluminium est de 5 tonnes et l'unité de livraison est de 50 tonnes
- Les transactions sont cotées en continu par ordinateur.
- Le prix de cotation s'exprime en Yen par tonne.
- Les heures de cotations sont de 9h à 11h et de 12h30 à 15h30
- Les mois d'établissement des contrats sont tous des mois pairs de l'année ; le dernier jour de transaction est le 3ème jour précédent le jour d'échéance. Le jour de livraison est le dernier jour de chaque mois pair à l'exception de décembre pour lequel c'est la date du 24 décembre qui est le jour de livraison. La livraison se fait à partir d'entrepôts agréés par le TOCOM.

3- Les volumes de transaction sur les contrats à terme aluminium du TOCOM

**Tableau IV-9: volume de transaction sur l'aluminium au TOCOM
(Nombre de contrats de 5 tonnes)**

Années	Volumes de transactions
1997	567 175
1998	305 436
1999	717 782
2000	543 015
2001	735 366
2002	513 892
2003	329 565
2004	321 131
2005	219 694
2006	157 781
2007	65 507
2008	36 203

Source: The Tokyo Commodity Exchange Mars 2009

Ces volumes représentent le nombre de contrats négociés. On observe une forte baisse tendancielle des volumes de transactions, certainement explicable par l'expansion du LME.

C. Le Shanghai Futures Exchange (SHFE)

1- Présentation du SHFE

Le Shanghai Futures Exchange est une organisation à but non lucratif fournissant à des opérateurs locaux un lieu équipé et des services pour effectuer des transactions à terme. Le SHFE gère actuellement 5 contrats concernant l'aluminium, le cuivre, le zinc, le caoutchouc naturel et le fioul. Le SHFE compte 219 membres dont 183 entreprises de courtage.

2- Le contrat aluminium du SHFE

- Le contrat aluminium du SHFE porte sur des lingots d'aluminium purs à plus de 99,7%. La référence est la marque LME P1020A.
- La taille du contrat est de 5 tonnes.
- Le prix de cotation s'exprime en Yuan par tonne
- Les heures de transactions sont 9h à 11h30 et de 13h30 à 15h
- Les jours de livraison se situent entre les 16ème et le 20ème jour ouvrable dans le mois. Les livraisons se font à partir des entrepôts agréés par le SHFE.²⁶

²⁶ Nous n'avons pas réussi à obtenir les données sur les volumes de transactions annuelles du SHFE pour l'aluminium

CONCLUSION DU CHAPITRE 2

L'objectif de ce chapitre était de présenter le London Metal Exchange dans son organisation et son fonctionnement commercial, en particulier concernant les transactions sur les contrats aluminium. Le LME présente plusieurs particularités techniques parmi lesquelles son triple système de cotation et la « flexibilité » de ses contrats de maturité 3 mois. Ces diverses dispositions originales permettent au LME de rendre des services toujours plus adaptés à sa clientèle, l'attractivité de cette place financière en est augmentée.

Nous avons situé l'activité du LME dans le cadre de l'activité générale des marchés à terme de l'aluminium. Le rôle de la bourse des métaux de Londres apparaît comme prépondérant, son importance va croissante et semble se faire aux dépens de ses homologues américaine et asiatiques.

Le succès du LME et la grande liquidité qui lui est associée semblent en grande partie explicables par la grande rigueur et le fort dynamisme organisationnel de cette bourse ; ces éléments contribuent à l'importante transparence du LME et augmentent de ce fait son rayonnement. La grande expérience de cette place de Londres dans le domaine des transactions sur les métaux où elle fait figure de pionnière, est aussi une raison explicative forte de sa réussite.

Le contrat aluminium a été créé au LME en 1978 dans un contexte où prévalaient les prix producteurs. A-t-il contribué à déstabiliser les cours de l'aluminium ? Le débat est très vif sur cette question et nous essayons d'en donner des éléments au chapitre 6 de ce travail ; mais auparavant il faut examiner l'état de la volatilité des cours au comptant de l'aluminium pendant ces dernières années.

CHAPITRE 3

LA VOLATILITE DES PRIX AU COMPTANT

INTRODUCTION

Le marché physique est le lieu d'approvisionnement en aluminium des négociants et des fabricants de produits en aluminium, à ce titre, l'étude de ce marché est essentielle.

La variable centrale du marché physique (ou marché spot) est le prix au comptant (prix spot). Ce prix a des déterminants fondamentaux que nous avons présentés dans le chapitre précédent et dont il convient de rappeler la nature et l'importance ; mais ce prix évolue aussi en fonction d'éléments informationnels et d'autres éléments imprévisibles. Tous contribuent à une fluctuation permanente du prix spot avec d'importantes conséquences pour les différents opérateurs du marché de l'aluminium. En effet, le revenu des producteurs et des négociants d'aluminium dépend de l'évolution des prix au comptant, tout comme le chiffre d'affaires de fabricants des produits semi-finis et des produits finis en aluminium.

L'étude de l'instabilité des prix de l'aluminium du point de vue de la mesure de celle-ci, mais aussi de ses causes, ses conséquences et des moyens de la combattre apparaît donc comme très utile, l'enjeu étant une visibilité à court et moyen terme de l'évolution des prix de l'aluminium qui permette une prévision des coûts des produits contenant de l'aluminium et des revenus des différents opérateurs.

La première section de ce chapitre rappelle succinctement les déterminants du prix de l'aluminium et les problématiques de prévision des prix ; la seconde section est consacrée à l'analyse de l'instabilité du marché physique.

Section 1 : Les déterminants du prix de l'aluminium

Le prix de l'aluminium comme celui de la plupart des matières premières se forme et évolue en fonction des quantités demandées et offertes (facteurs fondamentaux) auxquels viennent s'ajouter des facteurs informationnels.

Concernant les facteurs fondamentaux qui déterminent le prix de l'aluminium, nous avons présenté dans le chapitre 1, le détail des éléments de production et de consommation qui influencent le prix de l'aluminium.

Mais le prix de l'aluminium n'est pas seulement influencé par les quantités offertes et demandées (composante systématique). En effet, ce prix est aussi influencé par des éléments « externes » à l'industrie de l'aluminium. Ce sont des événements accidentels d'origine naturelle, technique, économique, sociale.

Les variations des prix de l'aluminium au LME et dans les autres bourses de commerce résultent en effet de la masse d'informations économiques, politiques, sociales ou financières canalisées vers les maisons de courtage ou vers les négociants opérant sur ces marchés. Tout cela se traduit par une influence sur l'offre et/ou la demande.

Une menace de grève, les dernières prévisions de l'évolution de l'économie, une catastrophe naturelle ayant causé la fermeture de quelques lignes de cuves, l'annonce d'un retard possible dans l'ouverture d'une nouvelle usine d'électrolyse, la publication d'un nouveau rapport sur le niveau des stocks détenus par les producteurs, les rumeurs d'achats imminents ou encore la possibilité d'un démantèlement prochain d'alumineries non rentables (et donc moins de lingots dans les entrepôts du LME), tout est prétexte à une hausse ou à une baisse des prix. Comme le fait remarquer NAPPI (1994), des millions de dollars se gagnent et se perdent en voulant prévoir l'évolution des prix spot et à terme de l'aluminium.

Paragraphe 1 : La problématique de la prévision des prix

Le besoin de connaître les prix futurs est fort chez la plupart des opérateurs économiques. Mais il est cependant illusoire de vouloir rechercher la valeur exacte d'un produit à une échéance future déterminée. Ce qui est important, c'est de bien prendre connaissance de la tendance prise par cette valeur à un moment donné et d'essayer d'identifier, et peut-être de maîtriser les facteurs qui expliquent la volatilité des prix d'une marchandise. Tous les intervenants dans un marché ont besoin de prévisions. Les spéculateurs investisseurs ont besoin de connaître les cours qui prévaudront ou du moins l'évolution et le comportement tendanciel de ces cours. C'est des prévisions qu'ils font que dépendront leurs gains ou leurs pertes. L'évolution future des cours intéresse également les producteurs soucieux de rentabiliser leurs investissements. Les organismes publics et privés nationaux et internationaux ont eux aussi ce souci de prévision. Mais ce besoin général de prévision varie en fonction des acteurs et de leurs intérêts respectifs.

La différence dans le besoin peut au premier plan se manifester au niveau de l'horizon prévisionnel qui peut être d'un jour, d'une semaine, d'un mois, d'un an, etc. Elle peut aussi se manifester au niveau du degré de précision. Le spéculateur par exemple a besoin d'un degré élevé de précision, à cause des pertes considérables susceptibles de se produire. Le négociant par contre pourra se contenter de la tendance du marché, ce qui lui permettra de se mettre en position. Même s'il a recours à des opérations de couverture, il ne sera pas pour autant insensible à l'évolution des cours, en raison des appels de marges qui constituent des coûts de financement très élevés.

Il est difficile de prévoir avec précision les prix des matières premières. En effet, en raison des décalages, l'offre et la demande d'une marchandise ne sont pas assimilables à la production et à la consommation de cette même marchandise. Lorsque le producteur détient sa marchandise, il désire soit la vendre au comptant par anticipation, soit attendre et la vendre plus tard et en obtenir un meilleur prix. Sa décision sera de ce fait fonction de ses contraintes financières, de sa capacité de stockage, et de l'opinion qu'il se fait quant à l'état futur du marché. Les acheteurs peuvent accélérer ou retarder leurs achats selon les prévisions de production ou l'état des stocks. Ce ne sont pas les informations du moment qui pèseront sur les prix, mais plutôt celles à venir, WORKING (1958). Le comportement des opérateurs sera déterminé par la nature des informations sur le futur. Une information haussière comme la

prévision d'une baisse de production, conduira à acheter ou à éviter de vendre, ce qui entraînera une augmentation du prix. Le prix se trouve ainsi sous la dépendance d'évènements anticipatifs souvent accidentels. Dès lors comment les prévoir ?

Si l'ensemble de l'information pertinente et disponible est déjà incorporé dans le prix courant, alors, on dit que le marché est efficient sous sa forme allocationnelle, aucune prévision ne permet de battre un tel marché, (FAMA 1970). La meilleure prévision des prix à venir sur un tel marché est encore le prix courant. Toutefois, l'idée d'efficience des marchés n'est pas incompatible avec la nécessité de prévision. (Le cinquième chapitre de cette thèse reviendra sur l'étude de l'efficience des marchés).

Toute information qui survient sur le marché est datée et la croyance à la reproduction des phénomènes affecte le comportement des opérateurs et les amène à infléchir les prix dans le sens de leurs anticipations. De plus, à la suite d'une information, la façon dont le prix va réagir ou a réagi peut entraîner d'autres réactions. Le marché peut aussi amplifier un phénomène ou le corriger jusqu'à ce qu'il ait épuisé sa potentialité de hausse ou de baisse. La même information n'a pas la même qualité, ni le même impact suivant qu'elle est confirmée ou non. C'est cet effet d'incorporation de l'information qui explique sans doute le phénomène de reproduction. La connaissance du cycle de reproduction des évènements affectant les cours ne justifie pas à elle seule le recours à la prévision et n'en constitue pas plus le seul fondement. Le prix de toute marchandise est en fait la résultante d'un certain nombre de facteurs.

Paragraphe 2 : Les deux principales approches de prévision des prix

La prévision des prix passe alors par la connaissance de l'évolution de ces facteurs fondamentaux. Les méthodes de prévision des prix s'appuient sur deux grandes approches, l'analyse technique qui exploite les configurations des cours passés et l'analyse fondamentale qui a recours aux déterminants des prix.

A - L'analyse technique de la prévision des prix

Cette approche de l'analyse technique trouve son fondement dans la croyance en la reproduction des phénomènes. L'idée est que, ce qui s'est passé peut encore se reproduire dans l'avenir. Cette analyse essaie d'exploiter la psychologie du marché et sa configuration. Alors que les petits spéculateurs produisent de par leurs opérations des effets erratiques, on observe des comportements plus stables chez les principaux intervenants, ROCKWELL (1967). Leur groupe est très influent, et ce sont les configurations de leurs transactions qu'il faut exploiter. Le comportement des « chartistes » va affecter les prix. L'interprétation des phénomènes passés les amène à provoquer des hausses ou des baisses artificielles de prix sur le marché. La présence d'un phénomène baissier les pousse à déclarer que le marché va baisser, ce qui provoque des ventes massives et une baisse de prix, mais la correction par le marché se fait très rapidement. L'analyse technique n'observe pas seulement les prix, mais elle s'intéresse également à toutes les indications du marché (volume de transactions, positions ouvertes...). Les outils utilisés par cette analyse sont très divers ; ils incluent de simples graphiques dits « chart bar », l'exploitation des lignes support et/ou de résistance, les clés de retournement pour anticiper les évolutions du marché, les triangles ascendants, descendants, symétriques²⁷

B – L'approche fondamentale de la prévision des prix

De par le contenu anticipatif des prix, l'information pertinente à la formation des cours est celle qui concerne leur évolution future. Ce sont les prévisions de ces facteurs qui peuvent être utilisées. Une analyse ex-post d'estimation des comportements passés n'est utile que dans la mesure où ceux-ci sont stables dans le temps. Les facteurs fondamentaux ou variables explicatives des prix sont en réalité beaucoup plus nombreux qu'on ne le croit et plusieurs d'entre eux sont impondérables ou du moins difficiles à mesurer. Or dans un modèle, on est obligé de limiter ses ambitions en retenant peu de variables, car on ne peut pas les connaître toutes. Par ailleurs, les gros modèles, en plus de leur lourdeur, ne donnent pas très souvent de meilleurs résultats.

²⁷

Didier Virac « Les clefs de la bourse » pp 138-142 SEFI 1994

On ne sait pas dans quels délais et dans quelle proportion ces facteurs vont réagir. Il se pose donc un problème de stabilité des relations et des coefficients dans le temps.

Les facteurs sont liés par des éléments de simultanéité et aucun facteur à lui seul n'exerce une influence isolée. Il faut penser à une structure de décalage.

L'analyse fondamentale permet de voir le comportement des prix sur une moyenne période. Si cette analyse est indispensable, il ne faut pourtant pas s'attendre à battre le marché à partir d'une telle analyse.

Le marché qui est un synthétiseur d'informations va plus vite que quiconque, et l'analyse fondamentale accusera toujours un retard par rapport au marché. On ne peut prévoir la réaction du marché qu'en l'observant, et prendre position en fonction des comportements observés, c'est la philosophie qui justifie le recours à l'analyse technique telle qu'elle a été présentée ci-dessus.

Section 2 : L'instabilité du marché physique

L'analyse de l'instabilité du marché physique commence par une définition de la notion de marché physique, ensuite sont présentés les causes et les effets de l'instabilité, et enfin les évolutions récentes des prix de l'aluminium.

Paragraphe 1 : Les marchés du physique

La notion de marché physique mérite d'être clarifiée, car il en existe de deux sortes : les marchés au comptant, que l'on nomme « *cash* » ou « *spot market* » et les marchés à livraison différée « *forward market* ».

Les premiers sont avant tout des marchés de règlement. Ils permettent à ceux qui ont soit vendu à terme, soit procédé à des ventes à découvert, de respecter leurs engagements. Ils sont aussi utilisés pour tout autre besoin immédiat, notamment de production. Ces marchés restent néanmoins peu actifs. Les plus importantes négociations se font par téléphone, télécopie, fax, Internet, entre les producteurs, les négociants, les courtiers et les consommateurs. On peut de ce fait admettre que les télécommunications modernes ont rendu inutile l'existence d'un lieu

physique servant de place de marché du physique au sens où on l'entend traditionnellement. Les prix au comptant sont des prix de référence collectés auprès des différents courtiers ayant servi d'intermédiaires entre les parties. Toutefois, il existe plusieurs places servant de lieux de livraison aux industriels. Ces places sont nombreuses et dispersées à travers les principaux centres de consommations d'aluminium. Il s'agit du réseau d'entrepôts agréés par le LME actuellement localisés au Royaume-Uni, en Europe continentale, à Singapour, au Japon et aux Etats-Unis.

Les marchés à échéances de livraison différées sont des marchés véritablement organisés, ils constituent les ancêtres des marchés à terme d'aujourd'hui. Un investisseur qui achète un contrat « *forward* » accepte de détenir une unité d'un bien en un temps futur spécifié dans le contrat. Le prix *Forward* qui varie selon les échéances de livraison désirées, est déterminé au moment du contrat. Il est spécifié dans le contrat et ne change pas tout au long de la vie de ce dernier. Ce prix qui est égal au prix spot plus la « base », est établi de sorte que l'acheteur du contrat qui est « long » ne paie ni ne reçoit rien au moment de la conclusion du contrat. A l'échéance du contrat, cet investisseur « long » reçoit une unité de la marchandise physique livrée par le vendeur du contrat qui est dans une position « courte ». En contrepartie de la livraison du physique, le vendeur encaisse le prix « *Forward* » spécifié au contrat. A la date de maturité, l'acheteur « long » réalise un gain ou une perte égale à la différence entre le prix spot d'une unité de la marchandise et le prix « *Forward* » inscrit au contrat.

Les marchés à livraisons différées donnent des indications de prix, soit sur les différentes échéances, soit sur l'échéance la plus rapprochée. Ces prix peuvent être affichés avec ou sans frais annexes, c'est à dire CAF (Coût Assurance Fret) ou FOB (*Free On Board*), dans ce dernier cas, le négociant contacte lui même une compagnie de transport maritime et d'assurance.

Paragraphe 2 : L'instabilité du marché au comptant de l'aluminium

Comme la plupart des marchés des matières premières, le marché de l'aluminium est instable. Les raisons de cette instabilité se trouvent dans les variations de l'écart entre l'offre et la demande. Aujourd'hui, cette dernière est en nette hausse par rapport aux années 80 et 90, du fait notamment des besoins des pays émergents. Ce paragraphe explique l'instabilité du

marché de l'aluminium et compare cette instabilité à celle d'autres marchandises en se basant sur des études antérieures.

A- La mesure de l'instabilité

1- Les données

Les prix spot étudiés proviennent de la revue professionnelle *Metal Bulletin*. *Metal Bulletin* nous a permis de disposer de ses estimations de prix avant 1978, date des premières cotations de l'aluminium au LME. Rappelons qu'avant 1978, l'aluminium était sous le régime des prix-producteurs. A cette époque, *Metal Bulletin* a publié deux fois par semaine, ses propres estimations des cours de l'aluminium concernant le marché européen sous la rubrique « *Certain other transactions* ». Les interviews réalisés auprès de spécialistes du BRGM notamment, nous indiquent en effet que la revue *Metal Bulletin* gérait une base données d'opérateurs qui lui indiquaient confidentiellement à quels prix ils avaient acheté ou vendu leur stock d'aluminium. C'est à partir de ces indications que cette revue a établi les cours de l'aluminium qu'elle a publié jusqu'en 1978. Ces prix faisaient autorité, en l'absence d'un marché organisé.

Les prix spot étudiés sont hebdomadaires. Nous avons en effet choisi de travailler sur les prix officiels de vendredi à vendredi. La période d'étude s'étend du 1^{er} janvier 1970 au 31 décembre 2007. Pour la période 1979 à 2007 nous avons utilisé les prix au comptant du LME publiés par *Metal Bulletin* et le LME lui-même.

2 – Présentation de la méthodologie

Nous utilisons 4 indicateurs différents pour mesurer l'instabilité des cours spot de l'aluminium : l'écart type, le coefficient de variation, le modèle de trend linéaire et le rapport maximum / minimum de la série des prix au comptant de l'aluminium.

a- L'écart type et les tests de normalité

La mesure du risque s'effectue généralement sur la base du calcul de la volatilité c'est-à-dire par l'intermédiaire de la mesure de l'amplitude des variations. Et la volatilité se mesure par le biais de l'écart-type des rendements constatés

L'écart type $\sigma(P)$ renseigne donc sur les fluctuations des prix de l'aluminium
Son calcul découle de celui de la variance ($V(P)$)

$$\sigma(P) = \sqrt{V(P)}$$

$$\text{et } V(P) = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n} \quad \text{avec } \bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

L'écart type glissant permet de vérifier si à l'intérieur d'une période, l'écart type est ou n'est pas constant dans le temps.

Les notions de Skewness (asymétrie) et de Kurtosis (aplatissement) permettent de porter un jugement sur la forme de la volatilité

b- Le coefficient de variation

C'est le rapport de l'écart type (σ) à la moyenne ($\bar{P}$) d'une série des prix. Ce rapport permet de mesurer l'instabilité de la série de prix. Celle-ci est d'autant plus instable pour une moyenne donnée que son écart type est élevé. Ce coefficient permet des comparaisons de l'instabilité entre différentes séries ou à l'intérieur d'une série sur des sous- périodes.

$$\text{CV en \%} = \frac{\sigma}{\bar{P}} \cdot 100$$

c- Le modèle de tendance linéaire

Une autre façon d'apprécier l'instabilité des séries de prix (P_t) est de prendre comme base de référence, non plus la moyenne des cours, mais la tendance de ceux-ci. Il s'agit de calculer les trends linéaires pour chaque produit en effectuant la régression suivante :

$$P_t = a + bt + \varepsilon_t$$

Où t représente le temps et le paramètre « b » la tendance linéaire. Le coefficient de détermination R^2 indique la qualité de la régression linéaire. Un R^2 proche de 1 peut être considéré comme un indicateur de faible instabilité. A l'inverse, un R^2 proche de 0 est le signe d'une grande instabilité (sous réserve de l'hypothèse de linéarité).

Sur la base du modèle linéaire, l'importance des fluctuations peut être mise en évidence par une estimation de l'écart type des résidus « σ_t ». Ce dernier est un indicateur de l'écart moyen entre les valeurs observées P_t d'une part, et les valeurs calculées $\hat{P}_t$ sur le trend d'autre part. Pour éliminer l'effet taille, on peut diviser « σ_t » par la moyenne.

d- Le rapport maximum/minimum

Une mesure brute de l'instabilité est le rapport entre le maximum et le minimum des cours de la série, soit :

$$I = \frac{\max i}{\min i}$$

Où $\max i$ = maximum des prix de la série i

$\min i$ = minimum des prix de la série i

3 – Présentation des résultats

**Tableau III- 1 : L'instabilité des cours au comptant hebdomadaires de l'aluminium
(1970 – 2007)**

- L'écart type (σ) et les statistiques descriptives essentielles
Histogramme de la série des prix au comptant de l'aluminium entre 1970 et 2007 avec statistiques descriptives

COLLAGE A EFFECTUER

- Le coefficient de variation (V)

Indicateurs	σ	$\bar{P}$	$V \text{ en } \% = \frac{\sigma}{\bar{P}}$
Résultats	569	1378,72	41,27%

- Modèle de trend linéaire

Indicateurs	Equation de régression	R^2	Ecart type des résidus : σ	$I \text{ en } \% = \frac{\sigma_t}{\bar{P}} \times 100$
Résultats	$\hat{P}_t = 690,64 + 0,69t$ (37,72)* (43,38)	0,487	407,46	29,55

* Les chiffres entre parenthèses représentent la valeur du T de Student

- Rapport maximum/minimum

Indicateurs	Max	Min	$\gamma = \frac{Max}{Min}$
Résultats	3942	304,2	12,96 ²⁸

4 – Comparaison des résultats

Les résultats que nous obtenons n'ont par ailleurs de véritable signification que si on les compare à des résultats obtenus pour des études sur d'autres produits en utilisant la même méthodologie. Le TABLEAU III-3 présente les résultats de l'étude de NJIKI (1994) sur 5 produits (cacao, café, caoutchouc, coton, sucre) pour la période allant de 1970 à 1990 à partir de données du « Bulletin Mensuel des Produits de Base » publiées par la CNUCED.

Pour pouvoir faire des comparaisons pertinentes entre l'évolution des cours de l'aluminium et les résultats obtenus par NJIKI (1994), nous avons refait les calculs ci-dessus en les appliquant à la période 1970-1990, période retenue par l'étude de NJIKI. Les résultats obtenus à partir de ces nouveaux calculs sont les suivants.

Tableau III-2 : L'instabilité des cours au comptant hebdomadaire de l'aluminium 1970-1990

a- L'écart type (σ) et les statistiques descriptives essentielles
Histogramme de la série des prix au comptant de l'aluminium entre 1970 et 1990 avec statistiques descriptives

COLLAGE A EFFECTUER

²⁸ Il est évident que le rapport Max/Min serait beaucoup plus réduit si on éliminait les effets de l'inflation sur 37 ans (1970-2007)

b- Le coefficient de variation (V)

Indicateurs	σ	$\bar{P}$	$V \text{ en } \% = \frac{\sigma}{\bar{P}}$
Résultats	600,19	1189,95	50,44

c-Modèle de trend linéaire

Indicateurs	Equation de régression	R^2	Ecart type des résidus : σ_t	$I \text{ en } \% = \frac{\sigma_t}{\bar{P}} \times 100$
Résultats	$\hat{P}_t = 279,60 + 1,66t$ (15,93)* (59,87)	0,766	290,23	24,39

* Les chiffres entre parenthèses représentent la valeur du T de Student

d-Rapport maximum/minimum²⁹

Indicateurs	Max	Min	$\gamma = \frac{Max}{Min}$
Résultats	3942	304,2	12,96

Tableau III- 3 : L'instabilité des cours mensuels de 5 produits de base 1970-1990

a- Coefficient de variation

Produits Indicateurs	Cacao	Café	Caoutchouc	Coton	Sucre
σ	40,77	51,82	54,93	60,95	8,09
$\bar{P}$	85,66	112,33	188,58	152,61	11,06
$V \text{ en } \% = \frac{\sigma}{\bar{P}}$	47,59	46,13	29,12	39,93	73,14

²⁹ Il est évident que des prix déflatés donneraient un rapport max/min beaucoup plus faible.

b- Modèle de trend linéaire

Produits Indicateurs	Cacao	Café	Caoutchouc	Coton	Sucre
Equation de régression	$\hat{p}_t = 69,52 + 0,12 t$ (13,33)* (3,72)	$\hat{p}_t = 82,61 + 0,23 t$ (13,33) (5,53)	$\hat{p}_t = 15,01 + 0,27 t$ (23,75) (6,15)	$\hat{p}_t = 64,52 + 0,63 t$ (15,09) (6,15)	$\hat{p}_t = 12,03 - 0,76 t$ (11,76)(-1,09)
R ²	0,05	0,10	0,13	0,69	0,004
Ecart type des résidus : E _t	39,70	48,91	51,19	33,76	8,07
I en % = $\frac{Et}{P} \cdot 100$	46,34	43,54	27,14	22,12	72,96

- Les chiffres entre parenthèses représentent la valeur du T de Student.

c- rapport maximum/minimum

Produits Indicateurs	Cacao	Café	Caoutchouc	Coton	Sucre
Max	197,84	314,96	355,40	301,25	56,14
Min	21,79	42,24	86,40	60,86	2,78
$\gamma = \frac{Max}{Min}$	9,07	7,45	4,11	4,24	20,19

Source : Roger NJIKI : « Les marchés au comptant et à terme des cacaos en fèves sur la place de Paris : Une analyse économique et financière ». Thèse de doctorat en sciences de gestion Orléans, 1994. pp 88-89

Les histogrammes des séries de prix au comptant ci-dessus et les statistiques descriptives assorties amènent plusieurs commentaires. On constate en premier lieu, que pour les deux séries, le coefficient de *kurtosis* est élevé, c'est-à-dire supérieur à 3 (valeur du coefficient de *kurtosis* pour la loi normale). Cette importance du *kurtosis* témoigne d'une grande probabilité d'occurrence des points extrêmes. En second lieu, le coefficient de *skewness* est différent de zéro (valeur théorique du coefficient de *skewness* pour une loi normale). Ceci illustre la présence d'asymétrie. Cette asymétrie se traduit par le fait que la volatilité est plus forte dans le sens de la hausse que de la baisse des prix ou inversement. Le coefficient de *skewness* positif indique que la distribution est plus étalée vers la droite. Ceci nous conforte dans l'idée que les séries des prix de l'aluminium ne suivent pas une loi normale, ce qui est une caractéristique générale des séries financières.

Par ailleurs, on se rend compte que, quel que soit l'indicateur utilisé, il se dégage pour les prix spot de l'aluminium comme pour ceux des autres produits présentés, une forte instabilité.

Avec un coefficient de variation de 50,44, les prix de l'aluminium semblent aussi instables que ceux du coton (39,93), mais ils sont plus instables que ceux du caoutchouc (29,12). Les produits alimentaires étudiés par NJIKI (Cacao, café, sucre) ont une instabilité beaucoup plus grande que les produits non alimentaires (aluminium, caoutchouc, coton), au regard de leur coefficient de variation.

Quand on observe les modèles de trend linéaires, on constate un R^2 des prix de l'aluminium (0,766) assez important, ce qui indique des écarts peu importants des prix effectifs de l'aluminium par rapport à la tendance linéaire théorique. Mais le R^2 du caoutchouc (0,13) est beaucoup plus faible que celui de l'aluminium, celui du sucre (0,04) est le pire de tous. Le coton a un R^2 exhibant moins d'instabilité que tous les autres produits étudiés à l'exception de l'aluminium sur la période 1970 - 1990.

La méthode Max/Min place l'aluminium dans le peloton de tête des produits dont les prix fluctuent le plus.

Ces résultats montrent que les prix de l'aluminium sont bien instables, mais on se rend aussi compte que la plupart des matières premières connaissent une importante instabilité de leurs prix. D'ailleurs, ce phénomène très préoccupant pour les professionnels utilisant les matières premières, n'est pas nouveau comme le montrent les résultats des études de NEWBERRY et STIGLITZ (1981) sur des produits de base et de MC NICOL (1983) sur quelques produits manufacturés.

L'étude de NEWBERRY et STIGLITZ a porté sur les cours de six produits de base (cacao, café, coton, jute, caoutchouc, sucre) sur la période 1951 à 1975. Ces cours sont des moyennes annuelles des cours quotidiens. Les résultats sont les suivants.

Tableau III-4 : Indice d'instabilité de quelques produits de base 1951-1975

Produits	Moyenne	Cacao	Café	Coton	Jute	Caoutchouc	Sucre
Indice d'instabilité CV en %	34	31	26	30	20	40	58

Source: NEWBERRY D. M. G. ET STIGLITZ J. E.: "The theory of commodity price stabilization. A study in the economics of risk" *Oxford University Press* 1981.

MC NICOL a essayé de déterminer le degré d'instabilité de quelques produits manufacturés (matériel mécanique, matériel électrique, voitures neuves, vêtement féminins) sur la même période. Il obtient les résultats suivants :

Tableau III-5 : Indice d'instabilité de quelques produits manufacturés 1951-1975

Produits	Matériel mécanique	Matériel électrique	Voitures neuves	Vêtements féminins
Indice d'instabilité CV en %	6	10	13	8

Source: Mac NICOL D. L. « Commodity Agreements and Price Stabilization" Lexington (Mass.) *Lexington Books* DC Heath and C°, 1978

La comparaison des résultats de ces deux derniers tableaux met en relief l'extrême instabilité des cours des matières premières qui apparaissent comme beaucoup plus volatils que ceux des produits manufacturés. Cette instabilité a des explications et induit des conséquences pour les professionnels utilisant les matières premières. Mais avant de présenter les explications générales de l'instabilité des cours des matières premières et les conséquences des fluctuations de ces cours, nous présentons l'évolution des cours de l'aluminium de la trentaine d'années la plus récente.

B- L'évolution des cours au comptant de l'aluminium pendant les 3 dernières décennies.

L'évolution des prix au comptant de l'aluminium entre 1970 et 2007 telle qu'elle apparaît sur le GRAPHIQUE III-1 (ANNEXE 49) montre des fluctuations nombreuses et importantes. Plusieurs périodes apparaissent à l'observation des tendances à la hausse et à la baisse des cours ; on a la nette impression d'être en présence de cycles.

Les spécialistes³⁰ expliquent les fluctuations cycliques des cours de l'aluminium (périodes de 4 à 5 ans entre 2 pics) par un phénomène de pompage dû à l'inertie de réaction de l'offre par rapport à la demande. En effet, le temps de construction de nouvelles fonderies permettant d'adapter l'offre d'aluminium à un surcroît de demande est assez long ; il faut compter 3 à 4 ans selon les circonstances, entre la décision d'investissement et la coulée des premiers lingots d'aluminium d'une nouvelle fonderie.

Sur le GRAPHIQUE III-1 (ANNEXE 49), le pic atteint en 1988 par le cours de l'aluminium au LME est très remarquable. Les explications à cette situation reposent sur la conjonction de plusieurs phénomènes.

D'abord, la production d'aluminium primaire avait diminué à la fin de 1987 à cause des grèves dans les usines de Shawinigan (Alcan) et de San Ciprian (Alcoa). Ces mouvements sociaux ont entraîné une perte globale de production de 300 000 tonnes par an soit 2,5% de la

³⁰ Nos remerciements à Maurice Laparra , directeur de l'IHA et à Carmine Nappi directeur de l'analyse de l'industrie à Rio Tinto-Alcan pour leurs explications du 20 /09/2008

capacité occidentale de production de cette époque. Ceci a contribué à raréfier les stocks disponibles.

En 1988, les stocks d'aluminium dans la plupart des entrepôts des bourses sont au plus bas (Voir GRAPHIQUE III-2 ET III-3, ANNEXE 50). Cette année là, la rareté de l'aluminium s'explique aussi par un changement dans les caractéristiques du contrat aluminium au LME. En effet, on est passé d'une exigence de pureté du métal de 99,5% à 99,7%. Ceci a temporairement limité la quantité de métal offerte au LME, étant donné que les petits producteurs de lingots d'aluminium ont besoin de temps pour satisfaire aux nouveaux critères techniques et pouvoir ajuster leur offre.

Enfin, le pic de 1988 s'explique par des éléments de conjoncture économique. En effet, l'économie mondiale s'est nettement améliorée en 1988 après le crash boursier de 1987, et les traders ayant des positions « courtes » sont obligés d'acheter des contrats aluminium pour équilibrer leur position. Tout ceci dans un contexte de stocks du LME au plus bas.

Il y a d'ailleurs eu d'autres « pics » dans l'évolution des cours au comptant de l'aluminium. Les GRAPHIQUES III- 4 à III- 6 (ANNEXE 51) montrant la cotation de l'aluminium au LME en dollar et en franc sont très éloquentes à ce sujet ; ils permettent aussi de mieux visualiser la réalité de cycles dans l'évolution des cours de l'aluminium mentionnée plus haut.

C- Les facteurs généraux de l'instabilité

Nous avons indiqué ci-avant, les facteurs fondamentaux (en relation avec l'offre et la demande du produit) et exogènes (informations économiques, financières, politiques et sociales) qui influencent l'évolution des prix des marchandises. GEMAN (2005) explique les caractéristiques des mouvements des prix des métaux au comptant, puis à long terme.

Les variations des prix au comptant des métaux sont généralement explicables à partir de l'analyse en termes d'offre et de demande. Pour GEMAN toutefois, il y a deux raisons pour lesquelles il est difficile d'obtenir pour un jour donné, une explication satisfaisante des mouvements des cours d'un métal précis en utilisant simplement l'analyse en termes d'offre et de demande.

D'abord seul un petit pourcentage de marchandises physiques reste en contrats quand la date de livraison est atteinte. Même si ceci représente la production et la demande les plus élastiques, le volume de biens vendus pour satisfaire la demande physique est petit comparé au volume négocié sur le marché. Les positions de marchés agissent comme offre et demande et les prix sont plus déterminés par des facteurs comportementaux que par des facteurs fondamentaux. Par conséquent, même si les prix moyens au comptant sont généralement représentatifs des facteurs économiques fondamentaux, un jour quelconque ils peuvent substantiellement différer du prix fondamental.

Deuxièmement, alors que le stock de marchandise peut agir comme régulateur pour recevoir ou sortir les biens, des comportements de marché tels que la rétention de stocks peuvent conduire à un « rétrécissement technique » (*Technical tightness*) du marché. Par exemple, un producteur peut augmenter l'offre en vendant le bien qu'il détient en stock ou réduire l'offre en augmentant ses stocks plutôt que de vendre. De manière similaire, un consommateur peut augmenter la demande en constituant des stocks ou la réduire en utilisant les stocks qu'il possède.

Concernant les mouvements de prix à long terme, à tout moment, il y a pour tout métal produit dans des conditions économiques stables, un prix à terme qui est globalement égal au coût de production total du producteur marginal ; ce coût de production inclut le coût de la prime de risque sur la base de laquelle le capital est attiré vers une nouvelle production. Le coût total de production inclut le coût du capital (la terre, la technologie et l'équipement). A long terme, l'élasticité prix de la demande est supposée être faible. La stabilité économique à long terme induit que la volatilité des contrats à long terme est habituellement basse.

D – Les conséquences de l'instabilité

Les analyses habituelles des conséquences des fluctuations des cours de matières premières d'origine végétale et même minérale portent souvent sur le manque à gagner ou l'imprévisibilité en termes de recettes d'exportations des pays producteurs de ces matières premières. On analyse alors essentiellement les effets macro économiques de l'instabilité ; on estime d'une façon générale que l'instabilité est nuisible à la croissance économique des pays producteurs de matières premières. En général, ces pays sont des pays en voie de

développement et leur politique budgétaire est tributaire des recettes fiscales provenant de l'exportation des matières premières. La fluctuation des recettes d'exportation induit une fluctuation des recettes de l'Etat. L'instabilité des prix des matières premières est donc nuisible au développement.

Une telle analyse n'est pas transposable à l'aluminium. En effet, celui-ci constitue certes une matière première, mais c'est avant tout un produit industriel. Il est vrai que l'aluminium est de façon croissante, un bien produit par des pays émergents, mais comme nous l'avons montré dans le premier chapitre de cette thèse, la production de l'aluminium est encore en grande partie assurée par des pays industrialisés. Et même en Chine où sont produits plus de 20% de l'aluminium mondial, les fluctuations des prix de l'aluminium ne sont pas analysées sous l'angle d'un affaiblissement des recettes d'exportation.

L'instabilité des prix de l'aluminium a surtout des effets micro-économiques.

Au niveau des entreprises de négoce et des entreprises industrielles qui transforment l'aluminium en produits semi finis et en produits finis, les fluctuations des prix de l'aluminium entraînent une fluctuation du chiffre d'affaires qui peut compromettre l'activité de ces entreprises. On peut alors rentrer à ce niveau dans un cercle vicieux : baisse du chiffre d'affaires- baisse du bénéfice-absence de moyens de financement- recours à l'endettement bancaire- augmentation des charges financières-réduction du bénéfice.

E – Les moyens de lutte contre l'instabilité.

Nous avons évoqué les problèmes rencontrés par certains pays en voie de développement par rapport aux effets des fluctuations des prix des matières premières sur leurs recettes d'exportation et par conséquent sur leur développement. Ces pays ont recours à des solutions à la fois internes et internationales pour circonscrire les effets des fluctuations des prix des matières premières qu'ils produisent.

Au niveau national, ces pays ont créé des « Caisses de Stabilisation » (ou *Marketing boards*) qui assurent aux producteurs de certaines matières premières exportées, un prix constant dans un contexte de fluctuations des prix. Au niveau international, les instruments de stabilisation sont de 4 types : les stocks régulateurs, le système des quotas, le système de

financement compensatoire du FMI ou le mécanisme du STABEX. Certains de ces mécanismes visent à permettre une stabilisation des marchés de certaines matières premières en régulant le volume de l'offre et certains autres permettent une « indemnisation » des pays exportateurs de matières premières en cas de perte de recettes.³¹

Comme nous l'avons fait remarquer, le marché de l'aluminium ne présente pas les problématiques en termes de source de recettes d'exportation pour le développement des pays producteurs d'aluminium. Il n'existe donc dans aucun pays producteur d'aluminium une caisse de stabilisation des recettes d'exportation, pas plus qu'il n'existe au niveau international de mécanisme de régulation des cours de l'aluminium. Pour se prémunir des effets des fluctuations des cours de l'aluminium, les entreprises de négoce et celles qui utilisent l'aluminium pour produire des biens ont recours aux marchés à terme.

Depuis WORKING (1958), on sait que les marchés à terme fournissent une information sur l'évolution de la relation entre prix au comptant et prix à terme. Il est donc possible d'améliorer la gestion des stocks de produits physiques détenus par les entreprises et les organismes de stockage en se référant au marché à terme. En effet, de nombreuses opérations de couverture qui sont faites sur les marchés à terme ne doivent plus être considérées comme une assurance contre des pertes et des profits de spéculation, mais comme un instrument de gestion des stocks. Les marchés à terme peuvent aider à la gestion des entreprises en améliorant leur politique d'achat et d'approvisionnement, ainsi que leur politique de vente. Ils facilitent les décisions commerciales en permettant à l'entreprise d'acheter aujourd'hui lorsque les prix sont bas, les produits dont elle aura besoin dans l'avenir sans avoir à les stocker et en mobilisant seulement le montant de *deposit* exigé pour opérer sur les marchés à terme et les éventuels appels de marge. Ces marchés à terme permettent seulement de vendre des produits lorsque leur prix est élevé avant que la production ne soit effectivement réalisée. Ils procurent à l'entreprise en conséquence, une plus grande liberté d'action pour assurer sa gestion.

Les marchés à terme peuvent aider au financement des stocks.³² L'opérateur professionnel qui détient des stocks de produits physiques doit les financer. Le crédit accordé

³¹ Le lecteur intéressé par ces mécanismes peut utilement consulter le livre de J. Ntamatungiro « *Stabilisation des recettes d'exportation, contrats à terme et options* » Economica Paris 1988.

³² Y. Simon et D. Lautier : « *Marchés dérivés de matières premières et Gestion du Risque de Prix* » Economica, Paris, 2001

par le banquier est très souvent gagé sur la marchandise. Pour que la garantie porte ses fruits, la valeur de cette marchandise ne doit pas varier. Le risque pour le banquier en cas de baisse des prix, est de ne pas retrouver le montant du prêt lors de la commercialisation des matières premières servant de gage. Pour éviter cette éventualité et se garder une marge de sécurité, le banquier limite ses engagements et accorde un financement représentant 40% à 60% de la valeur de la garantie.

Selon SIMON (2001), quand la marchandise financée fait l'objet d'une opération de couverture sur le marché à terme, les risques de prix auxquels le banquier est confronté disparaissent. La surestimation de la valeur des matières premières servant de gage au prêt est impossible, car le cours à terme est public et connu de tous. La baisse du prix n'a pas de conséquence, car au sens traditionnel de la couverture sur les marchés à terme, toute moins value sur le physique est compensée par un gain identique sur le terme. En présence d'un marché à terme, à condition qu'il soit liquide, il est toujours possible de négocier des contrats à terme. Dans ces conditions, le banquier peut accorder un prêt pouvant atteindre 90% et parfois 100% de la valeur de la marchandise, à un coût probablement inférieur à celui qui aurait été fixé en l'absence d'opérations de couverture sur les marchés à terme.

CONCLUSION DU CHAPITRE 3

Les prix au comptant de l'aluminium sont instables, à l'instar d'ailleurs des cours de la plupart des matières premières minérales ou végétales. Cette instabilité s'explique par des facteurs fondamentaux et informationnels qui déterminent les prix de l'aluminium ; entre autres facteurs, le rôle du dollar est important pour expliquer les variations des prix de l'aluminium, en effet sur les principaux marchés à terme de l'aluminium, la cotation se fait en dollar, d'où l'incidence des variations du cours de cette monnaie sur les cours de l'aluminium.

Les activités de production et de négoce de l'aluminium de par leur nature et de par les principaux lieux où elles s'exercent n'impliquent pas beaucoup les Etats, même si des entreprises publiques de production d'aluminium existent au Moyen-Orient notamment, et même si les enjeux financiers concernant l'économie de l'aluminium sont très importants. Dans tous les cas, les mesures prises par chaque opérateur pour circonscrire les effets de l'instabilité des prix ne sont jamais le fait des organismes publics nationaux ou internationaux de type caisse de stabilisation ou fonds monétaire international. En effet, les solutions des entreprises pour se protéger des conséquences de l'instabilité des prix de l'aluminium sont essentiellement le recours aux contrats à terme du LME notamment.

Les prix nominaux de l'aluminium augmentent sous la pression de la demande des pays émergents. Mais en termes réels, les prix de l'aluminium ces dernières années ont connu plutôt une décélération (ANNEXE 52) due notamment à la baisse des coûts moyens de production (liée à la stabilité des cours des inputs dans la production d'aluminium) et à la robustesse du dollar américain pendant une période assez longue.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

L'éviction de l'oligopole constitué par les six sociétés majeures à la fin des années 60, et l'apparition de plusieurs groupes stratégiques a joué dans le sens d'une plus grande concurrence et donc d'une modération des prix dans le secteur de l'aluminium. Ont aussi contribué à la dynamique dans ce sens, le rôle croissant de l'aluminium secondaire et l'« agressivité » accrue des produits de substitution à l'aluminium ; ces derniers éléments ont en effet contribué à une augmentation de l'élasticité prix de la demande d'aluminium. Seule la tendance marquée à l'intégration verticale dans le secteur de l'aluminium a contribué à atténuer le niveau de concurrence qu'on y observe. Les restructurations dans l'industrie de l'aluminium se poursuivent encore aujourd'hui. Elles sont permises par la grande liquidité des groupes miniers. Mais les objectifs des nouvelles concentrations dans l'industrie de l'aluminium sont différents de ce qu'ils ont été au 20^e siècle. En effet, il ne s'agit plus de contrôler l'aval de l'industrie pour développer le marché des produits semi-finis et finis, le prix du lingot étant aujourd'hui déterminé par le LME. Le but de l'intégration verticale au 21^e siècle, c'est de contrôler l'amont de l'industrie en vue de gérer de façon optimale les coûts de production de la bauxite et de l'alumine et de l'énergie.

La nouveauté majeure dans l'industrie de l'aluminium, est l'apparition d'un géant de la consommation et de la production, la Chine. La demande chinoise contribue plutôt aujourd'hui à une accélération de la hausse des prix nominaux. L'arrivée de ce pays qui représente aujourd'hui plus de 20% de l'activité de l'industrie de l'aluminium a redonné des couleurs à un marché que la crise, commencée en 1974, avait rendu très déprimé. Même si la Chine connaît des problèmes de coûts élevés des inputs (alumine et énergie notamment), son rôle moteur pour l'industrie de l'aluminium est, selon les spécialistes, appelé à durer dans le temps. Les autorités chinoises s'y emploient en réorganisant les conditions de production. La consommation chinoise d'aluminium par habitant ne représente aujourd'hui que moins d'un cinquième des standards des pays développés ; les marges de croissance importantes laissent les industriels de l'aluminium assez optimistes

A l'instar de ceux de la plupart des matières premières, les cours au comptant de l'aluminium sont instables. Cette instabilité qui réduit la visibilité du marché crée pour les industriels un souci pour la planification de leurs revenus. L'instabilité des cours de

l'aluminium s'explique notamment par la pression exercée par la demande des pays émergents. Le rôle du dollar monnaie de cotation est aussi souvent évoqué.

A l'époque des « six majeures », l'aluminium était sous le régime des prix-producteur. La création en 1978 du contrat aluminium au LME a définitivement scellé le passage d'une économie de l'aluminium orientée par des prix-producteurs à une économie véritablement orientée par des prix de marché. L'étude des fonctions du LME du point de vue de leur efficacité doit donc être envisagée

DEUXIEME PARTIE

L'ETUDE DE L'EFFICACITE DU MARCHE A TERME DE L'ALUMINIUM DE LONDRES (LME)

INTRODUCTION

Le but de cette 2^{ème} partie est d'analyser les fonctions du LME par rapport au contrat à terme aluminium qui y a été introduit en 1978, la question étant de savoir si le marché des métaux de Londres remplit ses fonctions financières de manière satisfaisante concernant le produit aluminium et l'industrie sous-jacente. Le LME effectue 95% des transactions mondiales à terme sur l'aluminium. A première vue, le marché de Londres donne donc satisfaction aux opérateurs du marché de l'aluminium. Encore faudrait-il étudier et expliquer le pourquoi et le comment de cette forte attractivité. Le chapitre 2 de la présente étude a montré les raisons institutionnelles de la préférence des opérateurs de l'aluminium pour le LME. Il nous faut aussi montrer les raisons « techniques » ou plutôt purement financières explicatives du leadership du LME pour l'aluminium. C'est l'objet de cette deuxième partie.

Rappelons qu'avant 1978, le marché de l'aluminium était gouverné par des prix-producteurs. Ces derniers étaient en fait établis à partir des ententes entre les 6 sociétés majeures. En cas de déséquilibre sur le marché, les ajustements de prix s'effectuaient alors par une réduction de l'offre d'aluminium qui contribuait à maintenir les prix hauts et garantissait les marges des sociétés de l'oligopole aluminier. Dans un tel contexte, l'étude de la fonction d'information du marché était peu pertinente, dans la mesure où l'établissement des prix de l'aluminium n'obéissait pas à une logique de marché. L'allocation des ressources ne pouvait pas être optimale sous le régime des prix-producteurs.

Nous avons montré précédemment que cette situation ne pouvait plus durer, du fait de la crise qui a durablement affecté le consensus entre producteurs d'aluminium. Et surtout, du fait de l'apparition de nouveaux groupes stratégiques non concernés par le « pacte » entre les six majeures et porteurs de motivations différentes.

La création du contrat aluminium au LME en 1978 n'a donc fait que conforter un changement de mode de gestion des prix que beaucoup d'acteurs du marché de l'aluminium avaient anticipé. La question est de savoir si le marché des métaux de Londres remplit ses fonctions financières de manière satisfaisante concernant le produit aluminium et l'industrie sous-jacente. Cette question est essentielle ; une réponse négative indiquerait que les

opérateurs actuels qui ont plébiscité le LME auraient été pris d'un aveuglement collectif et n'auraient pas un comportement optimisateur. Il est plus vraisemblable que la réponse soit positive. Et notre étude a pour but d'apporter des éléments probants dans la démonstration de l'utilité et de l'efficacité financière du LME.

Nous étudions au chapitre 4 la fonction d'information du LME. L'étude du problème de l'efficience du marché de l'aluminium nous amène à examiner la question de savoir si les cours de l'aluminium au LME intègrent de façon instantanée l'information, faisant en sorte que la meilleure prévision du prix futur reste le dernier cours connu. Nous présentons la position de FAMA (1970) que nous venons de résumer, mais aussi la définition plus financière de l'efficience apportée par JENSEN (1978). Ce dernier met plutôt l'accent sur la possibilité ou non pour l'investisseur de réaliser un profit extraordinaire, et non sur l'information elle-même. Des études de l'efficience du LME concernant plusieurs métaux (cuivre, zinc, plomb, aluminium...) existent. Ces études ont donné des résultats contrastés. Ce n'est pas l'étude de l'efficience générale du LME qui nous intéresse, mais l'étude de l'efficacité de la fonction d'information du LME pour l'aluminium. Des résultats de l'étude de l'efficience du LME sur l'aluminium existent d'ailleurs de longue date (GROSS 1988), il est intéressant de pouvoir les comparer avec ceux de notre étude portant sur une période plus récente.

Le chapitre 5 étudie l'efficacité de la couverture du contrat aluminium au LME. La question est de savoir si les professionnels de l'aluminium exposés au risque de prix trouvent au LME des instruments efficaces de gestion de ce risque de fluctuations des prix. On considère généralement que grâce à la présence des spéculateurs, les marchés à terme jouent pour les matières premières cotées en bourse, le rôle des sociétés d'assurance classiques des biens et services. La méthodologie utilisée pour mesurer l'efficacité et l'optimalité des opérations de couverture est fournie par le modèle d'EDERINGTON (1979) qui compare le risque d'un portefeuille non couvert et le risque d'un portefeuille couvert. C'est ce modèle là que nous utiliserons après en avoir présenté les critiques et les extensions. Selon KEYNES (1923), les marchés sont normalement en situation de déport (prix à terme inférieur < prix au comptant). Cette idée de « déport normal » est reprise par la théorie du portefeuille qui prône la diversification du patrimoine de l'investisseur rationnel cherchant à maximiser son utilité en minimisant son risque. La transposition de la théorie du portefeuille dans le domaine des matières premières est effectuée par JOHNSON (1960) et STEIN (1961). C'est donc de cette

théorie du portefeuille dont SIMON (2001) dit qu'elle conduit à des résultats très divers dans le domaine des matières premières, qu'EDERINGTON (1979) s'inspire dans son modèle. Nous utiliserons ce modèle d'Ederington pour mesurer l'efficacité de la couverture au LME concernant l'aluminium.

Enfin le chapitre 6 examine l'effet stabilisateur du LME sur les cours de l'aluminium. Sur cette question objet de très vives controverses, c'est le rôle de la spéculation qui se trouve au centre des débats. Pour beaucoup, c'est la spéculation qui déstabilise les cours et rend impossible toute prévision par rapport aux coûts et aux recettes pour les entrepreneurs. Mais supprimer la spéculation des marchés à terme comme le voudraient certains, n'est-ce pas condamner à la disparition ces marchés ? En effet, la liquidité d'un marché ne dépend- t- elle pas de la présence de ces entrepreneurs particuliers que sont les spéculateurs ? L'enjeu nous le voyons est de taille, il s'agit de savoir si les marchés à terme parce qu'ils induisent des excès en terme de volatilité des prix doivent être supprimés et laisser place comme autrefois à des marchés régis par des prix-producteurs. Pour beaucoup de professionnels de l'aluminium en effet, c'est l'introduction du contrat aluminium au LME en 1978 qui a gravement provoqué l'instabilité des cours de l'aluminium. Il est difficile de contredire spontanément cette affirmation, puisque l'analyse statistique des séries brutes sur l'aluminium dans les périodes pré et post marché à terme montre à priori une plus grande volatilité des cours après 1978. Mais, nous avons tenu compte des arguments qui dans la littérature économico-financière indiquent que la fin des années 80 est une période d'instabilité profonde et généralisée pour les prix de l'ensemble des matières premières du fait de la crise économique notamment. Circonscrire cette « période trouble » pour analyser la volatilité des cours de l'aluminium amène à des résultats plus conformes à la théorie financière. Nous utiliserons les outils classiques, parmi lesquels l'étude de l'évolution de la variance et de l'écart-type, ainsi que l'étude des coefficients de variation qui permettent de comparer des séries ayant des moyennes différentes. L'utilisation de la méthodologie d'ANTONIOU et FOSTER (1992) avec ses cinq indicateurs statistiques de volatilité peut aussi être considérée comme une mesure classique de l'instabilité. Mais nous avons aussi recours à des outils statistiques plus fins parmi lesquels la procédure ARIMA qui s'intéresse à l'écart- type de la composante aléatoire des séries plutôt qu'aux séries brutes elles-mêmes. Enfin nous utilisons le modèle GARCH-M pour mesurer la volatilité du marché de l'aluminium. Il n'est pas étonnant que les résultats de l'étude de la fonction stabilisatrice du LME sur les prix au comptant soient contrastés ; cela ne relève pas seulement de l'hétérogénéité des outils utilisés pour mesurer la

volatilité; la diversité des résultats renvoie au débat de base entre partisans et adversaires des marchés à terme.

CHAPITRE 4

LA FONCTION D'INFORMATION DES MARCHES A TERME COMMERCIAUX : APPLICATION AU LME POUR L'ALUMINIUM

INTRODUCTION

L'efficience des marchés constitue la clef de voûte de l'ensemble de la théorie financière. Les travaux concernant l'évaluation des options, ou plus récemment, les bases de la finance organisationnelle sont fondés implicitement ou explicitement sur l'hypothèse de marchés financiers efficaces. Plus largement, la quasi-totalité des modèles d'évaluation des actifs financiers impliquent une efficience que les recherches empiriques ont parfois du mal à démontrer.

Le terme d'efficience est un anglicisme aujourd'hui accepté dans le langage économique. Sans rentrer dans une définition complète de l'efficience, qui sera présentée dans la section 1, il est possible de l'appréhender a priori comme l'aptitude d'un organe à réaliser sa fonction. Un marché est alors dit efficace si les prix qui s'y forment constituent des signaux fiables pour les décisions d'allocation des ressources. De cette définition, il est possible d'identifier trois types d'efficience :

- l'efficience allocationnelle, indiquant que le marché est capable d'orienter les fonds vers les emplois les plus productifs et contribue ainsi à un développement satisfaisant de l'économie. L'efficience allocationnelle peut être vue sous l'angle d'une meilleure allocation des ressources. L'analyse théorique a démontré que les marchés à terme peuvent avoir des incidences bénéfiques en améliorant la qualité de l'information sur les marchés du physique et en influençant positivement les formes générales d'interventions gouvernementales (MC KINON 1967 et TURNOSKY 1979). Les rôles attribués aux marchés à terme dépendent avant tout de leur efficience. Sous cette hypothèse, DANTHINE (1978), FEDER, JUST et SCHMITZ (1979) et HOLTHAUSSEN (1979) démontrent que le signal de prix pertinent à utiliser par les producteurs est simplement le prix à terme.

- l'efficience dite opérationnelle, selon laquelle les intermédiaires financiers mettent en relation de manière satisfaisante les offreurs et les demandeurs de capitaux et ce, au coût le plus faible tout en retirant une juste rémunération ; La notion d'efficience opératoire est liée à la capacité d'un marché à réduire au minimum les coûts de transactions. On admet que les marchés bien organisés ont tendance à avoir des coûts d'opérations faibles, ce qui facilite la venue des spéculateurs. Une catégorie particulière de spéculateurs appelés les « scalpers »

constitue l'élément essentiel de cette dynamique. Ils sont toujours prêts à se porter acheteurs quand les prix baissent et vendeurs quand ils montent. Ils évitent ainsi les fluctuations des cours trop erratiques et permettent au marché de fonctionner sans à-coup (SIMON, 1981). Ils restent sur le marché pour une durée très brève. Leur participation amène la liquidité sur le marché et réduit les coûts opératoires. Cela se traduit par une réduction importante du différentiel entre prix acheteur et vendeur.

- l'efficacité informationnelle, pour laquelle à tout moment le cours boursier reflète toute l'information disponible concernant la vie de la firme ainsi que l'influence des événements sur les performances futures de la firme.

Ces trois types d'efficacité ne sont pas indépendants. L'allocation optimale ne peut se faire que si l'information est bien prise en compte et si les transactions se réalisent au meilleur prix. Pour cela, il faut également que les actifs soient correctement évalués en fonction de l'information disponible au temps t .

Aussi la condition la plus importante pour que soit réalisée une bonne allocation de fonds est l'existence de l'efficacité informationnelle et nous lui consacrerons ici le reste de notre étude. C'est d'ailleurs à l'efficacité informationnelle que l'on se réfère généralement lorsque l'on parle d'efficacité des marchés.

Pour des raisons de commodité par rapport à la mesurabilité empirique des situations d'efficacité des marchés, on distingue trois formes d'efficacité. La forme faible d'efficacité se borne à examiner l'intégration de l'information sur les prix passés dans les cours actuels des titres. La deuxième catégorie d'efficacité est dite de forme semi-forte : il s'agit de vérifier que les cours intègrent toute l'information publique disponible. Enfin, la troisième catégorie d'efficacité est dite de forme forte. Dans ce cas, les cours des titres sont sensés avoir intégré l'information privilégiée détenue par les seuls initiés.

Sur un plan pratique, l'efficacité résulte pour les autorités de marché, de l'égalité de traitement des investisseurs et une garantie - même partielle - de la non profitabilité des opérations d'initiés. En effet, dans un contexte d'efficacité parfaite, les investisseurs institutionnels ne bénéficient d'aucun avantage informationnel particulier par rapport aux petits porteurs tandis que la détention d'une information privilégiée ne procure aucun

avantage monétaire à son détenteur. La théorie des marchés efficients facilite ainsi la tâche des autorités boursières et leur permet également d'assurer l'ensemble des intervenants de l'équité indispensable au bon fonctionnement des marchés.

Sur le plan doctrinal, l'efficiency demeure la pomme de discorde la plus manifeste entre les praticiens et les théoriciens de la finance. Les praticiens cherchent en effet à prévoir l'évolution des cours ou à tenter d'expliquer ex-ante l'évolution des rentabilités des actifs financiers ; au contraire, les théoriciens admettent que les variations des rentabilités des titres financiers constituent des variables exogènes et que la gestion de portefeuille consiste à minimiser le risque lié à ces variations imprévisibles.

A ce sujet, FAMA (1991) écrit que « la littérature concernant les marchés efficients constitue le premier cas pour lequel la recherche académique a affecté les pratiques du monde réel. Avant les travaux sur l'efficiency, la présomption selon laquelle les gestionnaires de portefeuille avaient accès à une masse d'informations non encore dévoilées était forte. Les recherches sur l'efficiency ont montré qu'en réalité ce type d'information est rare. »

La théorie des marchés financiers efficients est née au début des années 60 des travaux des pionniers de la finance moderne MARKOWITZ (1952), ALEXANDER (1961) et TOBIN (1968) qui contribuent à mettre en place la théorie. C'est cependant à Eugène FAMA qu'est généralement attribuée la paternité de la théorie des marchés efficients, en particulier à cause de ses articles fondateurs de 1965. FAMA est également l'auteur de deux revues de littérature particulièrement complètes publiées par le *Journal of Finance* en 1970 et 1991. FAMA a pris pour origine les travaux de BACHELIER (1900) ainsi que ceux de GRAHAM et DODD afin de formaliser de manière scientifique une intuition sur laquelle reposait tout de même une partie de la théorie économique classique : le fait que le marché constitue le meilleur outil permettant l'allocation optimale des ressources disponibles.

En France, c'est la thèse de HAMON (1976) qui reprend l'ensemble des théories mises en avant sur les marchés anglo-saxons en tentant de les appliquer aux marchés français. Il ne faut pas négliger l'ensemble des travaux des chercheurs comme Bruno SOLNIK, Bertrand JACQUILLAT ou Michel LEVASSEUR qui ont grandement contribué, dans les années 1970 à 1980, à importer des Etats-Unis et à adapter toute la théorie moderne de la

finance qui, du fait de l'organisation de l'économie française n'était pas encore connue en France.

Les travaux les plus anciens concernant l'efficience étaient très affirmatifs. L'efficience apparaissait vérifiée dans tous les cas de figure et sur tous les marchés. De nombreuses vérifications empiriques effectuées sur différents marchés et avec des méthodes convergentes ont amené des résultats affirmant l'existence de l'efficience de ces marchés. Dans l'ensemble de leurs études ultérieures les chercheurs ont toujours considéré l'efficience comme acquise. De même les autorités boursières utilisent ce qu'elles pensent être une évidence pour garantir l'égalité de traitement des actionnaires. Or, des travaux plus récents concernant les bulles spéculatives et les investisseurs irrationnels remettent progressivement en cause l'existence de l'efficience.

AGLIETTA (1995) n'hésite pas à affirmer qu' « en dépit de sa forte cohérence logique et de son fondement microéconomique qui admet le sujet représentatif et optimisateur d'un coté, la coordination du marché par la concurrence de l'autre, la théorie des marchés financiers efficients est de plus en plus contestée »

La définition de l'efficience a évolué depuis les travaux originels de FAMA. De l'efficience initiale, synonyme de marche au hasard des cours des titres, on a évolué vers une efficience signifiant l'impossibilité d'obtenir un gain substantiel³³. La force de la notion d'efficience s'effrite peu à peu, mais l'efficience reste la pierre angulaire de la plupart des travaux anciens et modernes.

Dans ce chapitre, après avoir analysé les différentes formes d'efficience, nous examinons de façon empirique l'efficience du London Metal Exchange concernant l'aluminium.

³³ En réalité, les approches de Fama et de Jensen sont assez différentes. Dans l'approche de Fama, l'efficience consiste en la marche au hasard des cours, alors que dans l'approche de Jensen, l'efficience consiste en la non rentabilité des opérations d'arbitrage. La première approche est surtout mathématique, alors que la seconde est plus liée à l'économie financière.

Section 1 : L'efficience informationnelle, approches théoriques et analyse de l'efficience des marchés à terme des marchandises

Le débat sur l'efficience des marchés financiers a longtemps divisé les théoriciens et les praticiens de la finance. La question qui se posait était de savoir si les cours des actifs financiers se comportent selon un processus déterministe et donc prévisible (position des chartistes et des fondamentalistes) ou au contraire selon un processus stochastique, c'est à dire aléatoire.

Depuis la première moitié des années 1970, à la lumière des résultats obtenus par les différents tests empiriques effectués essentiellement sur les valeurs mobilières, la théorie de l'efficience des marchés est généralement admise par l'ensemble des auteurs et des praticiens jetant ainsi le doute sur la valeur des méthodes de prévision les plus sophistiquées.

Cette section présente dans un premier paragraphe la théorie traditionnelle. Le deuxième paragraphe présente les conditions de validité et les conséquences de l'hypothèse d'efficience. Ensuite sera présentée la nouvelle théorie de l'efficience et enfin un quatrième paragraphe présentera l'efficience des marchés à terme commerciaux.

Paragraphe1 : La théorie traditionnelle de l'efficience.

Les premiers travaux de recherche sur le cheminement aléatoire des cours boursiers ont été présentés dès 1900 par Bachelier. Cependant, c'est Fama qui en 1970 affine et enrichit l'hypothèse d'efficience des marchés financiers.

A – La théorie de Bachelier

Pour KAMDEM (1986), on peut résumer l'analyse du comportement des cours boursiers de Bachelier en trois propositions fondamentales

Proposition 1 : le prix présent est un estimateur sans biais du prix futur.

Il résulte de cette proposition que le meilleur estimateur du prix à l'époque t (sans biais et de variance minimale) n'est autre que le prix en $t-1$, soit

$$(1) \quad \hat{P}_t = P_{t-1}$$

cependant, la valeur observée de P_t sera

$$(2) \quad P_t = P_{t-1} + \varepsilon_t$$

avec $\hat{P}_t$ = l'estimation en t-1 de P_t

P_t = prix à l'époque t

P_{t-1} = Prix à l'époque t-1

ε_t = une perturbation aléatoire telle que $E(\varepsilon_t) = 0$, $cov(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}) = 0$

La validation de la proposition (1) passe par la détermination des paramètres de l'équation de régression

$$(3) \quad P_t = \alpha + \beta P_{t-1} + \varepsilon_t$$

Selon la théorie, $\hat{\alpha}$ et $\hat{\beta}$ doivent être respectivement égaux à 0 et 1.

Proposition 2 : Quel que soit j, j variant de 1 à n, $P_{t+j} - P_t$ est indépendant des valeurs de P jusqu'à l'époque t. Les mathématiciens disent qu'il s'agit d'une «séquence de mémoire ». L'implication de cette proposition est que la connaissance de la séquence des variations des cours n'est d'aucune utilité lorsque l'on veut déterminer la distribution de probabilité des prix sur une période donnée. Dans ces conditions, l'information contenue dans la séquence des variations passées des prix ne peut être utilisée avec succès pour faire des prévisions de gains supérieures à celles du marché.

Proposition 3 : La séquence $P_{t+j} - P_t$ suit un mouvement « brownien », c'est à dire un processus gaussien de moyenne nulle et de variance proportionnelle à l'intervalle de temps j. Cette dernière proposition s'appuie sur le « théorème central-limite » et joue un rôle fondamental dans les tests statistiques de forme faible.

Ces travaux de Bachelier sont à la base de la théorie du cheminement aléatoire des cours boursiers. Il faut cependant signaler qu'ils n'ont attiré l'attention des financiers que dans les années 1970, notamment avec la contribution de Fama.

B – l'apport de Fama

Selon FAMA (1970) un marché efficient est un marché dont les prix d'équilibre à un moment donné reflètent intégralement l'ensemble de l'information disponible. Cela signifie qu'à tout moment, les opérateurs anticipant les prix en fonction de l'information dont ils disposent à cet instant, vont initier les opérations déterminant les prix présents. Ces opérateurs agissant sur le marché vont exiger une certaine rémunération pour effectuer leurs transactions.

Appelons ϕ l'ensemble de l'information disponible à l'instant t ; à un moment donné, le marché laissera apparaître une rentabilité d'équilibre attendue obtenue par la conjonction des opérations effectuées en fonction de l'attitude des opérateurs face au risque et de ϕ .

Pour un actif financier j , la rentabilité attendue d'équilibre s'écrit :

$$E (r_{j, t+1} / \phi)$$

Dans le but d'effectuer ses transactions, et de déterminer la rentabilité attendue, chaque opérateur va anticiper les prix en fonction de ϕ . On peut donc écrire le niveau attendu du prix de l'actif j en $t + 1$ sur la base de l'information ϕ sous la forme suivante :

$$E (P_{j, t+1} / \phi)$$

Le marché est efficient s'il reflète intégralement l'information disponible; ceci se traduit par la relation suivante:

$$(4) \quad E (P_{j, t+1} / \phi) = [1 + E (r_{j, t+1} / \phi)] P_{j, t}$$

où E est l'opérateur de l'espérance mathématique

$P_{j, t}$ est le cours du titre au temps t

$R_{j, t+1} = (P_{j, t+1} - P_{j, t} + D_{j, t+1}) / P_{j, t}$ est la rentabilité sur une période, $D_{j, t+1}$ est le dividende distribué en $t+1$ aux détenteurs des titres de la firme j .

L'implication directe de cette définition est qu'il n'est pas possible de trouver de techniques de spéculation ou « *trading systems* », permettant de réaliser des profits systématiques à partir de la seule information disponible ϕ . En d'autres termes, sur un marché

efficient, il n'existe pas de méthode permettant d'obtenir une rentabilité attendue supérieure à celle que fournit le marché (rentabilité d'équilibre).

En effet, si $P_{j, t+1}$ est le prix de l'actif j en $t+1$ et si $Z_{j, t+1}$ est le profit excédentaire par rapport à la rentabilité attendue d'équilibre pour $t+1$, on aura :

$$(5) \quad Z_{j, t+1} = P_{j, t+1} - E(P_{j, t+1} / \phi)$$

$Z_{j, t+1} = 0$ signifie que la différence entre la rentabilité réellement observée et l'espérance de rentabilité projetée sur la base de l'information passée est pour chaque période nulle. On dit dans ce cas que la séquence $Z_{j, t+1}$ est un jeu parfait (*fair game*) au regard de la séquence d'information ϕ .

Les modèles de jeu non biaisés englobent à la fois les modèles de cheminement aléatoire, les modèles de martingale et de sous-martingale.

La contribution de Fama a été décisive dans l'élaboration d'une théorie de l'efficience des marchés financiers. L'hypothèse de l'efficience des marchés exige cependant que certaines conditions soient réunies.

Paragraphe 2 : Les conditions nécessaires et les principales conséquences de l'hypothèse d'efficience des marchés financiers

A- Les conditions nécessaires à l'efficience des marchés financiers

L'hypothèse d'efficience des marchés implique la vérification de cinq conditions essentielles :

- La rationalité des investisseurs
- La libre circulation de l'information et la réaction instantanée des investisseurs
- La gratuité de l'information
- L'absence de coûts de transaction et d'impôt de bourse
- L'atomicité des investisseurs et la liquidité.

1- La rationalité des investisseurs

Les marchés ne peuvent être efficaces que si les agents économiques agissant sur ces marchés sont rationnels, ce qui implique deux hypothèses :

- Les agents doivent agir de manière cohérente par rapport aux informations qu'ils reçoivent. Ainsi, si les investisseurs anticipent un événement susceptible de faire augmenter le cours d'un titre, ils doivent acheter ce titre ou le conserver, mais en aucun cas le vendre. Au contraire, un événement négatif doit engendrer une décision de vente.
- En second lieu, il faut que, conformément à la théorie économique, les investisseurs cherchent à travers leurs actes d'achat ou de vente à maximiser leur espérance d'utilité : les agents économiques doivent en effet maximiser les gains qu'ils peuvent réaliser pour un niveau de risque donné ou minimiser le risque qu'ils sont amenés à prendre pour un niveau de gain donné.

Il est possible d'affirmer à partir des travaux de BLACK (1986), DE LONG et *alii* ALEXANDRE (1993b)... qu'il existe, sur les marchés financiers, des investisseurs irrationnels. Cela ne signifie pas que ces investisseurs soient insensés, mais simplement, qu'ils ne réagissent pas de manière cohérente par rapport aux informations qu'ils reçoivent. Leur objectif n'est pas de maximiser leur espérance d'utilité de gain. Leurs réactions peuvent avoir des origines diverses : mauvais traitement de l'information, besoin urgent de liquidité qui les oblige à se désengager du marché alors que celui-ci est en hausse, obligation de livrer des titres entraînée par des ventes d'options etc. Ces investisseurs sont certainement cohérents face aux contraintes qui sont les leurs, mais on dira qu'ils sont irrationnels au sens de la finance classique.

2- La libre circulation de l'information, sa gratuité et la réaction immédiate des Investisseurs.

Pour que les prix intègrent instantanément l'ensemble des informations disponibles, il est nécessaire que :

- L'information soit diffusée simultanément auprès de tous les agents économiques : il ne doit pas y avoir de décalage temporel entre le moment où un agent économique reçoit une information et le moment où un autre agent reçoit la même information. L'analyste financier chevronné et le petit porteur doivent donc recevoir simultanément toutes les informations afférentes aux titres qu'ils détiennent ou qu'ils sont susceptibles d'acquérir.
- Les agents économiques puissent traiter l'information en temps réel et agir sur le marché en fonction de cette information. Si cette condition est envisageable pour le professionnel qui peut intervenir directement depuis le desk de sa société de bourse, elle est plus difficilement vérifiée pour un non professionnel.

La gratuité de l'information suppose que tous les agents économiques doivent pouvoir obtenir une information sans que cela engendre pour eux des coûts supplémentaires de gestion

3 – L'absence de coûts de transaction et d'impôt de bourse

Les agents économiques peuvent hésiter à investir ou à désinvestir si des coûts de transaction ou des taxes boursières grèvent ou annulent les gains potentiels réalisables. En présence de coûts de transaction, l'investisseur n'agira sur le marché que dans la mesure où le gain espéré est supérieur aux coûts de transaction. Dans ce cadre, le prix des titres ne reflètera pas instantanément la totalité des informations le concernant.

L'existence des coûts de transaction limite donc de façon importante l'action des investisseurs : confrontés à une information, ils ne vont prendre la décision d'agir sur les marchés que s'ils ont la certitude que le mouvement de prix du titre en cause est supérieur au coût de transaction. Leurs actions seront donc freinées par l'existence de ces coûts de transaction et la valeur de cotation du titre pourra donc s'écarter notablement de sa valeur intrinsèque. Seules les informations majeures susceptibles d'avoir un effet important sur les prix seront prises en compte par les investisseurs : dans ce cadre, les prix des actifs ne contiendront plus l'ensemble des informations les concernant, l'efficience des marchés s'en trouve réduite. Le degré d'efficience d'un marché financier varie donc de manière opposée par rapport au niveau des coûts de transaction.

4 – Les problèmes de liquidité et d’atomicité des investisseurs.

Les agents économiques ne vont pas réaliser de transactions sur les titres si ces transactions elles-mêmes sont susceptibles, pour des raisons de liquidité, de faire varier le prix des titres. Ainsi, même si une information très négative lui est transmise, un investisseur possédant un nombre important de titres ne les mettra pas sur le marché s’il pense qu’indépendamment du prix, il ne trouvera pas de contrepartie susceptible d’être intéressée par les titres. De même, il hésitera à vendre ses titres si, simplement, du fait du jeu de l’offre et de la demande, la simple présentation de ces titres sur le marché provoque, du fait de leur nombre, une chute des cours.

La théorie des marchés efficients implique l’existence d’une totale liquidité et d’une atomicité totale des investisseurs. Aucun investisseur ne doit être en mesure d’influencer le marché par sa seule intention de vendre ou d’acheter une masse importante de titres : Il ne doit pas y avoir de risque de contrepartie. Seul le contenu informationnel de l’acte d’un gros investisseur peut faire varier le cours du titre.

B – Les principales conséquences de l’hypothèse d’efficience.

Plusieurs conséquences découlent de la définition de FAMA (1965)

En premier lieu, on peut remarquer que l’efficience ne concernent pas uniquement les marchés d’actions ; tous les types de marchés et tous les types d’actifs financiers sont concernés, qu’il s’agisse de marchés d’actions, d’obligations, de marchés conditionnels (marchés à terme, marchés d’options), des marchés de matières premières ou du marché des change.

En deuxième lieu, pour que l’information soit intégrée dans les cours de façon instantanée, il est nécessaire que cette information soit diffusée de manière simultanée à l’ensemble des agents économiques concernés.

En troisième lieu, dans la mesure où la correction des prix liée à l’apparition d’une nouvelle information est instantanée, aucun investisseur ne pourra être en mesure de tirer parti de cette information pour réaliser un profit.

De plus- cette conséquence est liée à la précédente- aucun investisseur ni aucun analyste ne peut prévoir de façon certaine l'évolution des cours d'un actif financier : la meilleure prévision d'un prix futur demeure le dernier cours connu. Pour un actif donné, chaque cours est parfaitement indépendant des cours précédents. Si l'on analyse ex-post les variations du prix d'un titre, ces variations ne pourraient donc suivre qu'un cheminement aléatoire. Ces variations ne pourraient en aucun cas suivre une tendance de progression ou une loi mathématique quelconque. Cette conséquence s'apparente d'ailleurs à une nouvelle définition de l'efficience : en effet, sur un marché financier efficient, les prix des actifs suivent un cheminement aléatoire ou marche au hasard.

On peut formaliser cette assertion de la manière suivante :

$$(6) \quad \forall \phi, E(P_{j,t+1} / \phi_t) = P_{j,t}$$

Avec $P_{j,t}$ le prix du titre j à la période t et ϕ une information quelconque.

D'autre part, comme le souligne CHARREAUX (1993), « Si un marché financier est efficient, le cours du titre est égal à sa valeur actuelle. Cette identité entre cours et valeur actuelle résulte de la concurrence entre investisseurs et des opérations d'arbitrage qui se produiraient en cas de divergences. Par conséquent, sur un tel marché, le cours est identique à la "vraie" valeur qui n'a de sens que par rapport à un modèle d'évaluation particulier, par exemple le MEDAF. Sur un marché efficient la notion de surévaluation ou de sous-évaluation n'a donc pas de signification ».

Enfin, comme l'expliquent BROQUET et VAN DE BERG (1992) « Sur un marché financier efficient, aucun actif n'est sous-évalué ou surévalué et les prix qui y sont déterminés permettent une allocation optimale des ressources en capital de l'économie... Dans un tel marché, aucun actif ne peut rapporter à son détenteur un taux de rendement anormalement élevé, c'est à dire supérieur à celui qui correspond à ses caractéristiques » : Sur un marché efficient, le prix des actifs est exactement égal à leur valeur intrinsèque ou valeur fondamentale. Il n'y a pas de distorsion entre le cours de cotation et la valeur fondamentale des titres : les bulles spéculatives irrationnelles ne peuvent donc y apparaître, tandis que le prix d'un titre est égal à la somme actualisée de ses revenus futurs :

$$(7) \quad V_{i,0} = \frac{D_{i,1}}{1+k_e} + \frac{D_{i,2}}{(1+k_e)^2} + \frac{D_{i,3}}{(1+k_e)^3} + \dots + \frac{D_{i,n}}{(1+k_e)^n} = \sum_{t=1}^n \frac{D_{i,t}}{(1+k_e)^t}$$

Avec $V_{i,0}$ valeur du titre i à la période 0, $D_{i,t}$, cash-flow émanant du titre i à la période t et k_e taux d'actualisation correspondant à la rémunération requise par les investisseurs pour détenir le titre i en fonction de son risque. Et avec $n \rightarrow \infty$.

En outre, nul ne peut battre de façon durable et régulière la performance du marché. A niveau d'information égal, compte tenu de possibilités d'investissement et de diversifications équivalentes, les gérants de portefeuilles ne peuvent en moyenne et pour une prise de risque équivalente, réaliser une performance supérieure à celle d'un investisseur individuel. JACQUILLAT et SOLNIK (1988) résument cette situation lorsqu'ils prétendent qu'« un spécialiste peut faire mieux que la moyenne du public, mais quand les marchés deviennent le champ de confrontation entre spécialistes, l'ensemble des spécialistes ne peut pas en moyenne faire mieux que l'indice, lequel reflète alors globalement leur action ».

Dans un tel cadre d'analyse, aucun investisseur n'a intérêt à gérer son portefeuille de façon active, c'est à dire à sélectionner les titres qui lui semblent les plus rentables, puisque quelle que puisse être son action, il ne peut faire mieux que la moyenne du marché. Il a donc intérêt à privilégier une gestion passive, à tenter de répliquer le portefeuille de marché tout en attendant la fin de sa période de placement.

Paragraphe 3 : Vers une nouvelle théorie de l'efficience :

Nous avons auparavant mentionné les limites de l'hypothèse des marchés financiers contenues dans les conditions de concurrence pure et parfaite nécessaires à cette efficience, nous devons présenter les limites de la définition de FAMA (1970) et les propositions de nouvelle définition.

A- Les limites de la notion classique d'efficience

D'après FAMA (1970) un marché est efficient lorsque les prix reflètent à tout instant l'ensemble de l'information disponible. ROGER (1988) révèle les limites de cette définition autour de quatre éléments sujets à des interprétations diverses et établit une différence entre

les notions d'information disponible et d'information utilisée par le marché, ce qui soulève un autre problème, celui de l'hétérogénéité des agents en matière d'informations et d'anticipations.

Sur les quatre éléments sujets à des interprétations diverses, on peut noter en premier que la notion d'information se traduit de multiples façons suivant la description de l'économie utilisée et les objectifs poursuivis. Par exemple dans le contexte d'une économie de type Arrow-Debreu, l'information d'un individu aura la forme d'un vecteur de probabilités d'occurrence des différents états de la nature. Si par contre, le rendement des actifs financiers est décrit par une loi de probabilité continue, les paramètres de la loi, estimés par l'individu considéré permettront de traduire l'information dont il dispose. Dans les analyses empiriques, certains signaux émis par les entreprises feront office d'information (documents comptables, prévisions de bénéfices, annonce de dividendes...).

Le second élément laissant une large plage à l'interprétation est l'adjectif « disponible ». Comment caractériser une information disponible ? Cette question peut paraître triviale en dehors de son contexte, qui est ici la détermination des prix d'équilibre sur un marché financier, mais y répondre implique de préciser plusieurs points. En effet, doit-on assimiler disponibilité et gratuité d'une information ou peut-on considérer que les prévisions ou conseils donnés par les journaux financiers font partie du domaine public du fait de leur large diffusion ? Par ailleurs une information connue de tous (s'il en existe) entre-t-elle dans le cadre de la définition si elle n'est utilisée par aucun agent pour formuler des prévisions ?

Le reflet de l'information dans les prix constitue le troisième élément nécessitant des précisions. Toute étude empirique implique une définition opérationnelle de cette notion et se traduit le plus souvent par des hypothèses sur le processus stochastique suivi par les prix ou les rendements.

Enfin, la vitesse d'ajustement des prix à la diffusion d'une information nouvelle est une composante importante de l'aspect opérationnel de l'efficacité des marchés puisqu'un retard dans cet ajustement induit des opportunités d'arbitrage profitables.

Par ailleurs, il semble indispensable de distinguer information disponible et information utilisée par le marché. La différence est importante et l'exemple ci-dessous

permet de l'éclairer. Si on considère un marché où interviennent un grand nombre d'investisseurs ayant tous accès à un ensemble d'informations noté A (A est donc disponible pour tous). Supposons qu'un agent i utilise A pour réaliser des prévisions sur la valorisation future des actifs alors que les autres individus se contentent pour leurs anticipations d'un sous-ensemble A' de A. L'analyse de l'efficience du marché est réalisée par les investisseurs à partir d'un modèle d'équilibre quelconque. Chaque agent considérera que le marché est efficient s'il ne peut dégager des rendements supérieurs à la moyenne à partir de sa propre information. On aboutit alors à un paradoxe qui se traduit dans ce contexte par le fait que le marché paraît efficient à tous. L'efficience par rapport à A' ne surprend pas, puisque tous les agents utilisent A' dans leurs prévisions ; Par contre on peut remarquer que l'individu i considérera que le marché est efficient par rapport à A puisqu'il ne peut en tirer profit pour la simple raison que cette information n'est jamais utilisée par les autres pour former des anticipations et elle ne peut donc avoir aucune influence sur les prix. Cet exemple permet d'illustrer la distinction introduite par FAMA entre « information utilisée par le marché » et « information disponible ». Le fait d'isoler un investisseur par rapport à l'ensemble du marché est bien sûr caricatural, mais il montre bien l'ambiguïté de la procédure de test consistant à rechercher le reflet d'une information dans les prix dès qu'il est impossible de dégager des rendements anormaux à partir de cette information. En effet, pour que cette technique soit valide il est nécessaire que l'information considérée soit prise en compte dans les anticipations d'un nombre suffisant d'investisseurs et qu'elle se traduise dans les prix. Dans l'exemple précédent, si on imagine que la moitié des individus disposent de A et l'autre moitié de A', on arrive à une conclusion tout à fait symétrique à savoir que le marché paraîtrait inefficient à tous ; ceux qui détiennent et utilisent A dégagent des profits supérieurs à la moyenne et les autres des profits inférieurs à cette moyenne. Il y a donc à ce niveau un problème de cohérence important lorsqu'on teste l'efficience de FAMA à partir d'un modèle d'équilibre et qu'on assimile efficience (inefficience) à l'impossibilité (possibilité) de dégager des rendements anormaux en fonction du modèle d'équilibre choisi.

Le raisonnement précédent fait apparaître les principales limites de la notion classique d'efficience. Dans la première partie de l'exemple (un individu opposé au reste du marché) on a supposé que les informations disponibles étaient identiques pour tous et que les agents se différenciaient au niveau du traitement (information utilisée). DOWNES-DICKMAN (1972) prennent l'exemple d'informations comptables qui peuvent conduire à des anticipations hétérogènes même si les prix des titres concernés ne sont pas modifiés au moment de la

diffusion. On peut cependant s'attendre à ce que la diffusion des documents comptables réduise l'hétérogénéité des anticipations si ceux-ci ont un réel contenu informatif (CAMION-LEVASSEUR, 1985). Une caractérisation plus précise de l'efficience implique la formation du processus de traitement de l'information par les individus et la définition de la relation entre information et prix d'équilibre. Ceci suppose la prise en compte du caractère dynamique des anticipations et en particulier du phénomène d'apprentissage lié à l'observation des prix d'équilibre sur un marché financier.

Il y aura en effet révision des anticipations lorsque le prix observé est très différent des prévisions. En conséquence, le prix d'un actif financier est souvent considéré comme le résultat d'un processus de tâtonnement.

Lorsque dans l'exemple précédent, on a considéré deux sous-populations d'égale importance on a implicitement supposé l'existence d'asymétries d'informations entre agents. Celles-ci peuvent avoir deux origines essentielles. Tout d'abord, il est naturel d'envisager en conservant l'hypothèse de gratuité que les individus ont accès à des informations diverses du fait de leurs activités habituelles ; la seconde possibilité réside dans l'existence de sources d'informations coûteuses, et dans cette situation, l'acquisition d'informations pourra être différente d'un agent à l'autre en fonction par exemple des dotations initiales et de l'attitude face au risque.

Le dernier point qui limite la portée du concept d'efficience de FAMA réside dans son incompatibilité avec le fonctionnement des marchés financiers.

Lorsqu'un marché est efficient au sens de la définition il ne peut être actif puisque l'ensemble des investisseurs forme des anticipations identiques. L'existence de transactions ne peut alors s'expliquer que par l'arrivée d'informations non anticipées ou encore par des asymétries d'informations ayant pour conséquence des différences d'anticipations. Il faut remarquer que cette interprétation sort du cadre strict de la définition initiale de FAMA dans la mesure où elle suppose que le reflet dans les prix, n'est pas instantané, ce qui donne naissance aux asymétries d'informations.

B- L'influence de spéculateurs

La théorie traditionnelle des marchés efficients implique que les gains espérés des activités spéculatives soient nuls. Cependant on peut raisonnablement penser que s'il existe des spéculateurs sur un marché, c'est qu'il existe certainement des opportunités de profits spéculatifs. Dès lors doit-on conclure qu'un tel marché est inefficace ? La réponse à cette question varie selon que les spéculateurs sont amateurs ou professionnels.

Selon COOTNER (1964), un spéculateur est dit amateur dès lors que ses interventions en bourse ne constituent pas son activité principale. Disposant de peu de temps pour obtenir une information complète sur l'évolution du marché, il a une chance sur deux de se tromper lors de ses interventions. Le groupe formé par ce type de spéculateurs se caractérise par son instabilité. Dans ces conditions, si les interventions sur le marché ne sont pas le fait du seul groupe de spéculateurs amateurs dont les stratégies sont par ailleurs irrationnelles (eu égard à la valeur intrinsèque du titre) on peut penser que ce marché ne sera jamais efficace.

Quant aux spéculateurs professionnels, COOTNER les présente comme ceux dont le métier est l'étude du marché boursier en vue d'en tirer d'éventuels profits spéculatifs. Ils savent où et comment obtenir une information complète, de bonne qualité et peu onéreuse. A l'opposé des amateurs, le groupe formé de professionnels est stable.

Cependant les spéculateurs professionnels peuvent être aussi bien rationnels qu'irrationnels. Chaque type de comportement aura bien sûr une répercussion différente sur le marché.

Si les spéculateurs professionnels, bien qu'ayant constaté que leurs gains spéculatifs sont en moyenne nuls (hypothèse d'efficace) continuent d'opérer sur le marché, alors ils sont irrationnels. En effet, ils sont incapables de tirer les conséquences logiques d'une situation issue de leurs expériences. Un marché qui n'est fréquenté que par ce type de spéculateurs ne peut rester longtemps efficace dans la mesure où les cours finiront par refléter les anticipations d'opérateurs irrationnels.

Si les spéculateurs professionnels en se rendant compte qu'il leur est impossible de réaliser en moyenne des gains spéculatifs, quittent le marché, alors ils sont rationnels. Dans

cette optique, ceux qui perdent sur le marché sont progressivement remplacés par d'autres qui, à leur tour seront remplacés par de nouveaux arrivants, ainsi de suite. Si les interventions des spéculateurs prennent une telle allure, on aboutira à une situation où leur groupe perdra la stabilité qui le caractérise. Dans ces conditions il n'y aura sur le marché que les spéculateurs amateurs dont les comportements irrationnels aboutiront à l'inefficience du marché.

Si en revanche, il existe sur le marché un groupe stable de spéculateurs rationnels, cela implique nécessairement que leur activité spéculative est rentable. En fait, contrairement à ce que soutient la théorie traditionnelle, l'existence de profits spéculatifs n'est pas nécessairement un signe d'inefficience du marché. Ceci est d'autant plus vrai qu'en l'absence de tels profits, il est possible que les interventions sur le marché ne soient le fait que des spéculateurs amateurs ou de spéculateurs professionnels irrationnels. Dans ces conditions, le contenu informationnel des cours sera nul ou erroné eu égard à la valeur intrinsèque des titres.

C- La prise en compte du coût de l'information

Dans un article de 1980, GROSSMAN et STIGLITZ remettent en cause le concept d'efficience informationnelle des marchés. Leur analyse repose sur l'hypothèse fondamentale que le coût de l'information ne peut être nul ; dans ces conditions, les marchés ne peuvent pas être informationnellement efficaces. Ainsi ils énoncent : « Dans la mesure où l'information est coûteuse, le prix ne peut refléter de façon parfaite toute l'information disponible, car s'il en était ainsi, ceux qui dépensent des ressources pour acquérir l'information ne recevraient aucune compensation. Il y a un conflit fondamental entre degré d'efficience avec lequel le marché diffuse l'information et l'incitation à acquérir cette information ».

La démonstration de GROSSMAN et STIGLITZ peut être résumée comme suit :

Supposons que sur le marché, il existe deux groupes de spéculateurs, à savoir ceux qui dépensent pour acquérir l'information et ceux qui ne voulant dépenser aucune ressource n'observent par conséquent que les cours des titres pour s'informer. On peut qualifier les premiers d'*informés* et les seconds de *non-informés*.

Afin que les spéculateurs informés soient rémunérés pour leur activité de collecte d'informations, il est nécessaire qu'ils puissent initier des positions meilleures que celles des spéculateurs non informés.

Comme nous l'avons souligné chez FAMA, sur un marché efficient, le système des prix est supposé révéler toute l'information relative à la valeur intrinsèque du titre. Ceci est vrai parce que l'hypothèse fondamentale du cadre d'analyse de FAMA est la nullité du coût d'information. Dans ces conditions, les spéculateurs, qu'ils soient informés ou non réaliseront des résultats identiques sur le marché. Pour GROSSMAN et STIGLITZ comme l'information a un coût, il est impossible que les systèmes d'information révèlent toute l'information disponible.

Ces remarques, qui ne remettent pas fondamentalement en cause le concept d'efficience des marchés, incitent à tenir compte d'une situation réelle. En effet, il existe sur le marché une catégorie de personnes dont l'activité consiste à produire l'information que les cours sont supposés révéler. Cependant, pour qu'il y ait une incitation à cette activité, il faut qu'elle procure une certaine rentabilité.

Si cette incitation n'existait pas, les prix n'auraient plus aucun contenu informatif et on assisterait à la génération de pertes sociales dans la mesure où les décisions de l'ensemble de la communauté seraient prises sur la base de prix erronés.

En 1985, STIGLITZ en arrive à prôner la prise en compte du coût de l'information dans le système de détermination des prix ; pour lui l'information doit être considérée comme n'importe quel input.

D – Une définition plus financière de l'efficience

La définition de FAMA apparaît comme rigide et s'est vue remplacée par une définition plus large proposée par JENSEN (1978). *Sont maintenant réputés efficients, les marchés sur lesquels les prix des actifs cotés intègrent les informations les concernant de telle manière*

*qu'un investisseur ne peut, en achetant ou en vendant cet actif, en tirer un profit supérieur aux coûts de transaction engendrés par cette action*³⁴.

Cette nouvelle définition a été proposée 13 ans après la première. En ce sens, elle prend acte de l'ensemble des résultats des tests réalisés sur l'efficience des marchés financiers : elle est plus pragmatique et ne fait référence qu'à la première définition de FAMA. Elle met l'accent sur l'impossibilité de réaliser un profit et non sur l'information elle-même. *A priori*, l'absence de coûts de transaction est une condition nécessaire à l'efficience. Jensen au contraire, utilise l'existence de coûts de transaction afin de démontrer la réalité de l'efficience. Comme le souligne GILLET (2006) : « on en arrive d'ailleurs à un syllogisme tout à fait fallacieux : plus les coûts de transaction sont importants, moins les arbitrages sont profitables, donc plus un marché peut paraître efficient. ».

L'ensemble des vérifications empiriques s'accorde avec cette nouvelle définition et permet donc à la finance de restaurer l'hypothèse d'efficience. Il n'empêche que la définition proposée par JENSEN (1978) est moins riche que la première version de FAMA (1965) : elle admet la possibilité de divergences entre la valeur fondamentale d'une firme et sa valeur de marché, l'accent étant surtout porté sur l'impossibilité pour le détenteur d'information de réaliser un arbitrage profitable.

Paragraphe 4 : L'efficience des marchés à terme des marchandises

Les auteurs qui ont étudié l'efficience des marchés se sont surtout intéressés au cas des bourses de valeurs mobilières. TAUSSIG (1921) et WORKING (1958) sont les premiers à s'être interrogés quant au comportement des cours sur les marchés à terme de marchandises. Ce paragraphe présente un résumé de leurs travaux.

A- La théorie de TAUSSIG

L'analyse de TAUSSIG (1921) part de la constatation selon laquelle, la théorie traditionnelle de la demande ne peut fournir une explication convaincante d'une part, quant à la formation des prix observés de certains produits agricoles, d'autre part quant au

³⁴ La phrase exacte de Jensen (1978) est la suivante : "Market is efficient if prices reflect information to the point where the marginal benefit for acting on information (the profit to be made) do not exceed the marginal costs"

comportement des agents économiques à certains moments. Dans ce cadre, selon TAUSSIG, il existe des cas où une baisse des prix, contrairement à la théorie, accroît la quantité offerte. Ainsi, après une baisse des prix, certains vendeurs vont accroître leur offre en prévision d'une baisse plus importante. De même, après une hausse des prix, des acheteurs vont accroître leur demande, de peur que n'intervienne une hausse plus importante dans le futur. Cependant, souligne l'auteur, ces fluctuations erratiques des prix ne se produisent que dans certaines limites ou « *zones de pénombre* ». Au delà de cette « *zone de pénombre* », des forces équilibrantes vont s'exercer sur le prix et le ramener vers le prix d'équilibre.

B – L'analyse de WORKING

Selon WORKING (1958) le prix dépend des anticipations relatives aux conditions futures de l'offre et de la demande du produit faisant l'objet de la transaction. Les anticipations demandent de la part des agents économiques une bonne connaissance des informations relatives aux produits. Comme les individus ont tendance à rechercher essentiellement des informations précises, on assiste à une espèce « de division du travail sur le plan informationnel ». Ceci explique qu'au même moment sur le marché certains agents sont acheteurs et d'autres vendeurs.

Il est clair que les informations susceptibles d'influencer les prix seront nombreuses et variées si bien qu'elles arrivent de façon continue sur le marché par des canaux aussi bien publics que privés, mais surtout selon un schéma aléatoire et donc imprévisible. Dans ces conditions, les cours suivront eux-mêmes un cheminement aléatoire. La démonstration de FAMA conclura plus tard dans le même sens.

On remarque qu'à la différence de celle de TAUSSIG, la théorie de WORKING conclut au cheminement aléatoire pur des cours sur les marchés à terme des marchandises.

C- Quelques contributions plus récentes au débat sur l'efficience des marchés à terme des marchandises.

Nous avons étudié quelques textes relativement plus récents que les contributions de WORKING et de TAUSSIG sur les marchés à terme des marchandises. Ces textes

concernent aussi bien des métaux au LME que des produits d'origine agricole dans des bourses occidentales mais aussi dans de jeunes bourses de pays émergents.

GROSS (1988) teste la performance prédictive des cours à terme du LME concernant le cuivre et l'aluminium. Pour lui, la question de savoir si oui ou non un marché satisfait le critère d'efficience est d'un intérêt considérable, car les opérateurs peuvent s'engager dans un marché efficient à un coût moindre que dans des marchés non efficients nécessitant une recherche importante d'informations. Dans les marchés à terme, les prix sont formés via l'équilibre entre l'offre et la demande, ces dernières dépendant elles mêmes des informations sous jacentes aux processus de marché. Pour Gross, faire des transactions sur un marché à terme (et sur les marchés en général) peut être analysé comme effectuer une activité de production d'informations. A travers les possibilités d'arbitrage dans le temps, les prix à terme et les prix spot de toute marchandise stockable sont reliés les uns aux autres. Ainsi, les marchés à terme génèrent des informations à propos des prix spot futurs. C'est pourquoi Gross cherche à évaluer le pouvoir prédictif du LME sur les prix au comptant du cuivre et de l'aluminium.

Les données utilisées par Gross sont les prix quotidiens du cuivre et de l'aluminium au LME de 1983 à 1984. Un test de la forme semi forte d'efficience est adopté. Un modèle de type avec moyenne mobile auto régressif a été utilisé. Ce modèle intègre suffisamment toutes les informations publiques disponibles pour rendre significatif le test sur la forme semi forte d'efficience, qui a suivi. Les résultats du test montrent que l'hypothèse d'efficience ne peut être rejetée pour les marchés du cuivre et de l'aluminium. Le marché à terme apporte en définitive une bonne base pour anticiper l'évolution future du prix au comptant.

CHOWDURRY (1991) fait remarquer que le problème dans le test d'efficience est que les séries financières ne sont généralement pas stationnaires, par conséquent, les procédures statistiques conventionnelles ne sont plus appropriées pour tester l'efficience des marchés parce qu'elles ont tendance à conduire à un rejet non justifié de l'efficience. L'utilisation de l'approche de la cointégration convient au comportement non stationnaire des séries des prix à terme et au comptant. La cointégration entre deux variables signifie qu'elles ne s'éloignent jamais longtemps l'une de l'autre. L'hypothèse de marché efficient exige quant à elle que le prix à terme et le prix spot future d'une marchandise ne doivent pas diverger. Si ces deux séries de prix ne sont pas cointégrées, elles auront tendance à diverger l'une de l'autre, ce qui

est contraire à l'hypothèse de marché efficient. Par ailleurs, si par exemple les prix spot de deux marchés différents sont cointégrés, alors, un des prix doit permettre de prévoir l'autre. Dans la mesure où l'efficience du marché implique que le prix à tout moment inclut toute l'information disponible, donc les prix passés, aucune autre information ne devrait améliorer la prévision de prix à terme, alors la cointégration de deux marchés spéculatifs concernant deux actifs différents implique l'inefficience.

CHOWDHURY procède à un intéressant survol de la littérature sur les études ayant testé l'efficience du marché pour différents marchés de métaux en utilisant les tests des formes faible et semi forte d'efficience. GUPTA et MAYER (1981) effectuent des tests semi-forts d'efficience pour 5 marchés de biens (cuivre, étain, sucre, cacao et café). Ils identifient des modèles ARIMA. Leurs résultats ne rejettent pas l'hypothèse que les marchés à terme du cuivre et de l'étain ont une efficience semi-forte. Les articles de GROSS (1981, 1983 et 1985) testent l'hypothèse que les prix à terme sont des prédictors sans biais des prix spots pour le cuivre, l'étain, le plomb et le zinc pour le LME de 1971 à 1978. Un rappel des résultats de CANARELLA et POLLARD (1986) est fait, qui montrent que le prix à terme est un prédictor sans biais du prix au comptant pour le cuivre, le plomb, l'étain et le zinc pour la période 1975 à 1983. MC DONALD et TAYLOR (1989) testent l'efficience du marché pour 4 métaux du LME entre 1976 et 1986. Leur conclusion est que les marchés du cuivre et du plomb peuvent être considérés comme efficaces alors que ce n'est pas vrai pour l'étain et le zinc. SEPHTON et COCHRANE (1990) examinent l'hypothèse d'absence de biais au LME pour 6 métaux dans la période 1976-1985, ils concluent que l'absence de biais est rejetée et que le LME n'est pas un marché efficient.

Pour CHOWDHURY, la revue de la littérature existante montre un manque de cohérence dans les résultats des différentes études. Chacune de ces études utilise une procédure de test traditionnelle et ne fait pas l'effort d'examen de la stationnarité des séries de prix utilisés. Ceci est d'autant plus regrettable que la volatilité des cours au comptant dans les années 80 est importante. Par exemple entre 1983 et 1986, les prix des métaux ont chuté de 20% et ils ont augmenté de 50% entre 1986 et 1988. D'où l'intérêt de réétudier la question de l'efficience dans ces marchés des métaux en utilisant la technique de la cointégration. L'étude de CHOWDHURY utilise donc cette technique pour vérifier l'efficience de 4 marchés de métaux non ferreux (le cuivre, le plomb, le zinc et l'étain) dans la période 1971 à 1988 qui est une période de forte volatilité des prix.

CHOWDHURY poursuit deux objectifs principaux. D'abord, il examine l'hypothèse d'efficience des marchés pour 4 métaux non ferreux (Le cuivre, le plomb, l'étain et le zinc) négociés au LME sur la période de juillet 1971 à juin 1988. Un marché à terme est efficient au regard d'informations existantes, parce que dans une situation d'efficience, seules de nouvelles informations non anticipées conduisent à un changement de prix. Ensuite, CHOWDHURY utilise la (récente à l'époque) théorie de la cointégration pour tester l'efficience sur les marchés.

Les résultats de l'étude de CHOWDHURY concernent les statistiques ADF. Celles-ci ne rejettent pas l'hypothèse nulle d'absence de cointégration dans deux cas : les marchés du cuivre et du plomb et les marchés du plomb et du zinc. Toutefois, dans tous les autres cas, les résultats indiquent que les prix à terme dans les divers marchés sont cointégrés. Ceci peut être interprété comme une preuve d'inefficience du marché. CHOWDHURY examine ensuite si les prix spot et à terme à l'intérieur d'un même marché sont cointégrés. Les résultats pour les marchés du plomb, de l'étain et du zinc montrent que l'hypothèse d'absence d'un vecteur de cointégration entre les prix spot et à terme n'est pas rejetée. Ce résultat indique qu'il n'y a pas de relation ferme entre les prix à terme et les prix spot correspondant du plomb, de l'étain et du zinc. Ainsi, le prix à terme apparaît comme un prédicteur biaisé du prix spot correspondant sur ces marchés. Par contre, dans le cas du marché du cuivre, les tests montrent des preuves de cointégration entre les prix spot et à terme.

Selon la méthode initiée par STOCK (1987), un test est effectué pour examiner l'efficience des conditions de la formation des prix pour les 4 marchés. Les résultats indiquent que l'hypothèse d'efficience est finalement rejetée à 5% pour chacun des 4 marchés. Par conséquent, le prix à terme apparaît comme un prédicteur biaisé du prix au comptant. Ceci signifie l'absence d'efficience dans chacun de ces marchés. Ces résultats sont contraires à ceux de GUPTA et MAYER (1981) et de GROSS (1988). Ces deux études ont utilisé les tests de forme semi forte. Rappelons que Gupta et Mayer ont validé l'hypothèse d'efficience sur les marchés du cuivre et de l'étain, alors que Gross a lui aussi trouvé que le marché du cuivre était efficient. Les résultats de CHOWDHURY renforcent ceux de GROSS (1983) et de SEPHTON et COCHRANE (1990). Rappelons que GROSS (1983) valide le rejet de l'hypothèse d'efficience pour les marchés du plomb, de l'étain et du zinc, alors que

SEPHTON et COCHRANE (1990) ont trouvé la preuve contraire au dogme que le LME est un marché efficient.

PERONI et MC NOWN (1998) présentent une critique des tests classiques d'efficience habituellement appliqués aux marchés à terme de l'énergie. Pour ces auteurs, la plupart des tests appliqués aux marchés à terme de l'énergie ne permettent malheureusement pas de déterminer les propriétés stochastiques fondamentales des prix spot et à terme. Dans leur étude, PERONI et MC NOWN veulent apporter la preuve que les prix de 3 marchés de l'énergie supportent les propositions suivantes : (1) Ces prix sont des processus stochastiques intégrés demandant à être différenciés pour devenir stationnaires ; (2) les prix spot et à terme d'une marchandise donnée sont cointégrés et partagent le même trend stochastique et (3), dans les régressions impliquant les prix spot et à terme, la présence d'une prime de risque introduit une corrélation entre le régresseur et le terme d'erreur, induisant un biais potentiel . Ces 3 caractéristiques des prix des marchandises exigent l'utilisation de procédures spéciales de modélisation et de test des relations entre les séries des prix à terme et au comptant.

L'objectif de la recherche de PERONI et MC NOWN est double. Les tests ayant été appliqués aux marchés à terme de l'énergie sont revus dans le but de montrer que ces procédures sont non informatives au sujet de l'efficience du marché. Pour ces auteurs les tests sont non informatifs s'ils sont basés sur des régressions dans lesquelles soit (1) les paramètres estimés sont biaisés ou non cohérents, soit (2) les distributions commandant les statistiques des tests de régression sont non standards.

Généralement, les tests des marchés à terme de l'énergie sont présentés dans une littérature large qui examine aussi l'efficience des marchés financiers et des marchés des marchandises, et la critique de ces tests s'applique donc avec la même force aux marchés non énergétiques.

La revue des méthodes et des modèles utilisés pour tester l'efficience des marchés à terme de l'énergie montre leur échec à prendre en compte les caractères de non stationnarité et d'endogénéité des prix spot et à terme, ce qui diminue la crédibilité des résultats des études antérieures. A l'exception de CROWDER et HAMED (1993), les chercheurs qui ont utilisé les données sur le prix de l'énergie dans la forme non stationnaire n'ont pas appliqué des méthodes qui présentent des tests statistiques valides. En plus, les tests basés sur la

stationnarité des séries de prix ont ignoré les problèmes d'endogénéité endémiques dans ces présentations. Heureusement qu'il existe des procédures de tests informatifs et un des objectifs de l'étude de PERONI et MC NOWN est d'appliquer ces tests informatifs à 3 marchés de l'énergie : Le marché du fioul domestique, celui du pétrole brut texan et celui de l'essence sans plomb.

Concernant les résultats, les auteurs observent que l'application de procédures non informatives pour les tests d'efficience des 3 marchés à terme de l'énergie confirme les problèmes liés à ces tests. En particulier, un biais conduit au rejet de l'efficience du marché pour le fioul domestique, l'essence sans plomb et le pétrole texan. Le test de non prévisibilité des rendements indique aussi l'inefficience des marchés spot et à terme de 2 des 3 marchandises examinées. Cependant, l'application de deux tests informatifs à ces 3 marchés révèle des résultats en accord avec l'efficience des marchés.

Les tests valables de marchés efficients doivent prendre en compte les propriétés stochastiques des variables introduites dans les équations des tests, en particulier les problèmes de non stationnarité et d'endogénéité. Quand des procédures appropriées sont appliquées, aux 3 marchés à terme de l'énergie, contrairement à ce qui est dit dans la littérature existante, ces tests concluent généralement de façon large à l'hypothèse d'efficience.

KELLARD, NEWBOLD, RAYNER et ENNEW (1999) proposent une approche originale de l'inefficience à partir d'un ratio de prévision de la variance d'erreur calculé à partir du modèle à correction d'erreur. Dans un marché de marchandises efficient, le prix à terme sera une prévision optimale du prix au comptant. Dans sa forme la plus simple, l'hypothèse de marché efficient peut être résumée dans l'hypothèse jointe que les agents sont doués de rationalité pour les prévisions et sont neutres par rapport au risque, en sorte que le prix à terme est un estimateur sans biais du prix comptant futur (TAYLOR 1995). L'évaluation conventionnelle de l'hypothèse d'efficience du marché est normalement effectuée dans le cadre de la cointégration et du modèle à correction d'erreur et tient compte du fait que les séries temporelles au comptant et à terme sont habituellement des variables non stationnaires.

Les tests de l'hypothèse d'efficience de marché sont habituellement la première étape de l'évaluation de l'utilité sociale des marchés à terme. Cependant, comme l'a montré STEIN (1986), ce genre de test n'apporte pas d'information au sujet du degré d'inefficience dans quelques marchés spécifiques et par conséquent, ne permet pas les comparaisons de fonctionnement des différents marchés à terme. Dans leur étude, KELLARD et *alii* (1999) proposent une mesure de l'inefficience estimée comme un ratio de prévision de la variance d'erreur à partir du modèle à correction d'erreur. Ce ratio est égal à l'unité dans le cas de marché efficient et est inférieur à l'unité pour un marché non efficient. Cela signifie que plus le ratio est bas, plus grande est l'inefficience.

Dans le but d'illustrer l'utilité potentielle de cette approche, une analyse comparative est menée sur divers marchés à terme, spécialement ceux du soja, du bétail sur pieds, des porcs vivants, du gasoil, du pétrole brut et du taux de change Mark/Dollar. Pour chaque marché, les données portent sur un échantillon de prix à terme à 28 jours de maturité. L'analyse procède en testant d'abord l'efficience dans le cadre d'un quasi modèle à correction d'erreur et ensuite, en estimant la mesure de l'efficience pour chaque marché. Finalement, une comparaison est effectuée sur la relative inefficience des divers marchés.

Les conclusions de l'étude suggèrent que le marché du soja est efficient, que celui du gasoil est inefficient à 1 %, que celui du Deutschemark/dollar est inefficient à 4%, que celui du porc est inefficient à 7%, que celui du pétrole brut est inefficient à 12% et que celui du bétail est inefficient à 49%. Le degré d'inefficience est fortement corrélé avec la divergence dans les termes statistiques des coefficients estimés sur la base du quasi modèle à correction d'erreur. Ces résultats sont nécessairement spécifiques à la longueur de l'horizon de prévision. L'analyse a été refaite pour 4 des marchés en élargissant cet horizon à 56 jours. Le marché du Deutschemark/dollar a alors été trouvé comme efficient, le marché du porc vivant inefficient à 1 %, celui du soja inefficient à 13 % et celui du bétail inefficient à 23%. Ces résultats représentent une extension du travail de FAMA et FRENCH (1987) ; mais au lieu de tester simplement si le coefficient de base est égal à l'unité, la recherche de KELLARD et *alii* ont explicitement examiné la capacité prédictive des prix à terme et relié le pouvoir prédictif (et par conséquence l'efficience du marché) à l'information contenue dans la base. Il faut noter que FAMA et FRENCH définissent la base comme la somme du changement prévu dans le prix spot et la prime de risque attendue. Il apparaît alors probable que les inefficiences de prévision trouvées dans les marchés étudiés peuvent être attribuées au changement

temporel des primes de risque. Toutefois, il y a aussi quelques preuves, spécialement pour les marchés du bétail et du porc, que les prix à terme et au comptant retardés influencent les prix au comptant courants. Ainsi, il se pourrait que les agents soient incapables d'exploiter pleinement les opportunités d'arbitrage lorsqu'ils apprennent des changements sur les fondamentaux du marché.

HAMORI, HAMORI et ANDERSON (2001) ont étudié l'efficiance du marché du riz de Dojima à Osaka au Japon à l'ère Tokugawa (1603-1867) en utilisant les tests de cointégration. Le but de l'étude de HAMORI et *alii* est d'analyser l'efficiance du marché du riz japonais pendant l'ère Tokugawa et d'évaluer la pertinence du commerce à terme dans le développement économique du Japon.

Le riz a joué un rôle unique dans l'ère Tokugawa. Par exemple, la valeur de la terre était mesurée en volume de riz produit. Des titres sur le riz furent même créés comme un moyen de minimiser les coûts de transaction du commerce pour d'importants volumes de riz.

Il était devenu important de créer un moyen de couvrir les transactions spot par des transactions à terme afin de se couvrir contre les risques de fluctuations de prix du riz. Les titres de riz convenaient bien au commerce à terme et la quantité élevée des cargaisons de riz au milieu du 17^e siècle a apporté de la liquidité au marché. Après que la chute des prix du riz ait menacé la survie des guerriers et des roturiers de la même façon, le huitième Shogun Tokugawa autorisa un système de Chambre de compensation dans le district de Dojima en 1730. Les prix du riz de Dojima devinrent des prix de référence nationaux au Japon et le marché du riz de Dojima devint le premier marché à terme organisé du monde. Les marchés à terme d'aujourd'hui perpétuent la tradition de leur ancêtre de Dojima. MIYAMOTO (1988) démontre l'existence d'une importante corrélation entre les prix spot et à terme sur la période allant de 1757 à 1826, il conclut que le marché à terme de Dojima était efficace. D'un autre côté, ITO (1993) analyse la performance de ce marché à terme du riz en appliquant une analyse standard de régression sur les données de 1763 à 1780, il conclut que le marché du riz n'était pas efficace entre 1763 et 1780. L'étude de HAMORI et *alii* veut aller au delà de l'analyse de ITO sur deux points. D'abord le travail de HAMORI et *alii* indique comment les performances du marché ont évolué pendant ces différentes périodes d'instabilité politique du Japon et des circonstances créées par les progrès techniques dans l'agriculture. La seconde contribution de ce travail est d'analyser l'efficiance du marché en utilisant le test de racine

unitaire et le test de cointégration. L'application de ces tests apporte des conclusions nouvelles suivantes au sujet de l'efficacité historique du marché à terme du riz de Dojima.

A partir des tests de la racine unitaire et de cointégration, on peut dire que le marché du riz de Dojima était efficace au milieu du calme relatif du 18^e siècle. L'efficacité était acquise en même temps que la stabilité. La faillite du mécanisme de marché au milieu du 19^e siècle est probablement le résultat des troubles de la révolution aussi bien que du déclin concurrentiel d'Osaka comme centre du commerce japonais. Pour le marché du riz de Dojima, un tel désordre gêne le mécanisme du marché et crée une inefficacité évidente. L'application des tests de cointégration jette une lumière nouvelle sur l'efficacité. Le résultat d'une efficacité de long terme du marché du riz sur la période 1763-1780 s'oppose aux résultats précédents de MIYAMOTO (1988) et de ITO (1993). MIYAMOTO (1988) a trouvé que le marché du riz de Dojima était efficace de 1757 à 1826, alors que ITO trouvait que le marché n'était pas efficace de 1763 à 1780. Les résultats de HAMORI et *alii* se situent entre ces deux assertions et suggèrent que le marché à terme de Dojima n'était efficace à long terme que pour la période 1763-1780. Les résultats de l'efficacité à long terme impliquent que quand il y avait inefficacité à court terme, les mécanismes de correction d'erreur ramenaient vers l'équilibre de long terme. Les résultats montrent aussi que même cette efficacité de long terme disparaît pour la période allant de 1851 à 1864. Cette révélation que l'efficacité du marché à terme a décliné pendant la période chaotique de l'ère Bakumatsu apporte un support empirique aux conjectures de MIYAMOTO (1988).

KENOURGIOS et SAMITAS (2004) examinent l'hypothèse jointe de marché efficace et d'absence de biais des prix à terme pour les contrats à terme du cuivre vendus au LME dans les années 90. Leur étude est significative à trois titres. (1) elle enquête sur l'efficacité du contrat à terme du cuivre vendu au LME dans la décennie 90, une période très volatile et turbulente pour le cuivre dans le monde qui n'a pas été couverte par les études antérieures ; (2) contrairement aux études précédentes, l'étude de KENOURGIOS et SAMITAS teste aussi bien l'efficacité à long terme qu'à court terme ; (3) Enfin cette étude apporte de nouvelles preuves sur l'efficacité du marché à terme du cuivre de Londres et se veut cohérente avec les études sur le LME des années 70 et 80. Les auteurs démontrent que si le marché peut être considéré comme efficace à long terme, il peut y avoir des déviations substantielles de cette relation d'équilibre à court terme. L'efficacité du marché du cuivre à long terme est testée à la fois en utilisant les tests de cointégration de Engle et Granger et la procédure de

maximum de vraisemblance de Johansen ; et l'efficacité à court terme est examiné au travers d'un modèle à correction d'erreurs.

L'étude de KENOURGIOS et SAMITAS fait un intéressant survol de la littérature sur les travaux antérieurs sur la question de l'efficience : GROSS (1981) sur le cuivre, le plomb, l'étain et le zinc, CANARELLA et POLLARD (1986) sur les mêmes métaux que GROSS (1981), FAMA et FRENCH (1987) sur le cuivre et d'autres métaux, GROSS (1988) sur les métaux non ferreux du LME, SEPHTON et COCHRANE (1990, 1991) sur les 6 métaux cotés au LME. Parmi les études ayant utilisé le test de cointégration de Engle et Granger, il y a celle de WANG (1990) en réponse aux remarques de ELAM et DIXON (1988). Ces études ont pour la plupart montré qu'il fallait accepter l'hypothèse d'efficience des marchés en montrant que les prix à terme sont des prédictors sans biais des prix au comptant pour le marché du cuivre.

Les conclusions du travail de KENOURGIOS et SAMITAS sont les suivantes. Les tests de racine unitaire montrent qu'aucune série n'est stationnaire, mais qu'elles le deviennent en différence première. Les résultats du test de cointégration sur les prix au comptant et à terme du cuivre à maturité 15 mois montrent que ces prix ne sont pas cointégrés. Ceci pourrait être dû aux turbulences et à la volatilité accrue caractérisant le marché du cuivre dans les années 90. L'efficience du marché implique que le prix à terme est un prédictor sans biais du prix au comptant futur et qu'en fin de compte la cointégration entre les deux prix doit exister. À partir de là, on peut dire que le marché du cuivre à 15 mois n'est pas efficient. Au contraire, l'hypothèse de cointégration entre les prix à terme à 3 mois et les prix au comptant correspondant est acceptée et par conséquent, la première condition nécessaire à l'efficience du marché est acquise. Toutefois, du point de vue de l'efficience à long et à court terme, toutes les conditions nécessaires ne sont pas acquises, parce que les restrictions sur les paramètres de la relation de cointégration et du modèle à correction d'erreur sont rejetées, même si une méthode de correction des autocorrélations dues aux chevauchements d'observations est appliquée de façon satisfaisante. Pour l'essentiel, les résultats empiriques indiquent que le marché à terme du cuivre au LME est inefficient et que les prix à terme à 3 mois et à 15 mois ne procurent pas des estimations sans biais des prix au comptant aussi bien à court qu'à long terme. Ces résultats sont en accord avec les résultats des études antérieures sur le marché à terme du cuivre utilisant la technique de la cointégration.

KUMAR (2004) étudie l'efficience des marchés à terme agricoles indiens du début des années 2000. Pour lui, les marchés à terme agricoles indiens ne sont pas encore assez matures comme mécanisme efficace de gestion des risques et de formation des prix. Malgré un important volume de commerce sur les marchés physiques aussi bien internes qu'internationaux et une grande variabilité du prix de plusieurs marchandises vendues à terme, l'utilisation des contrats à terme est tout à fait limitée comme le montre le faible volume de transactions dans les bourses de commerce indiennes (SAHADEVAN 2002). Les produits dérivés tels que les *forwards*, les *futures*, les options ou les *swaps* qui sont de plus en plus utilisés dans plusieurs pays développés ou en voie de développement dans le monde ne sont pas encore populaires en Inde. Un certain nombre de restrictions créées par le gouvernement sur la production et la distribution de plusieurs produits agricoles sont responsables de l'inhibition du développement des marchés à terme et de la limitation de leur rôle dans le processus de formation des prix des biens agricoles. L'objectif de l'étude de KUMAR est d'examiner l'efficience des marchés à terme des produits agricoles en Inde et d'identifier quelques facteurs importants empêchant leur développement harmonieux. L'étude examine aussi de façon empirique l'efficacité de la fonction d'aide à la formation des prix des marchés à terme indiens pour assurer une meilleure couverture dans un contexte d'incertitude des prix pour quelques marchés choisis.

Il existe aujourd'hui en Inde 22 bourses réalisant des opérations à terme sur 56 produits. Le travail de KUMAR porte sur des données journalières concernant 5 produits : les graines de ricin, le gur³⁵, le coton, le poivre et l'arachide.

Les résultats du test de racine unitaire montrent qu'à l'exception des séries concernant les prix au comptant et à terme des graines de ricin pour avril 2003, du coton en février 2003 et du poivre en mai 2003, toutes les autres séries révèlent la présence d'une racine unitaire impliquant une forme faible d'efficience. Toutefois, la différence première du logarithme des séries de prix est stationnaire. Les implications de la présence d'une racine unitaire (et par conséquent d'un comportement de marche au hasard des séries de prix) sont : (1) la composante permanente dans la fluctuation de la variable est fortement volatile, (2) les chocs aléatoires dans l'économie vont aboutir à l'accroissement permanent dans le niveau de

³⁵

Le gur est un sucre épais extrait de la sève de certains palmiers ; ce sucre est très consommé à travers toute l'Asie du Sud et du Sud-est

volatilité de ces séries. Les résultats des tests de cointégration entre les variables pour les contrats sur les graines de ricin en octobre 2002, le coton en juin 2002, le gur en juillet 2002 et le poivre en mai 2003 montrent l'existence d'une cointégration entre les variables. Mais d'autres tests de l'étude indiquent que les marchés à terme ne sont pas des prédicteurs efficaces des prix au comptant futurs. Pour KUMAR, ces résultats étaient prévisibles étant donné que plusieurs bourses ont des volumes de transactions faibles et irréguliers. Malgré l'existence d'un marché développé pour les marchandises étudiées, les marchés à terme n'attirent pas les opérateurs. Les résultats suggèrent que les contrats à terme ne sont pas des outils de couverture parfaits pour les variations des prix au comptant. Pour KUMAR, il doit y avoir plusieurs imperfections dans les marchés spot des marchandises étudiées qui feraient que les prix à terme s'éloignent des prix au comptant futurs correspondants. Les sources possibles d'imperfections sont les suivantes. (1) Les interventions du gouvernement sous la forme de l'imposition d'un prix plancher (pour le coton et l'arachide) ; (2) les changements imprévus dans les taux de change qui ne sont pas pris en compte par les prix à terme (pour le poivre qui est une marchandise d'exportation) ; (3) la production dans les secteurs non organisés et ayant un grand nombre d'intermédiaires (pour le gur et l'huile d'arachide)

Le second aspect du travail de KUMAR consiste à mesurer l'aptitude des prix à terme dans les marchés indiens à intégrer les informations. Pour l'auteur, un marché efficient doit exprimer la volatilité. Quand des informations sont diffusées les prix doivent changer. Un marché efficient est celui où les informations nouvelles sont rapidement intégrées dans les prix. C'est un marché qui apparaît comme hautement volatile. Quand le marché spot est efficient, le degré relatif de variation des prix peut aider à trouver si le marché à terme est capable d'incorporer efficacement l'information. Ceci peut être analysé en examinant le ratio des écarts type des variations des prix à terme et spot. Un ratio proche de un indiquerait que le prix à terme est capable d'intégrer efficacement l'information, alors qu'un ratio supérieur à un indiquerait un haut niveau d'activité spéculative. Un ratio inférieur à un indiquerait que l'information n'est pas pleinement intégrée et que dans cette mesure le marché n'est pas efficient. Les résultats empiriques montrent qu'à l'exception des contrats sur le gur (mars 2003) et le poivre (mai 2003), les ratios sont inférieurs à un pour tous les autres contrats, indiquant l'inaptitude des marchés à terme à intégrer pleinement les informations et confirmant l'inefficience des marchés à terme agricoles indiens

WANG et KE (2005) étudient l'efficacité des marchés à terme chinois du blé et du soja. Dans le cadre de la libéralisation de son économie, la Chine crée en 1993, le *China Zhengzhou Commodity Exchange* (CZCE) spécialisé dans les transactions à terme de produits agricoles. Après 1993, plus de 60 marchés à terme naissent ; plusieurs d'entre eux négocient le même produit dans la même ville et quelques uns opèrent illégalement (YAO 1998). Après une période de chaos dans les marchés, le gouvernement chinois commence à traquer les opérations à terme illégales en 1994. A la fin de 1998, il ne reste plus que 3 marchés à terme : Le CZCE, le *Dalian Commodity Exchange* (DCE) et le *Shanghai Futures Exchange* (SFE). Le SFE est spécialisé dans le commerce des métaux, alors que le CZCE et le DCE sont des marchés de produits agricoles. Dès l'origine, le blé était négocié au CZCE et le soja au DCE. Aujourd'hui, le DCE est le second plus grand marché à terme de soja du monde juste derrière le marché de Chicago.

Un des objectifs de la création des marchés à terme agricoles en Chine était de développer un indicateur de prix officiellement déterminés par la loi de l'offre et la demande. Un tel indicateur est particulièrement important pour la Chine car ce pays a adopté un « système de prix dual » depuis 1985 dans lequel il existe différents prix pour le même produit agricole. L'objectif politique était d'encourager les agriculteurs à participer au marché durant la période de transition économique ; alors que dans le même temps, le gouvernement gardait encore le contrôle d'un certain nombre de produits agricoles pour des raisons de sécurité alimentaire. Toutefois, ce système dual a abouti au désordre et à l'inefficacité (CARTER et ESTRIN, 2001). La création des marchés à terme agricoles était une des étapes pour éliminer le système de prix dual.

Le but de l'étude de WANG et KE est de tester l'efficacité des marchés à terme agricoles en Chine. L'étude de l'efficacité des marchés à terme agricoles est importante aussi bien pour le gouvernement que pour les producteurs chinois. En effet, un marché efficace signifie une meilleure alternative aux interventions sur le marché comme par exemple pour imposer des politiques de stabilisation des prix. Aux producteurs et négociants, un marché à terme efficace apporte une possibilité de prévision fiable des prix spot futurs et leur permet de gérer les risques dans la production et le processus de marketing. L'efficacité des marchés agricoles chinois intéresse aussi les opérateurs des pays tels que le Canada, les Etats-Unis, l'Australie ainsi que l'Union Européenne qui sont les principaux exportateurs de grains vers la Chine.

Les données utilisées par l'étude de WANG et KE sont fournies par le CZCE et le DCE, elles sont hebdomadaires et concernent la période de janvier 1998 à mars 2002. L'utilisation du test de racine unitaire et des tests de cointégration de Johansen a donné les résultats suivants.

Concernant le soja, l'hypothèse nulle $r = 0$ est rejetée à un niveau significatif de 5% par les deux tests statistiques pour chacune des 9 séries sur le soja, et l'hypothèse $r = 1$ n'est pas rejetée. Ceci signifie que les prix à terme du soja à 4 mois avant la date de maturité sont cointégrés avec les prix au comptant moyen au *Tianjin Grain Wholesale Market* (TGWM) et le prix à terme du soja 2 mois avant la date de maturité est cointégré avec le prix au comptant moyen national. Ces résultats suggèrent qu'une relation de long terme existe entre le prix à terme du soja et le prix au comptant moyen au TGWM et entre le prix à terme du soja et le prix au comptant moyen national. Par contre, le prix à terme du soja n'est pas cointégré avec le prix à terme du *Zhengzhou Grain Wholesale Market* (ZGWM), ce résultat est différent de ce qui était attendu. En effet, dans la mesure où le ZGWM a été créé plus tôt et est plus grand et plus influent que le TGWM, une relation plus proche entre le ZGWM et le marché à terme était attendue. Pour WANG et KE, deux facteurs expliquent cette disparité. D'abord, Tianjin est située plus près des zones principales de production de soja, ensuite le transport est un facteur critique pour la circulation des produits agricoles en Chine. Dans la mesure où Tianjin est un grand port pour le transport des grains importés/exportés et des grains traités localement, les facilités de transport rendent ici le prix plus réactif à l'offre et à la demande. La cointégration n'est qu'une condition nécessaire à l'efficience de marché. En effet, l'efficience exige aussi par ailleurs que les prix à terme soient des prédictors sans biais des prix au comptant. Or les tests ont montré que le marché à terme n'est pas un prédictor sans biais des prix au comptant pour aucun marché et à aucune période.

En ce qui concerne le blé, aucun des résultats des tests statistiques n'est suffisant pour permettre le rejet de l'hypothèse nulle $r = 0$ à 5% pour quelque série que ce soit. Ceci montre que le prix à terme du blé n'est pas cointégré avec le prix au comptant. Ce résultat est valable pour tous les horizons de prévision et pour tous les marchés au comptant. Il n'existe pas de relation d'équilibre de long terme entre le marché à terme du blé et chacun des marchés au comptant correspondants. Dans la mesure où la cointégration est une condition nécessaire à l'efficience des marchés à terme, on peut conclure que le marché à terme chinois du blé est

inefficient. Un facteur important qui expliquerait cette inefficience est la sur-spéculation ou les manipulations du marché. .

L'autre facteur qui affecte la performance des marchés à terme du soja et du blé, c'est les différentes politiques gouvernementales. En effet, le blé est une des denrées sur lesquelles se focalise la politique de sécurité alimentaire du gouvernement. Pour cette raison, cette denrée est encore directement ou indirectement régulée par le gouvernement. Celui-ci contrôle ainsi par exemple très strictement les exportations et les importations de blé. Par contre, le soja utilisé comme nourriture et source de production d'huile a un marché moins régulé. Les importations de soja ne sont pas contrôlées et ont augmenté très significativement au cours des récentes années. La participation au marché mondial aide à améliorer le rôle de prédicteur de prix du marché à terme.

Tableau récapitulatif des principales études sur l'efficacité des marchés de marchandises

Auteurs	Année	Marché	Produits	Méthode	Résultat : efficacité ?
GUPTA et MAYER	1988	LME et CBOT	Cuivre, étain Sucre, cacao, café	ARIMA	Oui
CANARELA et POLLARD	1986	LME	Cuivre, plomb, étain et zinc	3 méthodes différentes d'estimation	Oui
STOCK	1987	LME	Cuivre, plomb et zinc	Méthode classique d'analyse de stationnarité	Non
GROSS	1988	LME	Cuivre, aluminium	Moyenne mobile autorégressive	Oui
MC DONALD et TAYLOR	1989	LME	Cuivre, plomb, étain et zinc	Modèles d'étude uni et pluri marchés	Oui Non
SEPHTON et COCHRANE	1990	LME	Aluminium, cuivre, plomb, étain et zinc	Méthode classique d'analyse de stationnarité	Non
CHOWDHURY	1991	LME	Cuivre, plomb, étain et zinc	Cointégration	Oui
PERONI et MC NOWN	1998	NYMEX	Fioul, pétrole brut et essence sans plomb	Tests informatifs	Oui
KELLARD, NEWBOLD, RAYNER et ENNEW	1999	NYMEX et CBOT	Soja, bétail sur pieds Gasoil	Cointégration	Oui Non
HAMORI, HAMORI et ANDERSON	2001	Marchés japonais	Riz	Cointégration	Oui
KENOURGIOUS et SAMITAS	2004	LME	Cuivre	Cointégration	Non
KUMAR	2004	Marchés indiens	ricin, gur, coton, poivre et arachide	Cointégration	Non
WANG et KE	2005	Marchés chinois (CZCE et DCE)	Soja et blé	Cointégration	Non

Section 2: Vérifications empiriques du contenu informationnel des prix à terme de l'aluminium au LME

Les études empiriques sur l'efficacité des marchés financiers portent surtout sur la forme faible d'efficacité ; la forme forte est quasiment impossible à tester ; quant à la forme semi forte d'efficacité, il faudrait conduire des tests d'événements pour pouvoir la mettre en évidence.

Cette section comporte deux paragraphes. Dans le premier paragraphe nous essayons de vérifier si les prix de l'aluminium sur le LME suivent une marche au hasard, synonyme d'efficacité du marché de l'aluminium. Dans le deuxième paragraphe, nous examinons dans quelle mesure les prix à terme de l'aluminium sur le LME permettent de prévoir l'évolution des prix au comptant.

Paragraphe 1 : Les prix à terme de l'aluminium et l'information passée : vérification de l'existence d'une marche au hasard (*Random walk*)

Le but de ce paragraphe est de permettre de vérifier si les prix de l'aluminium au LME suivent une marche au hasard synonyme d'efficacité du marché de l'aluminium. Parmi les méthodes que nous utilisons pour vérifier l'efficacité, il y a le test de la racine unitaire que nous présentons ci après.

A- Le test de racine unitaire

Depuis la fin des années 70, on a fréquemment recours au test de recherche d'une racine unitaire pour vérifier si les prix à terme suivent une marche au hasard. Le test le plus couramment utilisé pour cette recherche d'une racine unitaire est celui proposé par Dickey et Fuller (DF). Nous présentons cette méthodologie en annexe.

Les tests DF et DFA prennent la forme habituelle des tests de Student. Il s'agit de tester l'égalité statistique du $\hat{\theta}$ (estimateur de θ) dans l'équation suivante :

$$F_t - \theta F_{t-1} = \varepsilon_t \quad \text{où}$$

F_t représente le prix à terme à la date t

F_{t-1} représente le prix à terme à la date $t-1$

L'hypothèse nulle de racine unitaire sera rejetée si le ratio-t du coefficient de l'équation testée est inférieure à la valeur critique au seuil de 5% ; la série étudiée est alors stationnaire et intégrée d'ordre zéro, on en déduit qu'elle ne suit pas une marche au hasard. Si au contraire la valeur de la statistique t est supérieure à la valeur critique au seuil de 5%, la série est considérée comme non stationnaire, on en déduit qu'elle suit une marche au hasard.

1 - Données et introduction méthodologique

Nous considérons la série des cours des contrats à terme de l'aluminium à maturité 3 mois au LME. Nous avons choisi de travailler sur des données hebdomadaires de vendredi à vendredi pour la période allant de janvier 1995 à décembre 2005. Cette série des cours transformée en logarithme est notée LOGALU1995. On note DLOGALU1995 la série LOGALU1995 en différence première ($DLOGALU1995_t = LOGALU1995_t - LOGALU1995_{t-1}$)

La première intuition concernant la stationnarité peut être fournie par le corrélogramme de la série LOGALU1995. Ce corrélogramme représenté par la FIGURE V-1 (ANNEXE 58) montre que les autocorrélations sont toutes significatives et décroissent très lentement. Cette observation laisse présager que la série LOGALU1995 est non stationnaire.

Par ailleurs, la FIGURE V-2 (ANNEXE 59) représentant le corrélogramme de la série DLOGALU1995 semble indiquer que la série en différence première est stationnaire puisque le corrélogramme ne présente plus aucune structure particulière.

Nous nous proposons de vérifier ces intuitions par l'application des tests de racine unitaire. Nous adoptons la stratégie de DICKEY ET PANTULA (1987) consistant à tester en premier lieu l'hypothèse nulle de racine unitaire sur la série DLOGALU1995. Si l'hypothèse

nulle est rejetée, nous testons, en second lieu, l'hypothèse nulle de racine unitaire sur la série LOGALU1995³⁶

2 - Tests de Dickey-Fuller

Nous commençons par tester l'hypothèse nulle selon laquelle DLOGALU1995 est non stationnaire (Elle contient au moins une racine unitaire) contre l'hypothèse alternative de la stationnarité. Pour cela nous adoptons la stratégie séquentielle qui consiste tout d'abord à estimer le modèle avec constante et tendance déterministe :

$$(17) D^2LOGALU1995_t = \phi DLOGALU_{t-1} + \alpha + \beta_t + \sum_{j=1}^p \gamma_j D^2LOGALU_{t-j} + \varepsilon_t$$

Où $D^2LOGALU1995_t$ désigne la différence seconde de $LOGALU1995_t$

L'application des tests de Dickey-Fuller nécessite tout d'abord de sélectionner le nombre p de retard de sorte à blanchir les résidus de la régression. Nous avons choisi de nous baser sur l'étude des autocorrélations partielles de la série $D^2LOGALU1995$ (FIGURE V-2 ANNEXE 59). Les autocorrélations partielles d'ordre 1 et 2 semblent significativement différentes de 0. On retient donc $P = 2$.

Les résultats de l'estimation de l'équation ci-dessus sont reportés dans le tableau V-5. Dans ce tableau, la constante est notée C et la tendance ou TREND.

³⁶ Nous adoptons cette façon de procéder qui est utilisée par S. LARDIC et V. MIGNON (dans « Econométrie des séries temporelles macroéconomiques et financières » page 138 *Economica*, 2002) qui selon ces auteurs, a l'avantage de permettre de tester simultanément la présence de plusieurs racines unitaires

Tableau IV- 5 : Résultat du test de la racine unitaire du modèle avec constante et tendance déterministe. Période 1995 à 2005

Variable	Coefficient	ADF Avec constante et trend (t- statistique)
DLog ALU1995 _{t-1}	-1,397	- 16,520
D ² Log ALU1995 _{t-1}	0,190	2,922
D ² Log ALU1995 _t	0,055	1,329
C	- 0,002	-2,185
Trend	7,84 * (10) ⁻⁶	2,585

Valeur critique du trend, 2,79 au seuil de 5%

Les résultats du test de la racine unitaire du modèle avec tendance et constante sont présentés au TABLEAU IV-5. On commence par tester la significativité de la tendance. On observe que la tendance n'est pas significativement différente de 0, puisque sa statistique t (2,585807) est inférieure à la valeur critique (2,79) au seuil statistique de 5%. On estime par conséquent le modèle avec constante et sans tendance déterministe. Le résultat de cette estimation est donné au TABLEAU IV-6

Tableau IV- 6: Résultat du test de la racine unitaire du modèle avec constante et sans tendance déterministe. Période 1995 à 2005

Variable	coefficient	ADF Avec constante et sans trend (t- statistique)
DLog ALU1995 _{t-1}	- 1,364	- 16,235
D ² Log ALU1995 _{t-1}	0,168	2,59
D ² Log ALU1995 _t	0,045	1,08
C	6,66 * (10) ⁻⁵	0,134

Valeur critique de la constante 2,54 au seuil de 5%

La constante n'est pas significativement différente de 0, puisque sa t-statistique (0,134181) est inférieure à la valeur critique (2,54) au seuil de 5%. On estime alors le modèle sans constante ni tendance. Les résultats de cette estimation sont présentés au TABLEAU IV-7.

Tableau IV-7 Résultat du test de la racine unitaire du modèle sans constante ni tendance déterministe. Période 1995 à 2005

Variable	Coefficient	ADF sans constante ni trend (t-statistique)
DLog ALU1995 _{t-1}	-1,364	- 16,249
D ² Log ALU1995 _{t-1}	0,168	2,601
D ² Log ALU1995 _t	0,045	1,081

Valeur critique du coefficient de DLogALU1995_{t-1} -1,94 au seuil de 5%

On procède alors au test de la valeur unitaire. La valeur estimée de la statistique ADF (qui correspond à la statistique t du coefficient de D(LOGALU1995(t-1)) est égale à -16,24932. Cette valeur est inférieure à la valeur critique (-1,9400) au seuil statistique de 5%. On rejette en conséquence l'hypothèse nulle de racine unitaire : la série DLOGALU1995 est stationnaire, c'est à dire intégrée d'ordre 0.

Nous voulons à présent appliquer cette stratégie séquentielle de test de Dickey Fuller à la série de cours non différenciée. Commençons par tester le modèle avec constante et tendance déterministe :

$$LOGALU1995 = \phi LOGALU_{t-1} + \alpha + \beta_t + \sum_{j=1}^p \gamma_j LOGALU_{t-j} + \varepsilon_t$$

Comme précédemment, on observe à partir du corrélogramme que les autocorrélations partielles 1 et 2 sont significativement différentes de 0. On retient donc p= 2....

Les résultats des estimations du modèle avec constante et tendance déterministe sont présentés au TABLEAU IV-8.

Tableau IV-8: résultat du test de racine unitaire du modèle avec constante et tendance déterministe. Période 1995 à 2005

Variable	Coefficient	ADF Avec constante et trend
Log ALU1995 _{t-1}	-0,0166	-1,786
Dlog ALU 1995 _{t-1}	-0,188	-4,485
DLog ALU1995 _t	-0,115	-2,760
C	0,051	1,716
Trend	7,62 *(10) ⁻⁶	2,534

Valeur critique du trend, 2,79 au seuil de 5%

On commence par tester la significativité de la tendance. On observe que la tendance n'est pas significativement différente de 0, puisque la valeur de sa statistique t (2,534615) est inférieure à la valeur critique (2,79) au seuil de 5%. On estime ensuite, par conséquent le modèle avec constante et sans tendance. Les résultats de cette estimation sont donnés au TABLEAU IV-9

Tableau IV-9: résultat du test de racine unitaire du modèle avec constante et sans tendance déterministe

Variable	ADF Avec constante et sans trend
Log ALU1995 _{t-1}	-1,655
Dlog ALU 1995 _{t-1}	-4,282
DLog ALU1995 _t	-2,559
C	1,657

Valeur critique de la constante, 2,54 au seuil de 5%

On observe que la constante n'est pas significativement différente de 0 puisque la valeur de sa statistique t (1,657579) est inférieure à la valeur critique (2,54) au seuil de 5%. Il faut

alors estimer le modèle (1) sans constante ni tendance déterministe. Les résultats de cette estimation sont présentés au TABLEAU V-10.

Tableau IV-10: résultat du test de racine unitaire du modèle sans constante ni tendance déterministe. Période 1995 à 2005

Variable	Coefficient	ADF Avec constante et trend
Log ALU1995 _{t-1}	$1,69 * (10)^{-5}$	0,108
Dlog ALU 1995 _{t-1}	-0,189	-4,561
DLog ALU1995 _t	-0,114	-2,758

Valeur critique du coefficient de la variable Log ALU 1995_{t-1}, -1,94 au seuil de 5%

On peut alors procéder au test de la valeur unitaire. La valeur calculée de la statistique ADF est égale à 0,108568. Cette valeur est supérieure à la valeur critique (-1,9400) au seuil de 5%. *On accepte donc l'hypothèse nulle de racine unitaire. La série LOGALU1995 n'est donc pas stationnaire.*

La série LOGALU 1995 est une série intégrée d'ordre 1, puisqu'il faut la différencier une fois pour la rendre stationnaire.

Conclusion

A l'évidence, la série des prix bruts à 3 mois de l'aluminium au LME possède une racine unitaire et suit donc une marche au hasard. Les résultats du TABLEAU IV-10 tendent en effet à montrer que le marché de l'aluminium est efficient.

B- La prise en compte des révisions des anticipations passées :

1-Méthodologie

La deuxième approche de l'hypothèse de marche au hasard que nous suivrons repose sur l'idée que les erreurs de prévision antérieures ne sont pas exploitables par les agents. Nous empruntons cette démarche à HANSEN et HODRICK (1980)

Le modèle à tester est le suivant :

$$(18) \quad F_t - F_{t-1} = a + b_1 (F_{t-1} - F_{t-2}) + b_2 (F_{t-2} - F_{t-3}) + U_t$$

$(F_{t-1} - F_{t-2})$ et $(F_{t-2} - F_{t-3})$ sont les révisions d'anticipations passées de la semaine d'avant et de deux semaines avant. Sous l'hypothèse d'efficiences faible, leurs coefficients respectifs b_1 et b_2 , ainsi que la constante a doivent être égaux à 0, avec un R^2 faible.

2- Résultats

La régression de l'équation n° 18 ci-dessus pour les contrats des trois principales échéances (3, 15 et 27 mois respectivement F3, F15 et F27) au LME donne les résultats présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV-11 : Résultat de la régression de l'équation

$$F_t - F_{t-1} = a + b_1 (F_{t-1} - F_{t-2}) + b_2 (F_{t-2} - F_{t-3}) + U_t$$

Valeur des paramètres Contrats	$\hat{a}$	$\hat{b}_1$	$\hat{b}_2$	R^2	Fisher (3,303)	Prob. (F)
F3	1,443 (1,421)*	-0,0856 (-1,478)	0,0834 (1,402)	0,0129	2,0398	0,1317
F15	0,0801 (0,1088)	-0,0878 (-1,4258)	-0,0149 (-0,2634)	0,0068	1,0331	0,3571
F27	0,1616 (0,3040)	-0,2567 (-5,4944)	-0,2259 (-6,3165)	0,1508	26,5589	0,0000

Les valeurs entre parenthèses représentent le t de Student sous l'hypothèse que les coefficients sont nuls. Puisqu'il y a 302 observations, ces valeurs doivent être comparées au seuil de $\alpha = 5\%$ à 1,64. Si la probabilité est supérieure à 1,64, on peut rejeter l'hypothèse de nullité du paramètre.

Pour tester l'hypothèse H_0 de nullité simultanée de tous les paramètres de l'équation n° 18 nous avons recours à la statistique F (3,303) de Fisher qui est la statistique la plus importante. Il s'agit de tester $a = b_1 = b_2 = 0$. Pour F (3,303) et à un seuil de $\alpha = 5\%$, la valeur tabulée est de 2,60. Par conséquent, si le F calculé pour une échéance donnée est inférieur à 2,60, H_0 est acceptée, c'est à dire $a = b_1 = b_2 = 0$.

D'après les résultats, on constate que le Fisher calculé est inférieur à 2,60 pour les contrats F3 et F15 ($a = b_1 = b_2 = 0$) en revanche, il est supérieur pour le contrat F27 ; ce qui ne permet pas d'accepter la nullité simultanée des 3 coefficients a , b_1 et b_2

Une autre façon de tester H_0 consiste à comparer les probabilités calculées à 0,05 (5%). Si elles sont supérieures à 0,05, alors $a = b_1 = b_2 = 0$. Ici aussi, les contrats F3 et F15 sont les seuls à avoir une probabilité supérieure à 0,05 et par conséquent ont des coefficients nuls ($a = b_1 = b_2 = 0$).

Sur la base de l'examen des données de la période 2000 à 2005, on peut donc dire que seuls les contrats à terme de maturité égale ou inférieure à 15 mois révèlent des informations pertinentes relatives au passé. Ceci revient à dire que les contrats au delà de 15 mois ne révèlent pas toute l'information passée. Le rejet de l'hypothèse de *random-walk* sur la série des prix d'échéance 27 mois (F27) signifie que ces prix sont des signaux de moins bonne qualité pour les interventions sur le marché de l'aluminium.

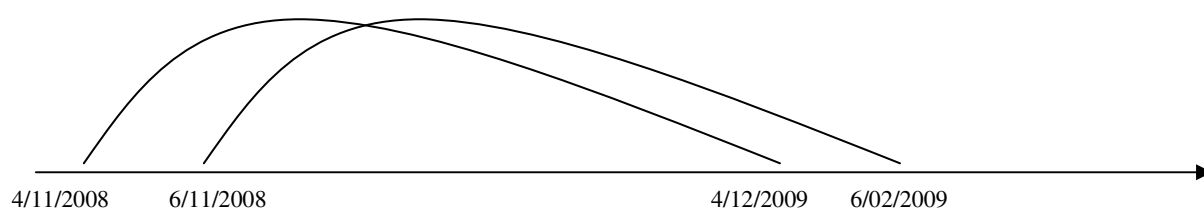
Paragraphe 2 : La capacité prédictive des prix à terme de l'aluminium

Cette démarche qui consiste à chercher à vérifier si les prix à terme permettent de prévoir les prix au comptant peut être conduite selon une méthode classique, mais aussi selon la méthode moderne de la cointégration.

A- Précisions méthodologiques

Pour la suite, nous mettrons souvent en relation, les prix au comptant (S_t) et les prix à terme (F_t). Or le fonctionnement particulier du LME (du point de vue des échéances des contrats) que nous avons décrit au chapitre 2 section 3 paragraphe 1, met en évidence le principe des échéances glissantes. Pour un contrat à 3 mois par exemple, nous avons schématisé la situation suivante :

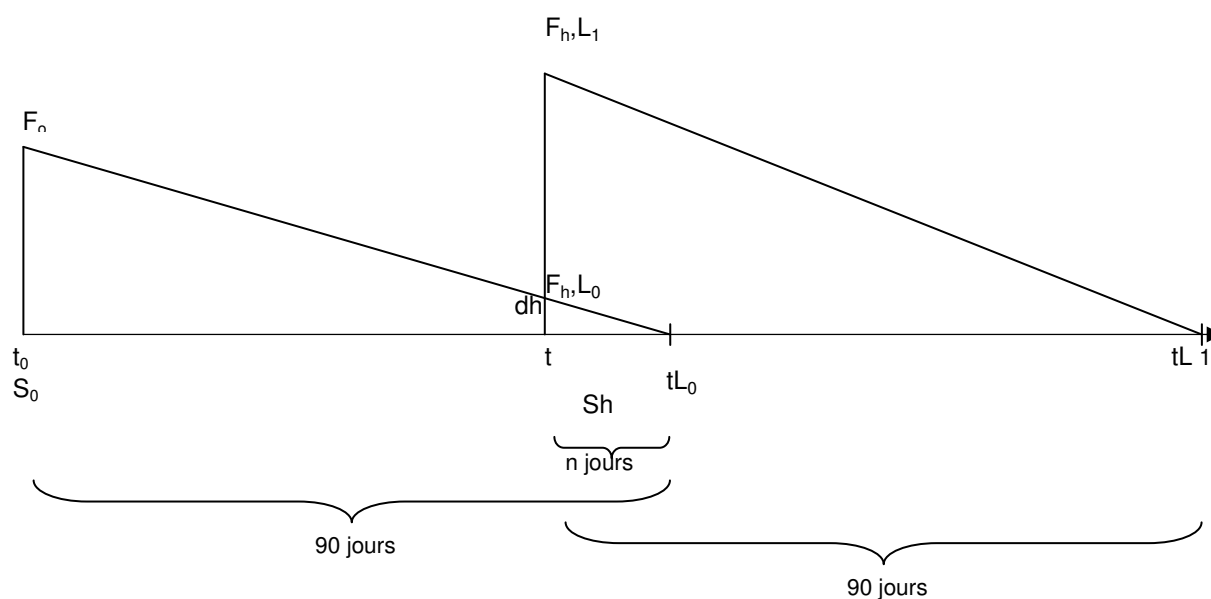
Figure IV-3 : Représentation des échéances glissantes au LME



Ce schéma indique qu'un contrat à 3 mois conclu le 4/11/2008 arrive à échéance le 4/02/2009, que celui conclu le 6/11/2008 arrive à échéance le 6/02/2009 etc.

Le schéma suivant illustre un problème expliqué plus loin, qui naît de l'utilisation de ces échéances glissantes spécifiques au LME

Figure IV-4 : Evolution de la base ; éléments d'évaluation des cotations des contrats couverts n jours avant leur échéance



S_0 : Cours au comptant en t_0

S_h : Cours au comptant en t_h

F_0 : Cours à terme en t_0 pour l'échéance tL_0

F_{h,L_1} : Cours à terme en t_h pour l'échéance tL_1

F_{h,L_0} : Cours à terme en t_h pour l'échéance tL_0 (inobservable directement)

Le problème est que le cours F_{h,L_0} qui est censé être un prédictor du cours au comptant futur pour la date d'échéance tL_0 n'est pas observable en raison du phénomène des échéances glissantes. Le cours qui est observé à cette date est le cours F_{h,L_1} qui est le cours à terme

d'un contrat dont l'échéance se situe en $tL1$. Il convient donc de chercher à estimer $F_{h,L0}$. Deux solutions peuvent être envisagées. La première consiste à utiliser le cours F_0 afin d'évaluer la distance d_h par interpolation linéaire. La seconde consiste à s'appuyer sur le cours à terme réellement observé à la date qui nous intéresse, c'est-à-dire t_h , afin d'en déduire d_h . Si dans les deux cas de figures la méthode revient à considérer que la base est linéaire par rapport au temps, ce qui n'est évidemment pas vrai dans la réalité, la seconde méthode présente l'avantage de s'appuyer sur un cours réellement observé le jour qui nous intéresse. La première au contraire, revient à estimer un prix en t_h à l'aide d'un autre prix observé antérieurement, c'est-à-dire dans des conditions de marché différentes. Qui plus est, le cours le plus facilement accessible pour les opérateurs qui souhaitent s'informer sur le prix au comptant futur anticipé est le cours à terme coté en t_h . Le cours estimé par cette méthode n'en est qu'une transformation linéaire.

C'est la raison pour laquelle cette méthode sera appliquée pour estimer les cours à terme.

Ainsi, pour estimer le cours d'un contrat 3 mois (90 jours) à la date t_h , c'est-à-dire n jours avant l'échéance $tL0$ nous pouvons écrire :

$$d_h = (F_{h,L1} - S_h) \frac{n}{90}$$

$$\text{et, } F_{h,L0} = S_h + d_h$$

Il faut remarquer que lorsque la base est négative, d_h est aussi négatif.

Dans la relation $S_t = a + b F_{t-i} + U_t$ que nous utiliserons par la suite, nous considérons après les estimations des prix à terme avant échéance effectuées, que F_t est en réalité le F_h que nous avons estimé

B – L'analyse classique de la capacité prédictive des prix à terme de l'aluminium

Il s'agit de vérifier la relation existant entre les cours à terme et les cours au comptant. pour cela on teste l'équation suivante :

$$(19) S_t = a + b F_{t-i} + u_t$$

où i correspond au nombre de semaines avant l'échéance (ou date de livraison)

$S_{t,t}$ représente le cours au comptant le jour de l'échéance t , et F_{t-i} est le cours à terme i semaines avant l'échéance .

Nous avons choisi comme données de cette étude les prix spot (S_t) et à terme (F_t) de l'aluminium de Londres de 2000 à 2005. Comme précédemment, ces prix sont ceux publiés par la revue professionnelle *Metal Bulletin*.

Douze séries de cours à terme ont été constituées correspondant à 1, 2, 3, ..., 12 Semaines avant l'échéance. Ces séries concernent le contrat à 3 mois.

Il s'agit ici de tester l'hypothèse nulle $a = 0$ et $b = 0$ avec des erreurs résiduelles qui doivent être non-corrélées [$\text{Cov}(u_t, u_{t-k}) = 0$, pour tout $k \neq 0$].

La capacité à prévoir les prix doit se manifester par un R^2 élevé et de faibles erreurs de prévision (S.E)

Le résultat de la régression est présenté au tableau suivant

Tableau IV-12 : Résultats de la régression de l'équation

$$S_t = a + bF_t + U_t$$

i semaines avant l'échéance	$\hat{a}$	T de Student	b	T de Student	R^2	S. E.	D. W.	Nombre d'obs.
1	-3,32	-2,61	0,92	1241	0,999	2,92	1,69	309
2	-4,12	-1,27	0,86	488,8	0,998	7,28	0,94*	308
3	-1,32	-0,24	0,80	284,16	0,996	12,25	0,65*	307
4	3,64	0,45	0,75	194,55	0,992	17,54	0,54*	306
5	10,23	0,98	0,70	149,25	0,987	22,50	0,42*	305
6	18,10	1,42	0,66	121,19	0,980	27,31	0,39*	304
7	28,37	1,90	0,62	102,68	0,972	31,75	0,30*	303
8	39,49	2,28	0,58	87,88	0,963	36,52	0,29*	302
9	50,38	2,59	0,55	77,74	0,953	40,79	0,29*	301
10	62,10	2,93	0,52	70,61	0,943	44,39	0,27*	300
11	74,88	3,28	0,49	64,87	0,934	47,73	0,24*	299
12	87,81	3,59	0,46	59,94	0,924	51,04	0,22*	298

* D.W. < 2 : présence d'autocorrélation des erreurs

Les T de Student sont significatifs, notamment pour b, et les probabilités critiques de ce test tendent vers 0, ce qui nous conduit à rejeter l'hypothèse H0. On se rend compte que la capacité à prévoir les prix spot avenir est confirmée par un R^2 plus élevé au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'échéance. Par ailleurs, les erreurs de prévision (S.E.) sont de plus en plus faibles à l'approche de l'échéance.

La hausse du R^2 et la baisse des erreurs de prévision avec le rapprochement de l'échéance ne doivent pas étonner puisqu'elles traduisent le fait que les contrats rapprochés constituent des prédictors plus fiables des prix spots que les contrats éloignés. Ceci s'explique par le fait que de nouvelles informations sont accumulées avec le temps et ajoutées aux données du moment.

La fonction de détermination anticipée des prix spot est mieux assurée par les marchés à terme des produits stockables, car en présence de stocks, les mouvements du différentiel physique-terme pour toutes les échéances deviennent plus régulières et subissent moins d'à-coups.

La présence d'autocorrélation des erreurs sur le modèle estimé nous a amené à utiliser la méthode de Cochrane-Orcutt pour lever cette autocorrélation. Le tableau suivant montre les résultats corrigés de la régression.

Tableau IV-13 : Résultats de la régression de l'équation
 $S_t = a + bF_t + U_t$
après correction par la méthode Cochrane-Orcutt

i semaines avant l'échéance	a	T de Student	b	T de Student	R^2	S. E.	D. W.	Nombre d'obs.
1	-3,96	-2,61	0,92	1042,43	0,999	2,89	2,03	308
2	-18,80	-2,77	0,86	234,88	0,999	7,28	1,71	307
3	-324,99	-2,49	0,94	70,63	0,998	8,36	1,98	306
4	-474,25	-1,26	0,92	51,64	0,997	11,11	2,02	305
5	-360,97	-4,46	0,85	41,38	0,995	13,27	1,89	304
6	-375,06	-4,60	0,81	33,34	0,993	15,74	2,06	303
7	-204,18	-3,31	0,71	30,78	0,992	16,58	1,87	302
8	-180,38	-2,48	0,66	25,31	0,990	19,16	1,95	301
9	-95,23	-1,36	0,60	24,33	0,987	21,34	1,87	300
10	-41,86	-0,62	0,55	24,26	0,986	22,24	1,87	299
11	-5,87	-0,08	0,52	23,30	0,985	22,71	1,95	298
12	29,48	0,41	0,48	21,69	0,984	51,04	1,97	297

Les statistiques D.W. sont proches de 2, ce qui témoigne d'une absence d'autocorrélation des erreurs.

Les R^2 sont encore plus élevés qu'avant la correction, montrant une prévisibilité presque parfaite des cours spot de l'aluminium à partir des cours à terme.

Le degré de stockabilité de l'aluminium est élevé, alors nous pouvons conclure compte tenu des affirmations ci-dessus et des résultats trouvés que les prix à terme de l'aluminium à Londres 12 semaines avant l'échéance sont des estimateurs sans biais des prix comptants futurs.

L'utilité du marché à terme de l'aluminium de Londres se trouve par conséquent justifié, ne serait ce que du point de vue de sa capacité à permettre la prévision des prix spot de l'aluminium

C- La capacité prédictive des prix à terme de l'aluminium : l'approche par le test de cointégration

1- Définition de la cointégration

Dans la partie précédente, nous avons examiné l'analyse traditionnelle de la capacité prédictive des prix à terme. Cette analyse classique consiste à effectuer une régression simple sur l'équation :

$$S_t = a + bF_{t-i} + U_t$$

Depuis le début des années 1980, certains auteurs (GRANGER 1981, 1983, GRANGER et WEISS 1983...) ont noté qu'il était hâtif d'examiner le contenu informationnel des prix à terme à partir de la seule équation ci-dessus par le test de la nullité des coefficients. Selon ces auteurs, il faudrait effectuer des tests de cointégration sur l'équation ci-dessus appelée équation de cointégration. (ENGLE et GRANGER 1987).

L'idée sous jacente à l'approche par la cointégration est la suivante. A court terme, deux séries S_t et F_t peuvent avoir une évolution divergente (elles sont toutes les deux non stationnaires), mais elles vont évoluer ensemble à long terme. Il existe donc une relation stable à long terme entre S_t et F_t . Cette relation est appelée relation de cointégration ou encore relation de long terme. Elle est donnée par $S_t = bF_t$ (soit $U_t = 0$). A long terme, les mouvements similaires de S_t et F_t ont tendance à se compenser de sorte à obtenir une série

stationnaire. $U_t = S_t - F_t$ qui mesure l'ampleur du déséquilibre entre S_t et F_t est appelé « erreur d'équilibre » ou « terme d'erreur ».

2- Les données

Nous utilisons pour les tests de cointégration, les séries des prix hebdomadaires (de vendredi à vendredi) au comptant et à terme (maturité 3 mois) de l'aluminium au LME. Ces séries de prix qui concernent la période allant de janvier 2000 à décembre 2005 ont été directement acquises auprès du LME. Les études concernant la détermination de l'ordre d'intégration des séries et l'estimation de la relation statique entre prix au comptant et prix à terme sont faites sur les 2 séries concernant les prix au comptant (S_t) et les prix à 3 mois (F_t). Par contre, les tests sur les résidus de la relation statique entre S_t et F_t et les estimations des modèles de correction d'erreurs vont porter sur 12 séries concernant les prix au comptant ($S_{t,t-1} \dots S_{t,t-12}$) et sur les prix à terme ($F_{t,t-1} \dots F_{t,t-12}$).

3 – Méthodologie et résultats

a- Détermination de l'ordre d'intégration des séries

Une condition nécessaire de cointégration est que les séries doivent être intégrées de même ordre. Si les séries ne sont pas intégrées de même ordre, elles ne peuvent pas être cointégrées. Il convient donc à partir des tests DF et DFA de déterminer très soigneusement le type de tendance déterministe ou stochastique de chacune des variables, puis l'ordre d'intégration d des chroniques étudiées. Si les séries statistiques étudiées ne sont pas intégrées de même ordre, la procédure est arrêtée, il n'y a pas de possibilité de cointégration.

Nous avons adopté la stratégie de test de DICKEY et PANTULA (1987). Nous commençons par tester l'hypothèse nulle de la racine unitaire sur les séries en différence premières des prix au comptant de l'aluminium ($D S_t$) et des prix à 3 mois ($D F_t$). Nous obtenons les résultats suivants.

Tableau IV-14 : Résultat du test ADF de l'hypothèse nulle de la racine unitaire sur les prix au comptant de l'aluminium au LME de 2000 à 2005

Type de modèle Résultats	Modèle avec constante et trend	Modèle avec constante	Modèle sans constante ni trend
Valeur du t-statistique	2,302257	0,761633	-7,931552
Valeur critique au seuil de 5%	-3,4259	-2,8711	-1,9406
Conclusion	Existence de racine unitaire	Existence de racine unitaire	Rejet de l'existence d'une racine unitaire : DSt est stationnaire

Le test ADF pratiqué sur la série des prix bruts au comptant de l'aluminium de la période 2000 à 2005 montre une statistique t de 0,766019 supérieur à la valeur critique au seuil de 5% (-1,9406). La série brute exhibe une racine unitaire, cette série n'est pas stationnaire. Par contre, comme nous le constatons par les résultats du TABLEAU IV-14, la différence première de cette série de prix est stationnaire.

Tableau IV-15 : Résultat du test ADF de l'hypothèse nulle de la racine unitaire sur les prix à terme (maturité 3 mois) de l'aluminium au LME de 2000 à 2005

Type de modèle Résultats	Modèle avec constante et trend	Modèle avec constante	Modèle sans constante ni trend
Valeur du t-statistique	2,656790	0,927820	-8,470823
Valeur critique au seuil de 5%	-3,4259	-2,8711	-1,9406
Conclusion	Existence de racine unitaire	Existence de racine unitaire	Rejet de l'existence d'une racine unitaire : DF3 est stationnaire

Le test ADF pratiqué sur la série des prix 3 mois de l'aluminium de la période 2000 à 2005 montre une statistique t de 0,927820 supérieur à la valeur critique au seuil de 5% (-1,9406). La série brute montre une racine unitaire, cette série n'est pas stationnaire. Par contre, comme nous le constatons par les résultats du TABLEAU V-15, la différence première de cette série de prix est stationnaire.

Nous venons d'examiner que les séries des prix au comptant et à 3 mois de l'aluminium sont toutes les deux intégrées d'ordre 1, la condition nécessaire pour que ces deux séries soient cointégrées est donc satisfaite.

b- Estimation de la relation statique (à long terme) entre les prix au comptant et prix à terme de l'aluminium et test ADF sur les résidus de la relation statique

Si la condition nécessaire est vérifiée, on estime par les moindres carrés ordinaires (MCO) la relation à long terme entre les variables : $S_t = a + bF_t + U_t$.

Dans notre étude nous testons cette relation pour les prix au comptant et à terme 1 à 12 semaines avant l'échéance. Les séries n'étant pas stationnaires, le test portera sur les différences premières des séries, soit donc la relation :

$$(20) \Delta S_{t, t-i} = a + b\Delta F_{t, t-i} + U_t \quad (i = 1, 2 \dots 12)$$

Pour que la relation de cointégration soit acceptée, le résidu U_t issu de cette régression doit être stationnaire :

$$(21) U_t = \Delta S_t - \hat{b}_t \Delta F_t - \hat{a}$$

La stationnarité du résidu est testée à l'aide des tests DF et ADF

Tableau IV- 17 : Résultat des tests DF et ADF sur le résidu des équations de cointégration

$$U_t = \Delta S_t - \hat{b}_t \Delta F_t + \hat{a}$$

Tests i semaines avant l'échéance	DF Ratio t (Valeur critique : -2,8710)	ADF(1) Ratio t (Valeur critique : -2,871)	ADF(2) Ratio t (Valeur critique : -2,871)
$F_{t,t-1}$	-18,45161	-12,70170	-10,09339
$F_{t,t-2}$	-19,06955	-12,93680	-10,14019
$F_{t,t-3}$	-18,96070	-12,98714	-10,10732
$F_{t,t-4}$	-19,08595	-12,91665	-10,09719
$F_{t,t-5}$	-19,11202	-12,92445	-10,08868
$F_{t,t-6}$	-19,16458	-12,94508	-10,09187
$F_{t,t-7}$	-19,11741	-12,94755	-10,10741
$F_{t,t-8}$	-19,10113	-12,93431	-10,10158
$F_{t,t-9}$	-19,00948	-12,98122	-10,13801
$F_{t,t-10}$	-19,05683	-12,92701	-10,11342
$F_{t,t-11}$	-18,79674	-13,14612	-10,11470
$F_{t,t-12}$	-19,01870	-12,83531	-10,09577

On observe que les valeurs des statistiques t des résidus des équations de cointégration sont toutes largement inférieures à la valeur critique au seuil de 5% (-2,8710), les résidus issus de la régression des équations de cointégration sont donc stationnaires. On en conclut que la relation de cointégration entre les prix au comptant et les prix à 3 mois de l'aluminium est acceptée. Nous pouvons donc estimer le modèle à correction d'erreurs.

c- Estimation du modèle à correction d'erreurs.

Lorsque des séries sont non stationnaires et cointégrées, il convient d'estimer leurs relations au travers d'un modèle à correction d'erreurs (ECM « *Error Correction Model* »).

ENGLE et GRANGER (1987) ont démontré que toutes les séries cointégrées peuvent être représentées par un ECM (Théorème de la représentativité de Granger)

La première étape de l'analyse consiste à effectuer une estimation par les MCO de la relation de long terme :

$$S_t = a + bF_t + U_t$$

La seconde étape va consister à estimer par les MCO la relation du modèle dynamique (court terme) :

$$(22) \quad \Delta S_t = b\Delta F_t + a_2 U_{t-1} + \varepsilon_t \quad a_2 < 0$$

Autour de la relation de long terme, le modèle à correction d'erreur permet d'intégrer les fluctuations de court terme. Le coefficient a_2 (qui doit être significativement négatif) rend compte d'une force de rappel vers l'équilibre à long terme.

Tableau IV-18 : Résultats de l'estimation par les MCO de l'ECM des résidus de l'équation

$$\Delta S_t = b\Delta F_t + a_2 U_{t-1} + \varepsilon_t$$

Variables et indicateurs i semaines avant l'échéance	$\hat{a}_2$	$\hat{b}$	DW	R ²
F _{t,t-1}	-1,093955 (-16,88156)*	0,009283 (0,251492)	1,9585	0,542372
F _{t,t-2}	-1,083800 (-19,09570)	-0,021455 (-0,664227)	1,972702	0,541429
F _{t,t-3}	-1,078174 (-19,00856)	0,089723 (2,840184)	1,968004	0,543637
F _{t,t-4}	-1,084416 (-19,07910)	0,025136 (0,781380)	1,976864	0,540872
F _{t,t-5}	-1,085241 (-19,07173)	-0,017226 (- 5,34138)	1,976578	0,540948
F _{t,t-6}	-1,087653 (-19,19503)	0,008659 (0,268078)	1,979934	0,543886
F _{t,t-7}	-1,086225 (-19,07385)	0,024658 (0,760321)	1,977798	0,541006
F _{t,t-8}	-1,082605 (-19,07143)	0,020534 (0,628148)	1,971471	0,542081
F _{t,t-9}	-1,080687 (-19,03385)	-0,071843 (-2,202646)	1,972204	0,542334
F _{t,t-10}	-1,082676 (-19,05495)	0,016233 (0,508640)	1,976697	0,540628
F _{t,t-11}	-1,069021 (-18,80340)	-0,139783 (-4,384461)	1,969298	0,547952
F _{t,t-12}	-1,080578 (-19,01977)	-0,083730 (-2,654574)	1,978487	0,543910

* Les nombres entre parenthèses représentent le t de Student

La valeur la plus importante pour l'évaluation de l'efficacité de l'ECM est le $\hat{a}_2$. C'est le coefficient qui mesure la force de rappel à court terme pour l'équilibre de la cointégration à long terme. On voit bien dans le TABLEAU IV- 18 que cette force de rappel est toujours significativement négative. En effet le t de Student pour chaque $\hat{a}_2$ est nettement supérieur à 2. La représentation à correction d'erreur se trouve donc bien validée.

Les cours des prix à terme de l'aluminium à 3 mois 1 à 12 semaines avant l'échéance sont cointégrés avec les cours au comptant.

Ces résultats viennent conforter ceux obtenus par la méthode traditionnelle. ils sont aussi en accord avec la plupart des études sur la capacité prédictive des cours à terme où la méthode de co-intégration a été utilisée et en particulier celles de BESSLER et COVEY (1991), sur le marché du bétail vivant aux Etats-Unis, de CHOWDHURY (1991) sur le cuivre, de DUPUIS (1993) sur l'indice CAC 40 à Paris, de NJIKI (1994) sur le Cacao à Paris, de TITALOM (1995) sur le sucre blanc à Paris, de SKANDRANI (1998) sur les contrats de pétrole brut à New York et à Londres et de WICKREMANSINGHE (2004) sur les taux de change spot de la monnaie de Papouasie Nouvelle Guinée avec 4 devises.

Ces résultats sont aussi en accord avec la théorie financière. En effet, pour rappeler le principe de la co-intégration, on sait que même si les séries de prix prises individuellement ne sont pas stationnaires et suivent chacune leur propre chemin, il existe une tendance commune d'évolution entre chaque série des cours à terme et la série des cours au comptant correspondante. Cette propriété de l'évolution des cours au comptant et à terme est nécessaire à l'efficience d'un marché à terme.

Bien que GROSS(1988) ait utilisé des prix quotidiens de l'aluminium et du cuivre au LME pour son étude, alors que nous utilisons pour notre part des données hebdomadaires (de vendredi à vendredi), bien que sa série ne s'étale que sur deux années (1983 et 1984) alors que la notre porte sur dix ans (1995-2005), bien qu'il ait utilisé un test de la forme semi-forte, alors que nous utilisons le test de la forme faible d'efficience, nos résultats à plus de 20 années de distance amènent aux mêmes conclusions quant à l'efficience informationnelle du LME. Les résultats de GROSS tendent d'ailleurs à montrer que l'efficience du LME concernant l'aluminium s'est manifestée très précocement. Rappelons que la mise en place du contrat aluminium au LME date de décembre 1978 et que les premières cotations de ce métal n'ont commencées qu'en janvier 1979 et l'étude de GROSS utilise des données de 1983 soit quatre années seulement après le début des cotations officielles.

CHOWDURRY (1991) utilise comme nous, la méthode de la cointégration qui rappelons le, cherche à vérifier s'il existe une relation de long terme (relation de cointégration) d'évolution entre les prix au comptant et les prix à terme. L'existence de cette relation amène à conclure à l'efficience du marché étudié. Nous avons déterminé l'existence d'une telle relation de cointégration entre les prix au comptant et à terme de l'aluminium pendant la période 2000 -2005 ; nous avons notamment mis en évidence à travers l'utilisation

d'un modèle de correction d'erreurs (ECM), qu'il existait une force de rappel à court terme des prix au comptant et à terme de l'aluminium vers leur évolution normale cointégrée sur le long terme. CHOWDURRY en utilisant la même méthodologie aboutit à des résultats contrastés. En effet, son étude sur le cuivre valide une relation de cointégration entre les prix au comptant et à terme du cuivre au LME. Une tout autre conclusion est tirée par KERNOUGIOUS et SAMITAS (2004) sur le cuivre au LME. Ces auteurs concluent que l'absence de cointégration et donc d'efficience serait due aux fortes turbulences et à l'extrême volatilité ayant caractérisé le marché du cuivre dans les années 90 leur période d'étude. CHOWDURRY conclut par ailleurs à l'absence d'efficience du LME concernant l'étain, le plomb et le Zinc.

Nous pouvons donc dire concernant l'efficience du LME pour l'aluminium que cette efficience est réelle et acquise de longue date comme le montrent les résultats très anciens de GROSS (1988) et nos propres résultats plus récents. Mais en observant les conclusions opposées de CHOWDURRY (1991) et KERNOUGIOUS et SAMITAS (2004) sur l'efficience du LME concernant le cuivre, on peut dire que l'efficience d'un marché n'est pas acquise à jamais. L'évolution de divers éléments du contexte financier et économique peuvent, comme nous l'avons vu dans le cas du cuivre, transformer un marché efficient en marché inefficient et inversement. Observons enfin que le marché de l'aluminium s'est avéré efficient déjà dans le contexte de volatilité généralisé des cours des années 80, il n'est pas étonnant qu'aujourd'hui dans un contexte plus apaisé, nous ayons observé son efficience.

La conclusion que nous pouvons tirer de cette étude est donc que **les cours à terme de l'aluminium sont de bons prédictors des cours au comptant pour les intervenants sur le marché des métaux de Londres.**

Tableau IV-19 : Comparaison des résultats sur la capacité prédictive des prix à terme obtenus par la méthode de co-intégration

Auteur	Année	Marché	Produits	Résultats
BESSLER ET COVEY	1991	CME (Chicago)	Bœufs sur pieds	OUI
CHOWDHURY	1991	LME (Londres)	Etain, plomb, zinc	NON
CHOWDHURY	1991	LME (Londres)	Cuivre	OUI
DUPUIS	1993	MATIF (Paris)	CAC 40	OUI
NJIKI	1994	MATIF (Paris)	Cacao	OUI
TITALOM	1995	MATIF (Paris)	Sucre blanc	OUI
SKANDRANI	1998	NYSE (New- York) et	Pétrole brut	OUI
KENOURGIOS	2004	LME (Londres) LME (Londres)	Cuivre	NON
WICKREMANSINGHE	2004	Papouasie	Taux de change spot	OUI
KENOURGIOS	2005	ASE (Athènes)	Indice	NON
Notre étude	2008	LME(Londres)	Aluminium	OUI

Comme nous le voyons dans ce tableau, la plupart des études présentées concluent à l'existence d'une relation de cointégration entre les prix au comptant et les prix à terme, à l'exception de CHOWDUDURRY (1991-1) et de KENOURGIOUS (2004 et 2005)

CONCLUSION DU CHAPITRE 4

La théorie de l'efficience des marchés financiers qui a été mise en évidence par les chercheurs et les universitaires remet en cause un certain nombre de pratiques couramment utilisées par les professionnels des marchés financiers. Parmi ces pratiques, l'analyse technique tient une place importante. Cette analyse technique génère des mouvements et permet une augmentation du turn-over des portefeuilles, elle peut justifier le travail des professionnels de la finance vis à vis des investisseurs ; alors qu'accepter l'hypothèse d'efficience revient à privilégier la gestion passive des portefeuilles, ce qui est moins rémunérateur pour les intermédiaires professionnels.

Pourtant, la théorie de l'efficience des marchés financiers qui est un des fondements de la théorie financière moderne est aussi mise en cause par des universitaires. En effet, l'existence de nombreuses poches d'inefficience montre que beaucoup de phénomènes restent inexpliqués ou que les opérateurs manquent de rationalité contrairement à un des postulats de base de la théorie de l'efficience. Il s'est donc développé une approche alternative portée par l'école de la finance comportementale.

L'analyse de l'efficience du marché de l'aluminium que nous avons menée portait sur les séries des prix hebdomadaires du LME concernant la période du 1^{er} janvier 1995 au 31 décembre 2005.

Avec une première méthode, nous avons essayé de vérifier que les prix de l'aluminium suivent une marche au hasard attestant de l'efficience du LME. Pour cela, nous avons utilisé le test de la racine unitaire de Dickey et Fuller. Les résultats de ce test nous ont montré que la série des prix étudiée n'est pas stationnaire ; en effet, cette série n'est pas intégrée d'ordre 0, mais plutôt d'ordre 1. On en déduit que la série des cours de l'aluminium suit une marche au hasard synonyme d'efficience du marché londonien de l'aluminium.

La deuxième méthode utilisée pour vérifier l'efficience du LME concernant les cours de l'aluminium a été empruntée à HANSEN et HODRICK (1980). D'après cette méthode, les contrats à terme de maturité inférieure ou égale à 15 mois révèlent des informations

pertinentes relatives au passé. Par contre, les séries de prix d'échéance 27 mois suivent bien une marche au hasard.

L'autre objectif de notre recherche consistait à vérifier si les prix à terme de l'aluminium permettent de prévoir de façon satisfaisante les prix au comptant. La méthode classique de régression de l'équation mettant en relation les prix au comptant et les prix à terme nous a révélé que les prix à terme sont bien des estimateurs sans biais des prix comptants futurs. Ceci est apparu à travers la hausse du R^2 et la baisse des erreurs de prévision de la régression au fur et à mesure du rapprochement de l'échéance.

La relation entre l'évolution des prix à terme et au comptant de l'aluminium a été étudiée par la méthode des tests de cointégration. L'utilisation des séries de cours à terme et au comptant de l'aluminium de janvier 2000 à décembre 2005 montre que la relation de cointégration entre les prix au comptant et les prix à 3 mois de l'aluminium est acceptée. Le modèle à correction d'erreurs indique la présence d'une force de rappel à court terme pour l'équilibre de la cointégration à long terme. La conclusion est que les prix à terme de l'aluminium à 3 mois sont cointégrés avec les cours au comptant.

Pour résumer, concernant l'évolution des cours de l'aluminium, le LME est bien un marché efficient ; par ailleurs, les prix à terme de l'aluminium sur ce marché sont de bons prédicteurs des prix au comptant.

CHAPITRE 5

L'ANALYSE DE L'EFFICACITE ET DE L'OPTIMALITE DES OPERATIONS DE COUVERTURE SUR LE MARCHE A TERME DE L'ALUMINIUM DE LONDRES (LME)

INTRODUCTION

Les marchés à terme ont pour rôle d'offrir aux opérateurs économiques des instruments pour gérer les risques de fluctuation des prix au comptant. En effet, tous les professionnels qui utilisent, produisent ou négocient des matières premières sont exposés à des risques de prix qui peuvent affecter leurs résultats économiques.

Le recours aux opérations de couverture est essentiel pour toute entreprise ou pour tout professionnel souhaitant sauvegarder la valeur de ses actifs. Le professionnel qui possède des marchandises ou des matières premières agricoles, industrielles ou énergétiques, ne craint pas une hausse des prix, mais il redoute une baisse des prix qui ferait baisser ses revenus ou ses marges bénéficiaires. Celui qui s'est engagé à livrer des produits qu'il ne possède pas, redoute en revanche une hausse des cours, mais il n'est pas gêné par une baisse de ceux-ci.

Pour SIMON (1986), « le marché à terme permet de transférer aux spéculateurs qui sont prêts à le prendre en charge, le risque de prix que les entrepreneurs ne veulent pas assurer. Ce marché permet d'obtenir une assurance contre les variations du prix des marchandises utilisées par les entreprises dans leurs activités de production, de transformation ou de commercialisation (...). Les spéculateurs sont très souvent de simples particuliers (...). En assumant le risque de prix, ils permettent aux entrepreneurs de faire des opérations de couverture ».

La définition de Simon concilie les points de vue de ceux qui comme HARDY³⁷ (1940) pensent que l'origine des marchés à terme se trouve dans l'inclination de certains individus à spéculer et ceux qui comme IRWIN (1935) font dépendre l'existence des marchés à terme du désir exprimé par les professionnels de trouver un moyen susceptible d'assurer une protection efficace contre les risques de prix. Pour Simon, il n'est pas juste d'opposer la spéculation à la couverture (*hedge*). Il semble plus pertinent de considérer ces deux opérations comme deux éléments indissociables d'un même ensemble économique : La spéculation est la contrepartie normale de la couverture.

³⁷

Historiquement, Hardy semble avoir raison

Il faut donc considérer que les marchés à terme sont un complément aux marchés des assurances classiques.

Trois sections sont consacrées à l'analyse de cette fonction de couverture. La première section s'intéresse à l'étude des principes généraux de gestion du risque de prix par les marchés à terme. La deuxième section présente les approches théoriques concernant les opérations de couverture sur les marchés à terme. La dernière section de ce chapitre procède à une vérification empirique de l'efficacité et de l'optimalité des opérations de couverture sur le marché à terme de l'aluminium de Londres (LME)

Section 1 : La gestion du risque de prix par les opérations de couverture sur les marchés à terme³⁸

Les opérations de couverture sont essentielles sur les marchés à terme. Ces opérations ont donné lieu à de nombreuses interprétations sur les plans théorique et pratique.

Quand on se couvre sur un marché à terme, c'est que l'on voudrait tirer avantage du parallélisme entre l'évolution des cours des marchés physiques et à terme ; on prend sur le marché à terme la position inverse à celle que l'on détient sur le marché physique et on déboucle ultérieurement l'opération de bourse lors de la conclusion effective du contrat commercial.

Les objectifs du hedger varient selon qu'il détient des produits physiques ou qu'il vend des marchandises qu'il ne détient pas encore. Dans le premier cas, il protège la valeur de son stock contre une baisse de prix ; dans le second cas, il protège un stock non encore acquis contre une hausse de prix.

Les opérations de couverture ont des implications économiques importantes. WORKING (1949) fut le premier à décrire de façon complète leurs mécanismes et leurs finalités réelles. Par la suite, plusieurs auteurs ont contribué à une meilleure compréhension des opérations de couverture. Les travaux fondateurs les plus connus sont de TELSER (1955), HOUTHAKKER (1957), BRENNAN (1958), COOTNER (1967) ...

Le premier paragraphe de cette section présente les principaux mécanismes des opérations de couverture ; le deuxième paragraphe s'intéresse aux implications économiques et financières des activités de couverture.

³⁸ Cette section est essentiellement inspirée des travaux de Yves Simon et notamment de son manuel « Marchés dérivés de matières premières et gestion du risque de prix » co-écrit avec Delphine Lautier chez Economica en 2001

Paragraphe 1 : Les opérations de couverture contre les fluctuations de prix : Principes généraux

Pour la description de ces mécanismes, nous analyserons dans un premier temps le cas d'un hedger qui se protège contre la hausse des prix et dans un second temps le cas d'une couverture contre la baisse de prix.

A – La protection contre la hausse des prix

La protection contre le risque de hausse des prix est le fait des opérateurs ayant vendu des marchandises qu'ils ne possédaient pas. Ce type d'opérateur vend donc des biens livrables ultérieurement (dans 3 mois, 6 mois, etc...), il effectue par conséquent une transaction avec livraison différée (*Forward transaction*). Si le cours de la transaction est ferme et définitif, le négociant est exposé à un risque de prix.

Il existe une solution d'achat de stockage des produits physiques ou de décalage de l'achat dans le temps en espérant une baisse des prix des produits. Mais il existe aussi une solution financière qui consiste à faire une opération de couverture (*future transaction*). Par cette technique, l'opérateur repousse l'achat de produits physiques, mais il se protège contre une hausse du prix des marchandises qu'il devra acheter sur le marché au comptant pour les livrer à l'importateur. L'éventuelle perte sur le marché au comptant sera en effet contrebalancée par un gain sur le marché à terme. Par cette opération, l'opérateur n'immobilise pas ses fonds et ne risque aucune détérioration des produits physiques. En effectuant une opération de couverture, il fixe dès maintenant et par avance, le prix d'achat des marchandises dont il aura besoin plus tard.

En choisissant un dénouement financier par une cession de « contrats », la perte que l'opérateur subirait sur le physique serait contrebalancée par un gain sur le marché à terme et vice versa. L'opération de couverture évite donc de supporter directement les frais financiers, le coût de stockage, le coût d'opportunité, de même qu'une détérioration des produits physiques ; enfin, l'opération de couverture assure notre opérateur contre le risque de rupture de stock.

Dans le cas où les prix spot et à terme ont évolué différemment, il apparaît une différence entre les deux séries de prix appelée « base »

B- La protection contre la baisse de prix

Le principe et les mécanismes de la protection contre la baisse des prix sont identiques à ceux qui président à la recherche d'une protection contre la hausse. Comme dans le premier cas, il s'agit toujours pour l'opérateur de prendre sur le marché des contrats, une position inverse à celle qu'il détient sur le marché du physique.

Se protéger contre le risque d'une baisse de prix implique que l'opérateur détienne des stocks (l'opérateur est en « position longue » sur le marché du physique). Pour se couvrir, il doit prendre une « position courte » sur le marché à terme, c'est à dire vendre des contrats.

L'opérateur dispose comme dans le premier cas des mêmes solutions pour déboucler sa position. A la fin, il fermera sa position sur le marché à terme en rachetant les contrats qu'il a vendus en début de période, puis il cédera son stock sur le marché au comptant.

Les mécanismes des ces deux types de couverture peuvent être résumés comme suit :

Tableau VI-1
Schéma de la protection contre une hausse ou une baisse de prix

	Protection contre la baisse des prix		Protection contre la hausse des prix	
	Période t_0	Période t_{0+n}	Période t_0	Période t_{0+n}
Marché au comptant	Achat du physique	Vente du physique	Vente « forward »	Achat du physique
Marché à terme	Vente des contrats	Achat des contrats	Achat des contrats	Vente des contrats

Le résultat d'une opération de couverture (perte ou profit) dépendra de la corrélation entre les prix au comptant et les prix à terme. Si le coefficient de corrélation est égal à l'unité c'est à dire si les cours à terme varient dans le même sens et du même montant que les cours au comptant, alors le risque sera annulé (couverture parfaite) puisque les pertes subies sur l'un des marchés seront exactement compensées par les gains réalisés sur l'autre.

A coté de cette situation de corrélation parfaite, il y a bien entendu les cas les plus courants où les cours à terme et les cours au comptant varient dans le même sens sans que la corrélation entre les deux séries de prix ne soit parfaite. Dans ces conditions, sur le marché, le hedger sera plus ou moins bien couvert. Mais ses gains ou ses pertes seront moins élevées que ce qu'il aurait enregistré sur une position non couverte.

Ces gains et ces pertes représentent le différentiel de prix entre le comptant et le terme et constituent la base. On peut donc dire que les opérations de couverture protègent contre les fluctuations de cours mais restent inefficaces contre les mouvements du différentiel de prix qu'est la base.

Pour que les opérations de couverture sur le marché à terme soient possibles, il faut que les opérations d'achat (vente) puissent trouver une contrepartie vendeuse (acheteuse) sur le marché, sinon ce dernier est condamné à disparaître.

Paragraphe 2 : Les déterminants du prix des contrats à terme de marchandises

En observant attentivement les cours sur un marché de contrats, il apparaît qu'à certaines époques, le prix à terme est supérieur au prix au comptant et qu'à d'autres, il lui est inférieur. Dans le premier cas il existe un « report » et dans le deuxième cas un « déport »; sur le marché des métaux, on parle de *contango* (report) et de *backwardation* (déport). Expliquer ces relations, et en particulier les raisons pour lesquelles le prix à terme peut être supérieur aujourd'hui et inférieur demain au prix au comptant permet de mieux gérer les stocks des opérateurs ainsi que les investissements des spéculateurs. Ces explications permettent aussi de répondre à un certain nombre de questions que se pose tout intervenant sur les marchés à terme :

- Est-il nécessaire de réaliser des opérations de couverture ?
- Est-il opportun de lancer une opération de spéculation ?
- Est-il judicieux d'accroître ou de réduire le stock de produit physique, le volume des opérations de couverture ?

Les réponses à ces questions varient selon que le marché est en report ou en déport. Plusieurs théories expliquent ces deux structures de prix.

A – la théorie de la segmentation des marchés

SIMON (2001) évoque certains auteurs ayant développé l'idée qu'il n'y aurait pas de relation économique et financière entre le prix au comptant et le prix à terme. Pour ces auteurs, le report et le déport s'expliqueraient par le fait que les déterminants des prix sont différents sur le marché au comptant et le marché des contrats. Quatre facteurs expliqueraient cette différence.

- La différence de qualité entre les produits négociés. Le prix à terme concerne une qualité standardisée, alors que le prix au comptant est spécifique à chaque qualité de matière première négociée
- La différence dans la localisation des transactions. Le prix à terme reflète les transactions de prix négociées sur un marché financier bien déterminé, alors que le prix au comptant reflète les transactions spécifiques à chaque marché physique local.
- L'incertitude quant à la date de livraison effective des matières premières sous-jacentes au contrat à terme, dans la mesure où le vendeur et/ou l'acheteur disposent d'une latitude faible pour remplir leurs obligations.
- La segmentation des opérateurs est le dernier facteur invoqué pour expliquer l'indépendance des prix sur les deux marchés. Les opérateurs sur le marché physique n'étant pas ceux qui interviennent sur le marché à terme (et inversement) aucun arbitrage n'est possible entre les deux prix.

La combinaison de ces quatre facteurs a pour résultante que le prix au comptant et le prix à terme reflètent les conditions d'offre et de demande spécifiques à chacun des marchés et n'ont aucun rapport entre eux.

Pour SIMON (2001), il ne semble pas que le report et le déport puissent être expliqués par la segmentation des marchés, en effet :

« Les différences de qualité et de localisation ne sont pas une justification. Dans certaines circonstances exceptionnelles, ces facteurs peuvent accroître ou réduire la différence entre le prix au comptant et le prix à terme, ils ne peuvent en aucun cas la constituer. L'incertitude quant à la date de livraison ne peut expliquer le report ou le déport, car peu de contrats se dénouent par une livraison effective de marchandises. Quand cette modalité se produit, les personnes concernées sont peu nombreuses et cet élément ne peut être retenu en tant que facteur constitutif significatif du report ou du déport.

L'idée que les opérateurs sur le marché à terme diffèrent des intervenants sur le marché au comptant ne peut être invoquée, car elle fait abstraction des opérations d'arbitrage et de couverture. Or malgré la présence de certains facteurs limitant leur efficacité, ces opérations sont fréquemment mises en œuvre. Ceci amène à considérer que les prix au comptant et à terme sont déterminés sur un seul marché. C'est ce que prouve d'ailleurs l'observation du processus de formation des prix de nombreuses matières premières »

B – La théorie du déport normal

Cette théorie a été formulée par Keynes en 1930. L'idée principale de la théorie du déport normal est la suivante : dans des conditions normales de fonctionnement du marché, le prix à terme est inférieur au prix au comptant. Cette théorie a été précisée par la théorie du portefeuille appliquée aux marchés des matières premières.

1- Présentation de la théorie du déport normal et de sa critique

La théorie du déport normal, établie par Keynes et développée par HICKS (1946), est centrée sur l'analyse de la relation entre le prix à terme et le prix au comptant anticipé. Cette théorie se situe dans le contexte d'un fonctionnement normal du marché, c'est à dire dans une situation où l'offre et la demande de produits physiques ne varient pas dans le temps. Elle est établie à partir du constat que, sur un marché à terme, les positions de couverture des différents opérateurs ne se compensent pas nécessairement. Les besoins de protection contre le risque de hausse des prix classiquement exprimés par les transformateurs de matières premières, ne sont pas forcément identiques aux besoins de protection contre le risque de baisse de prix exprimés par les producteurs et les détenteurs de stocks. Le recours aux spéculateurs est donc nécessaire pour assurer l'équilibre du marché à terme. Pour faciliter

l'intervention des spéculateurs, il faut que le prix à terme pour une échéance T présente un écart avec le prix au comptant anticipé pour cette même échéance. Cet écart incite les spéculateurs à prendre une position compensant le déséquilibre des positions de couverture, et rémunère ainsi leur activité de prise de risque.

La théorie du déport normal établit donc une relation entre le prix au comptant anticipé et le prix à terme (la différence entre le prix à terme et le prix au comptant anticipé constitue la base anticipée) qui s'écrit :

$$(1) F_{(t, T)} = E_t[S_{(T)}] - \Pi$$

Avec :

$F_{(t, T)}$: le prix en t du contrat à terme parvenant à l'échéance T ,

$E_t[S_{(T)}]$: le prix au comptant anticipé en t pour la date T ,

Π : la prime marginale de risque

La théorie du déport normal repose sur deux hypothèses centrales. En premier lieu, le prix au comptant anticipé n'est pas identique au prix à terme. Plus précisément, le prix au comptant anticipé comprend une prime permettant de rémunérer le risque de variation de prix que le prix à terme exclu.

En second lieu, Keynes et Hicks supposent tous les deux que la prime de risque est positive, et que le prix à terme est donc inférieur au prix au comptant anticipé. La différence entre le prix au comptant anticipé et le prix à terme correspond selon Keynes à ce que le producteur est prêt à sacrifier pour éviter de supporter le risque de prix. Hicks invoque un autre facteur explicatif : selon lui, les transformateurs sont moins sensibles au risque de prix que les producteurs. L'utilité des achats à terme étant plus réduite que celle des ventes à terme, il apparaît sur le marché un excédent de protection contre le risque de baisse de prix. Pour compenser ce déséquilibre, il faut que les spéculateurs prennent une position longue.

Cet excédent de couverture contre le risque de baisse des prix permet d'expliquer les relations observées entre le prix au comptant courant et le prix à terme (la différence entre le prix à terme et le prix au comptant courant constitue la base constatée). Lorsque sur le marché physique les opérateurs anticipent une stabilité des prix au comptant, c'est à dire lorsque le prix au comptant courant est égal au prix au comptant anticipé, la différence entre le prix à

terme et le prix au comptant courant est négative : Le marché est en situation de déport normal.

La prime de risque payée aux spéculateurs par les opérateurs du marché physique est, dans la théorie du déport normal, le concept central permettant d'expliquer la relation entre le prix au comptant et le prix à terme. Selon Keynes, la prime de risque est la somme que les opérateurs du marché physique sont prêts à payer pour se débarrasser totalement de l'incertitude à laquelle ils sont confrontés. Pour la théorie du déport normal, la fonction des marchés à terme est d'assurer le transfert du risque de prix entre les différents intervenants de ces marchés.

La principale critique à la théorie du déport normal vient des théoriciens des anticipations rationnelles

Dans la théorie initiale du déport normal de Keynes, les anticipations permettent d'expliquer le comportement des spéculateurs mais pas celui des autres opérateurs. Aujourd'hui, la théorie des anticipations rationnelles a modifié la théorie du déport normal sur plusieurs points

En premier lieu, l'hypothèse des anticipations rationnelles implique que les anticipations des spéculateurs ne sont pas nécessairement strictement identiques les unes aux autres. Des transactions peuvent ainsi être réalisées au sein de ce groupe d'opérateurs. Par conséquent, les spéculateurs ne sont pas nécessairement acheteurs de contrats sur le marché à terme. De plus, le niveau de la prime de risque n'est plus nécessairement celui de l'analyse keynésienne, le prix au comptant anticipé n'étant plus identique pour tous les spéculateurs.

En second lieu, si l'hypothèse d'aversion totale au risque des industriels est levée, ces derniers abandonnent vraisemblablement le comportement passif qui était le leur dans l'analyse keynésienne. Par conséquent, ils ne couvrent plus nécessairement la totalité de leur position sur le marché physique, et leurs décisions d'intervention sur le marché à terme ne dépendent plus uniquement de ces positions, mais également de leurs anticipations concernant le niveau des prix futurs. Les opérations de couverture acquièrent alors une dimension spéculative qui était absente de l'analyse keynésienne. Le montant de la position de

couverture nette des industriels étant susceptible d'évoluer en fonction de leurs anticipations : le niveau comme le sens de la prime de risque ne sont plus ceux prévus par Keynes.

La deuxième série de critiques de la théorie du déport normal concerne l'analyse de la prime de risque.

KALDOR (1940) souligne que le niveau et le sens de la prime de risque ne dépendent pas seulement du mode de prévision des prix futurs, mais également du volume des engagements des opérateurs sur le marché physique et de leur aversion pour le risque. Ces deux derniers éléments n'étant pas constants dans le temps, la prime de risque ne peut être stable.

TELSER (1958) conteste l'existence même de la prime de risque. Pour lui, dans un marché à terme caractérisé par la présence d'un grand nombre de spéculateurs et par l'absence de barrière à l'entrée, il n'y a aucune raison pour qu'une différence substantielle puisse s'instaurer entre le prix à terme et le prix au comptant anticipé.

Les dernières critiques de la théorie du déport normal portent sur la fonction de transfert de risque des marchés à terme.

Dans la théorie du déport normal, les spéculateurs sont perçus comme des assureurs. Certains auteurs ont contesté cette vision. HARDY (1940) considère les spéculateurs comme des joueurs pour lesquels les marchés à terme sont un casino. Dans ce contexte, on conçoit qu'il ne soit pas nécessaire de leur payer une prime. Puisque l'intervention sur les marchés à terme leur permet de jouer sous une forme socialement acceptable, on pourrait même imaginer qu'ils acceptent de payer pour cela et qu'un report normal s'établisse entre le prix à terme et le prix au comptant anticipé.

2 – La théorie du portefeuille et la théorie du déport normal

La théorie du portefeuille, formulée au début des années 1950, est centrée sur l'analyse du risque (MARKOWITZ, 1952, 1959). Son objectif est de permettre à un investisseur averse au risque de réaliser un choix entre divers investissements risqués. La principale conclusion de cette théorie se formule de la façon suivante : face à un ensemble d'investissements risqués, tous envisageables, et caractérisés par des couples *risque-rendement*, le meilleur

choix pour un individu dont le critère de décision est la maximisation de son utilité n'est pas de tout placer dans un seul investissement, mais au contraire de diversifier son patrimoine en le répartissant entre plusieurs investissements.

La théorie du portefeuille a été appliquée aux marchés des matières premières dès le début des années 1960, en particulier par JOHNSON (1960) et STEIN (1961). L'un et l'autre importent les résultats de la théorie du portefeuille dans le domaine des matières premières en assimilant un individu détenteur de stocks de marchandises à un investisseur propriétaire de deux catégories d'actifs risqués : les stocks couverts au rendement faible mais régulier, et les stocks non couverts, au rendement supérieur et plus risqué. Dans ce cadre d'analyse, la diversification du « portefeuille » revient à déterminer la proportion optimale de stock à couvrir, minimisant le risque de l'industriel pour un rendement anticipé donné. Stein fait l'hypothèse que l'individu connaît pour différentes proportions de stocks non couverts, la relation entre le rendement et le risque. Cette combinaison de relations risque-rendement définit le lieu d'opportunité de l'individu, équivalent de la frontière efficiente de la théorie du portefeuille.

JOHNSON (1960) utilise lui aussi le double critère risque-rendement qui lui permet de formaliser pour la première fois, les conditions dans lesquelles un individu réalise des opérations de couverture ou de spéculation sur un marché de matières premières. A l'inverse de Keynes, qui considérait le spéculateur et l'opérateur en position de couverture comme deux individus parfaitement distincts, Johnson montre qu'il n'y a pas de distinction fondamentale entre ces deux catégories d'acteurs : « Il n'y a pas de différence entre l'opérateur en position de couverture et le spéculateur « ordinaire », dans la mesure où les deux sont motivés par le souhait d'obtenir une combinaison optimale de l'espérance de rendement et de la variance déterminée par leurs fonctions d'utilité respectives ».

La théorie du portefeuille est utilisée dans le cadre des marchés de matières premières pour valider la théorie du déport normal à travers des tests empiriques. Dans ce contexte, on considère que les contrats à terme ne diffèrent pas fondamentalement d'autres actifs risqués, tels que les actions : tous sont éligibles, au même titre, au sein du portefeuille d'un acteur recherchant la diversification de son risque. De plus, un investisseur n'est rémunéré que pour le risque systématique associé à un actif risqué, et non pour son risque total.

Le «rendement » d'un contrat à terme est calculé de la même façon que celui d'un actif financier, à partir du taux de variation du prix du contrat :

$$(2) \quad \frac{F(T,T) - F(t, T)}{F(t, T)}$$

Avec :

- $F(T, T)$: le prix du contrat à terme à l'échéance T ,
- $F(t, T)$: le prix en t du contrat d'échéance T .

Le rendement en excès exigé sur cet actif risqué dépend de la sensibilité de l'actif aux fluctuations du marché, représentée par son bêta.

La théorie du portefeuille permet d'étudier la présence et le sens d'une prime de risque dans un marché de matières premières : si les spéculateurs, conformément à la théorie du déport normal, retirent une rémunération de la détention de contrats à terme, c'est qu'il existe un risque systématique associé à ces contrats. Le bêta d'un contrat à terme doit donc être positif.

SIMON (2001) fait remarquer que les études réalisées à partir de la théorie du portefeuille présentent une diversité de résultats déconcertante. Il attribue cette diversité aux difficultés que pose l'application pratique de cette théorie dans le cadre des marchés de matières premières. Toutefois, la théorie du portefeuille appliquée aux marchés des matières premières modifie la théorie initiale du déport normal sur deux points : le rôle du spéculateur et la signification du risque.

Dans ce cadre théorique, le spéculateur intervenant sur les marchés de matières premières n'est plus nécessairement un assureur comme c'était le cas dans la théorie initiale du déport normal : il devient un investisseur. Sachant qu'il est possible à travers la diversification, d'éliminer une partie du risque de prix, la prime de risque, dans ce contexte, ne représente plus que le risque systématique associé aux contrats à terme des matières premières. Tant qu'il n'existe pas de risque systématique associé au contrat à terme, il n'est pas nécessaire qu'une prime de risque soit payée à l'investisseur.

C – La théorie du stockage

La théorie du stockage explique les situations de report et de déport se manifestant sur un marché à terme de matières premières à partir d'une analyse fondée sur la prise en considération de l'existence de stocks sur le marché physique. L'étude des opérations d'arbitrage entre le marché physique et le marché des contrats permet de comprendre les mécanismes sous-tendant l'apparition de situations de report et de déport. L'introduction de la *convenience yield* par WORKING (1958), BRENNAN (1958) et WEYMAR (1968) permet de compléter cette analyse et d'expliquer la détention de stocks en situation de déport.

1 – Report, déport et théorie du stockage

L'analyse des relations d'arbitrage entre le marché physique et le marché papier permet de comprendre que le niveau du report sur un marché à terme de matières premières est limité au coût de stockage de la marchandise entre la date courante et celle d'échéance du contrat, alors que ce n'est pas le cas pour le niveau du déport.

En présence de stocks en surplus, le prix à terme ne peut être inférieur au prix au comptant courant. Si tel était le cas, il deviendrait rentable et non risqué de vendre les stocks sur le marché au comptant, et simultanément de les racheter à terme (*opération de reverse cash and carry*). La multiplication de ces opérations d'arbitrage conduirait à une baisse du prix au comptant sous l'effet des ventes massives de stocks physiques et, simultanément, à une hausse du prix à terme à la suite des achats de contrats. Les opérations d'arbitrage ne cesseraient que lorsque le prix à terme serait supérieur au prix au comptant d'un montant représentant le coût du stockage. L'existence de stocks en surplus conduit ainsi à une situation de report, la base constatée étant définie comme la différence entre le prix à terme et le prix au comptant courant : le prix à terme doit refléter les frais supportés par les entrepreneurs pour immobiliser la marchandise au cours de la période considérée.

Le niveau du report ne peut se maintenir longtemps à un niveau supérieur à celui des coûts de stockage. Si une telle situation se produisait, des opérations d'arbitrage inverses à celles évoquées précédemment rétabliraient l'équilibre, car il deviendrait rentable d'acheter des stocks sur le marché au comptant, de les conserver et, simultanément de les vendre à terme (arbitrage *cash and carry*). La vente des contrats entraînerait une baisse des prix à

terme, les prix au comptant augmenteraient sous l'effet des achats de stocks physiques, et les opportunités d'arbitrage disparaîtraient.

Les situations de déport sur la base constatée peuvent se prolonger tant qu'une situation de pénurie de stocks perdure. Les opérations de *reverse cash and carry*, réalisées lorsque les stocks sont excédentaires, deviennent improbables lorsque les stocks sont peu élevés, et ce d'autant plus que la pénurie est prononcée : les opérateurs n'ont en effet aucun intérêt à se défaire de leurs stocks tant qu'ils anticipent une hausse supplémentaire du prix au comptant.

Les situations de déport présentent donc des caractéristiques différentes de celle de report. En premier lieu, le niveau du déport n'est pas comme c'est le cas pour celui du report limité par les opérations d'arbitrage. Comme le précise BLAU (1944) : « L'arbitrage permet toujours d'éviter que le prix à terme excède le prix au comptant d'un montant supérieur au coût net de portage... Mais il ne peut être aussi efficace pour éviter que le prix à terme dépasse le prix au comptant d'un montant inférieur au coût net de portage ». Alors que la borne supérieure du report est fixée objectivement par le coût du stockage, celle du déport est déterminée uniquement par le prix maximum que les acheteurs sont prêts à payer pour obtenir la marchandise au comptant.

2 – Le déport et le *convenience yield* (Rendement d'opportunité)

En situation de pénurie de stocks, la différence entre le prix à terme et le prix au comptant peut devenir négative : la base est alors en déport. La théorie des coûts de stockage, telle qu'elle est énoncée dans le contexte de stocks en surplus, ne permet pas d'expliquer les relations entre le prix à terme et le prix au comptant lorsque les stocks deviennent rares. Le concept du coût de stockage se révèle alors insuffisant. KALDOR (1939) montre qu'il doit être remplacé par le coût de stockage net représentant la différence entre le coût de stockage et le « rendement » des stocks de marchandises. « Dans des conditions normales, un rendement est associé à tout stock de marchandises. Ce rendement qui est une compensation pour le détenteur de stocks, doit être déduit des coûts de portage, afin de calculer un coût net de portage. De ce fait, ce dernier peut être négatif ou positif »

Le rendement (*yield*) associé aux stocks représente le bénéfice qu'un producteur en retire du fait qu'il peut disposer de marchandises dès qu'il en a besoin, sans avoir à supporter

le coût associé à des commandes fréquentes, ni celui lié à l'attente des livraisons. Ce bénéfice est celui de la disponibilité : il représente le « confort » retiré de la détention des stocks.

L'introduction du *convenience yield* permet de compléter l'analyse de la relation entre le prix au comptant et le prix à terme en expliquant l'origine des situations de déport : lorsque le marché se trouve en situation de pénurie, à la suite par exemple d'une augmentation inattendue de la demande, le *convenience yield* peut être supérieur au coût de stockage. Le prix au comptant devient alors supérieur au prix à terme. La relation entre le prix au comptant et le prix à terme peut être formulée de la façon suivante :

$$(3) \quad F(t, T) = S(t) + C'(t, T)$$

$$(4) \quad C'(t, T) = C(t, T) - C_y(t)$$

Avec :

- $F(t, T)$: le prix en t du contrat à terme parvenant à l'échéance en T ,
- $S(t)$: Le prix au comptant en t ,
- $C'(t, T)$: le coût de stockage marginal net entre t et T ,
- $C(t, T)$: le coût de stockage marginal entre t et T
- $C_y(t)$: le *convenience yield* marginal en t

Selon cette relation, le niveau de la base sur un marché à terme est une fonction du niveau des stocks : lorsque ceux-ci sont excédentaires, la base est positive (en report) ; dans le cas contraire, la base est négative (en déport).

BRENNAN (1958) propose une définition du *convenience yield* plus étendue que celle de Working : le *convenience yield* ne correspond pas seulement au « confort » apporté par la détention des stocks ; il comprend également l'avantage lié à la possibilité de profiter d'une éventuelle hausse des prix due à une hausse inattendue de la demande sans avoir à subir un délai d'approvisionnement. Ainsi, les stocks qui procurent un *convenience yield* peuvent être des stocks spéculatifs. Pour Working, seuls les stocks productifs procureraient un tel rendement. Avec cette définition plus large du *convenience yield*, la distinction entre stocks productifs et stocks en surplus, selon laquelle les stocks en surplus ont un *convenience yield* nul parce qu'ils sont spéculatifs, devient caduque.

Selon Brennan, pour comprendre la relation entre le prix à terme et le prix au comptant, les notions de coût de stockage et de *convenience yield* ne sont pas suffisantes : il faut également prendre en considération une prime de risque.

La prime de risque est une fonction croissante du niveau des stocks détenus par la firme. Lorsque ce niveau est faible, la perte associée à une baisse inattendue du prix des marchandises est relativement réduite : le risque associé aux stocks est limité. Inversement, lorsque la quantité des stocks détenus représente une part importante des ressources de la firme, une baisse de prix d'une ampleur comparable à la précédente peut entraîner une perte considérable.

Des études empiriques réalisées sur un grand nombre de matières premières végétales, minérales et énergétiques conduisent à valider la théorie du stockage. Pour les marchés de ces matières premières, les différentes études considèrent l'existence du *convenience yield* comme un fait établi. Des études plus précises de la relation entre le prix et les stocks peuvent cependant conduire à rejeter l'observation communément admise, selon laquelle les stocks sont détenus en situation de déport. La notion même de *convenience yield* est alors remise en question.

Dans cette section, les avantages et les principaux mécanismes de fonctionnement des bourses de marchandises ont été présentés. Il apparaît que le transfert de risque entre opérateurs est à la base du bon fonctionnement des marchés à terme des marchandises. L'explication de l'écart entre le prix à terme et le prix au comptant (la base) est fondamentale ; elle permet à l'opérateur professionnel de mieux gérer ses stocks et ses actifs ; elle permet aussi au spéculateur de gérer au mieux ses placements. L'explication originelle de la base se trouve dans la théorie du déport normal de Keynes, la prime de risque étant l'élément central de cette théorie. Cette théorie du déport normal a été complétée par la théorie du portefeuille qui analyse le comportement d'optimisation d'un individu intervenant sur les marchés à terme. Kaldor, Working et Brennan développent une explication de l'évolution de la base sur les marchés à terme des matières premières fondée sur la prise en compte des stocks existant sur le marché physique. Cette théorie du stockage se distingue de la théorie keynésienne du déport normal par l'introduction de la notion de *convenience yield* et par le rôle attribué à la prime de risque. Keynes pense que le prix à terme diffère du prix anticipé d'une quantité égale à la prime de risque. Working estime pour sa part, que le prix à

terme est identique au prix anticipé car la prime de risque exprime, avec les dépenses de stockage et le *convenience yield*, la différence entre le prix au comptant et le prix à terme.

L'explication de l'évolution de la base, nous l'avons dit, amène les opérateurs à définir la meilleure stratégie à adopter pour effectuer leurs opérations de couverture ou de spéculation sur les marchés. Se pose alors le problème de la bonne mesure de l'efficacité d'une telle stratégie.

Section 2

Les approches théoriques concernant l'optimalité des opérations de couverture sur les marchés à terme

La plupart des travaux relatifs à la recherche de la quantité optimale à couvrir reposent sur deux hypothèses fondamentales :

D'une part, on suppose que le hedger, en se couvrant, est en quête d'une assurance contre le risque de volatilité des cours. Son objectif sera donc de minimiser le risque de volatilité de ses revenus. Deux cas de figure se présentent ici ; le premier cas est celui où la production est connue d'avance et où il subsiste une incertitude quant au prix de vente de la marchandise ; le deuxième cas concerne une production incertaine. Dans ce dernier cas, on se place sous l'hypothèse de la double incertitude quant à la quantité à vendre et quant au prix où cette quantité sera écoulee.

D'autre part, l'hypothèse sur laquelle repose la recherche des quantités optimales à couvrir est celle de la maximisation de l'utilité espérée du hedger.

Dans cette section, nous présentons l'essentiel de la littérature traditionnelle sur la couverture ainsi que les extensions récentes sur cette question.

Paragraphe 1 : L'analyse de la couverture intégrale

A- La théorie traditionnelle de la couverture (la couverture « naïve »)

Pour la théorie traditionnelle de la couverture, l'opération de couverture est une pure opération d'assurance dont l'unique fonction est de protéger les opérateurs contre les risques de fluctuations des prix. Par analogie, on peut donc comparer le hedger à un assuré et le spéculateur à un assureur. C'est à Keynes et à Hicks que l'on doit la mise en forme de cette conception de la couverture et sa notoriété.

L'objectif de cette théorie est la minimisation ou l'éviction du risque de fluctuation des cours, en prenant sur le marché à terme une position égale mais de signe inverse à celle prise sur le marché au comptant. La production est censée être connue et l'analyse se fait en une période. C'est le cadre analytique le plus simple.

Soient S'_1 et S'_2 , le prix d'un bien aux temps t_1 et t_2 sur le marché au comptant et soient F'_1 et F'_2 les prix à terme respectifs du même bien, le détenteur d'un portefeuille de X_s unités d'un bien non couvert aura une rentabilité qui peut s'exprimer de la manière suivante :

$$(5) \quad U = X_s (S'_2 - S'_1)$$

Par contre, si le portefeuille est couvert par des contrats à terme, la rentabilité H d'un tel portefeuille s'écrit :

$$(6) \quad H = X_s [(S'_2 - S'_1) - (F'_2 - F'_1)]$$

La théorie traditionnelle de la couverture ou théorie naïve soutient que les prix à terme et au comptant covarient positivement, de telle sorte que la valeur absolue de H est inférieure à celle de U ou encore que la variance du premier est inférieure à celle du second.

$$(7) \quad |H| < |U|$$

$$(8) \quad \text{Var}(H) < \text{Var}(U)$$

Dans cette perspective et en termes de base (différence entre prix à terme et prix au comptant), une couverture est jugée parfaite si le changement dans la base est nul.

$$(9) (F'_2 - S'_2) - (F'_1 - S'_1) = 0$$

En d'autres termes, la couverture ne sera pleinement efficace que si la base se trouve être identique au moment de l'initiation et de la clôture de l'opération de couverture :

$$(10) (F'_2 - S'_2) = (F'_1 - S'_1)$$

Ce qui ne sera le cas que de façon inattendue et aléatoire puisque la base évolue dans le temps et converge vers zéro à l'échéance.

La théorie traditionnelle suppose que la couverture porte sur 100% du stock. WORKING (1960) a parlé de « *routine hedging* » pour désigner ce type particulier de couverture où l'on intervient sur le marché à terme pour rechercher un contrat d'assurance. Le hedger est décrit ici comme un participant au marché qui selon HAWTREY (1939) regarde les mécanismes de prix comme étant l'apanage de spécialistes et ne fait aucune anticipation quant à l'état du marché. La théorie de l'assurance a aussi été défendue par Keynes qui comme nous l'avons vu précédemment en tire la théorie du déport normal.

B- L'apport de Working : la couverture de « tout ou rien »

En 1953, WORKING avait déjà remarqué l'insuffisance de la théorie traditionnelle de la couverture. Elle pêche essentiellement par le fait qu'elle fait l'hypothèse que les prix à terme et au comptant évoluent de façon parallèle.

WORKING (1962) rejette la vision de la couverture comme une pure recherche de minimisation de risque et envisage l'opération comme étant aussi une recherche de la maximisation du profit attendu de l'opération. Il étend la conception traditionnelle qui ne se souciait que de la protection contre le risque de prix et présente le hedger comme celui qui, certes, veut se prémunir contre le risque de prix, mais qui fera également des anticipations sur l'évolution du marché afin d'en tirer profit. En conséquence le hedger se couvrira quand il anticipera une variation défavorable des prix par rapport à ses positions sur le comptant ou ne le fera pas quand il anticipera une variation favorable. C'est ainsi qu'à coté du concept de « *routine hedging* » caractérisant la théorie traditionnelle, Working a développé les concepts de :

- *Selective hedging* ou *discretionary hedging* qui consiste à couvrir les stocks selon l'anticipation que l'on fait des prix; c'est seulement si l'on pense que les prix vont baisser que l'on se couvre, sinon on ne se couvre pas.
- *Carrying hedging* ou *arbitrage hedging* qui consiste à chercher à tirer profit des changements favorables anticipés quant à l'évolution de la base.

On remarquera qu'avec cette approche de Working, la couverture se fait soit à 100% soit à 0%, c'est à dire que l'on se couvre totalement ou l'on ne se couvre pas du tout. On a alors parlé de « couverture du tout ou rien ». On se rappelle que dans la théorie traditionnelle, les opérateurs devaient absolument se couvrir, le taux de couverture était de 100%. Face à des positions antagonistes aussi tranchées, la question est de savoir s'il n'existe pas un taux de couverture optimal.

Paragraphe 2 : La théorie du portefeuille et la détermination de la couverture Optimale

A- La couverture dans la problématique de la théorie du portefeuille

La théorie du portefeuille permet de concilier le point de vue de la théorie traditionnelle basée sur l'éviction totale du risque et l'hypothèse de maximisation du profit formulée par Working. Cette théorie du portefeuille permet pour toute opération de couverture, un arbitrage entre la rentabilité et le risque ; elle montre qu'il existe un taux optimal de couverture permettant de minimiser le risque total d'un portefeuille composé de deux types de titres : les stocks détenus sur le marché physique et les contrats à terme qui les couvrent et qui sont également négociés en bourse.

1 - Le modèle de Johnson et Stein

JOHNSON (1960) et STEIN (1961) sont parmi les premiers à avoir appliqué la théorie du portefeuille au problème de la détermination de la couverture optimale, c'est à dire de la minimisation du risque de volatilité des cours. Leurs modèles combinent l'approche naïve et celle de Working et situent leur analyse dans une problématique risque-rentabilité.

Soit U la rentabilité d'une position non-couverte,

$$(11) \quad E(U) = X_s E(S'_2 - S'_1)$$

Son risque est:

$$(12) \quad \text{Var}(U) = X_s^2 \text{Var}(S'_2 - S'_1)$$

X_s représente le stock de marchandises non couvert.

Pour couvrir son portefeuille, le producteur vend des contrats à terme au temps t_1 au prix F'_1 et les rachète au temps t_2 au prix F'_2 ; le résultat attendu de son portefeuille contenant à la fois le montant X_s de marchandises à couvrir et X_F le montant des contrats à terme est :

$$(13) \quad E(H) = X_s E(S'_2 - S'_1) + X_F E(F'_2 - F'_1)$$

qui peut s'écrire :

$$(14) \quad E(H) = X_s E(S) + X_F E(F)$$

Avec S et F représentant les variations en valeur absolue des cours entre deux dates.

Le risque de ce portefeuille est mesuré par sa variance, soit :

$$(15) \quad \text{Var}(H) = X_s^2 \text{Var}(S) + X_F^2 \text{Var}(F) + 2X_s X_F \text{COV}(S, F)$$

Les 3 dernières équations expriment les formules générales relatives à la détention de deux actifs, quel que soit le sens des positions.

(16) Soit $b = -X_F / X_s$, la proportion de la position au comptant couverte sur le marché à terme. Comme X_F et X_s sont par définition de signe opposé, b est positif.

Les équations (13) et (14) deviennent :

$$(17) \quad E(H) = X_s E(S) - b X_s E(F)$$

$$(17b) \quad E(H) = X_s [(1 - b) E(S'_2 - S'_1) + b E(S'_2 - S'_1) - b E(F'_2 - F'_1)]$$

Le risque de portefeuille couvert devient:

$$(18) \quad \text{Var}(H) = X_s^2 \text{Var}(S) + b^2 X_s^2 \text{Var}(F) - 2b X_s^2 \text{COV}(S, F)$$

L'équation 17b a été obtenue en multipliant $E(S'_2 - S'_1)$ par $(1-b)$ et en rajoutant $E(S'_2 - S'_1)$ multiplié par b , ce qui n'entraîne aucune modification puisque l'on multiplie la même quantité $E(S'_2 - S'_1)$ par $[(1 - b) + b]$

Si on pose $E(\Delta B) = E[(F'_2 - S'_2) - (F'_1 - S'_1)]$ c'est à dire le changement anticipé dans la base, on peut encore réécrire l'équation (17b),

$$(19) \quad E(H) = X_s (1 - b)E(S) - b E(\Delta B)$$

où $E(S) = E(S'_2 - S'_1)$, représente le changement du prix d'une unité physique.

A partir de l'équation (19) on peut remarquer que si le changement anticipé de la base est nul, c'est à dire $E(\Delta B) = 0$ alors le gain ou la perte espéré est réduit au fur et à mesure que b , la proportion des marchandises couverte tend vers 1 soit 100%. On remarque aussi à partir de la même équation (19) que les changements anticipés de la base $E(\Delta B)$ peuvent faire croître ou baisser la gain ou la perte espéré sur un portefeuille non couvert, ce qui revient à dire que $E(H) = X_s E(S)$ quand ΔB tend vers 0. La variance et l'espérance mathématique du portefeuille étant exprimées en fonction de b , le problème du hedger est de déterminer la proportion de stock à couvrir (b) de telle sorte que son portefeuille H supporte le risque minimal. En d'autres termes, il s'agit de trouver le b^* qui annule la dérivée première de l'équation (18)

$$\frac{\partial Var(H)}{\partial b} = 2bX_s^2 Var(F) - 2X_s^2 COV(S, F) = 0$$

$$2bX_s^2 Var(F) = 2X_s^2 COV(S, F)$$

d'où:

$$(20) \quad \boxed{b^* = \frac{COV(S, F)}{Var(F)}}$$

soit le β de la régression $S_t = \alpha + \beta(F_t) + \varepsilon_t$

Le b^* ci-dessus est la proportion de marchandises à couvrir qui minimise le risque de la volatilité d'un portefeuille contenant à la fois les stocks non couverts et couverts.

La théorie du portefeuille démontre clairement que non seulement b^* n'a pas besoin d'être égal à 1 comme le préconise la théorie traditionnelle, mais que b^* peut être différent de 1. En effet b^* peut être supérieur à 1, dans ce cas, le hedger prend une position plus grande

sur le terme que sur le physique. Si b^* est inférieur à 1, le hedger ne couvre qu'une partie de son stock physique.

3- Le modèle standard d'Ederington.

A partir des travaux de Johnson et Stein, EDERINGTON (1979)³⁹ a effectué une démonstration qui permet de construire ce que l'on considère encore aujourd'hui comme le modèle standard d'analyse de l'efficacité de la couverture sur les marchés à terme.

Ederington considère les cours au comptant (S) et les cours à terme (F) comme des variables aléatoires définies par leur espérance et leur variance ; combinées, ces variables constituent un portefeuille lui-même aléatoire.

Ederington montre que, dans le cadre de la théorie du portefeuille, la réduction du risque obtenue par tout hedger dépend du bêta choisi, c'est à dire de la proportion du portefeuille couvert. Dès lors, la capacité d'un marché à terme à protéger un actif contre les fluctuations de cours peut être mesurée en comparant le risque du portefeuille non couvert et le risque du portefeuille couvert ; le portefeuille couvert étant le portefeuille à risque minimum.

La mesure de l'efficacité de la couverture s'écrit alors :

$$(21) \quad e = 1 - \frac{Var(H^*)}{Var(U)}$$

où $Var(H^*)$ exprime la variance minimale des rentabilités des différents portefeuilles couverts qu'il est possible de construire. H^* est le portefeuille couvert de manière optimale, en utilisant $\hat{\beta}$. $Var(U)$ est la variance du portefeuille non-couvert.

En substituant l'équation (20) donnant la valeur optimale de b , dans l'équation (18) de la variance du portefeuille couvert, on obtient :

³⁹

Pour une démonstration complète de la mesure de l'efficacité de la couverture du modèle de Ederington voir GALLAIS-HAMONNO, M DIARRA et R. NJIKI (1991)

$$(22) \quad Var(H^*) = X_s^2 \left[Var(S) + \frac{[COV(S, F)^2]}{Var(F)} - 2 \frac{[COV(S, F)^2]}{Var(F)} \right]$$

après simplification, on obtient :

$$(22b) \quad \frac{Var(H^*)}{Var(U)} = 1 - \frac{[COV(S, F)]^2}{Var(F)Var(S)}$$

en conséquence,

$$(23) \quad e = 1 - \frac{Var(H^*)}{Var(U)} = \frac{[COV(S, F)]^2}{Var(S)Var(F)} = R^2$$

e représente la proportion de réduction du risque

- Si la variance du portefeuille couvert est égale à la variance du portefeuille non couvert, ou encore que la corrélation est nulle entre les prix à terme et les prix au comptant, alors e tend vers 0
- Si la variance du portefeuille couvert tend vers 0, cela veut dire que la corrélation entre les marchés au comptant et à terme est bonne, alors, e tend vers 1.

B – Les utilisations et les critiques du modèle standard d'Ederington

Le succès du modèle d'Ederington tient pour grande partie à sa simplicité empirique et son élégance théorique, ce modèle a pourtant été critiqué et des propositions pour l'améliorer ont été formulées.

EDERINGTON (1979) a utilisé son modèle pour évaluer la performance des marchés à terme de GNMA 8%, des bons de trésor (T. bills) 90 jours, et des marchés du blé et du maïs. Son étude couvre la période de mars 1976 à décembre 1977 pour les T bills et, de janvier 1976 à décembre 1977 pour les autres produits. Les données sont hebdomadaires et trois types de contrats sont retenus : les contrats à échéance de livraison la plus rapprochée, ceux dont la maturité est comprise entre 2 et 6 mois, et ceux venant à maturité entre 6 et 9 mois. Pour chacun de ces marchés et pour chaque catégorie de contrat, il a simulé des opérations de couverture d'une longueur de 2 et de 4 semaines. Pour des opérations de couverture d'une durée de 2 semaines utilisant des contrats dont la maturité est très rapprochée, Ederington

observe des taux de réduction de risque de 66%, 27%, 90% et 65% sur les marchés de GNMA 8%, des T bills à 90 jours, du blé et du maïs. Son analyse sur la couverture de 4 semaines avec les mêmes contrats conduit à des coefficients respectifs de 78,5%, 74%, 92% et 72,5%. Il semble donc que la couverture soit d'autant plus efficace que sa durée est importante.

FRANCKLE (1980) a critiqué la méthode d'Ederington quant à l'efficacité de la couverture sur le marché à terme des bons du Trésor à 90 jours. Il constate que le coefficient de 27% obtenu pour une durée de couverture de 2 semaines est sous-évalué et que cette contre-performance est attribuable au fait que les prix utilisés sont des moyennes hebdomadaires. Il suggère de prendre les prix de vendredi à vendredi, ce qui a l'avantage de ne pas masquer les variations de prix. En utilisant cette approche, il trouve un coefficient de 68% contre 27% chez Ederington pour une opération de couverture de 1 semaine.

CICCHETI, DALE et VIGNOLA (1981) ont à leur tour réexaminé les résultats obtenus par Ederington sur les marchés à terme des bons du Trésor 90 jours et du GNMA 8%. En se servant des changements dans les taux d'intérêt pratiqués sur les bons de trésor au lieu des changements de prix, les auteurs concluent sur la même période d'étude (Mars 1976 à décembre 1977) à une grande efficacité de la couverture (75% contre 27% et 88% contre 74%). Ils constatent aussi, tout comme Ederington, que la performance de la couverture semble liée à sa durée.

HILL, LIRO et SCHNEEWEIS (1983) ont pour leur part obtenu des taux d'efficacité de 86% sur le marché à terme des GNMA pour des couvertures d'une durée allant de 5 à 8 semaines.

KUBEREK et PEFLEY (1983) ont mesuré l'efficacité de la couverture croisée. Leur étude a consisté à estimer le degré de réduction du risque de volatilité des taux d'intérêt sur les dettes obligataires des entreprises lorsqu'elles se couvrent sur les marchés à terme des obligations du Trésor américain. Les résultats obtenus sont fonction du type de contrat sur lequel les entreprises se couvrent, et de la maturité de ces contrats. Le tableau suivant résume leur contribution.

Tableau VI-2 : Portefeuille d'obligations d'entreprise

Maturité des contrats à terme (Bons de Trésor US)	Type d'obligations	
	AAA-AA	A
3 mois	0,92	0,87
6 mois	0,89	0,85
9 mois	0,85	0,79
12 mois	0,83	0,77
15 mois	0,81	0,74
18 mois	0,79	0,73

Source: Kuberek R. et Pefley G.: « Hedging Corporate Debt with US Treasury Bond Future » *J.O.F* vol .3 n°4, 1983, p.351

Le meilleur résultat est obtenu sur l'échéance 3 mois avec un taux d'efficacité de 92% pour les obligations de type AAA-AA et de 87% pour les obligations de type A. Les ratios optimaux de couverture qu'ils ont trouvés sur cette échéance sont respectivement de 80%, 81% et 71,95% pour AAA-AA et pour A.

D'intéressantes vérifications empiriques ont été faites sur le marché des devises.

DALE (1981) a examiné les marchés à terme de la Livre sterling, du Mark et du Yen. La période d'étude s'étend de 1974 à 1980. Les résultats obtenus montrent que les contrats à terme de devises ont été de très bons instruments de couverture ou de gestion de risque de change. Pour les couvertures d'une durée de 2 à 4 semaines, le degré de réduction du risque a été de plus de 97% pour chacune des devises considérées. Il faut toutefois noter que Dale dans son étude, utilise le niveau des prix au lieu de leur variation, ce qui surévalue les résultats.

HILL et SCHNEEWEIS (1982) ont repris le travail de Dale en se basant sur les variations de prix. Les résultats observés montrent dans le cas de la Livre sterling des taux d'efficacité nettement inférieurs à ceux de Dale (53% contre 99% pour la Livre et 45% contre 100% pour le Mark) sur l'échéance la plus rapprochée.

GRAMMATIKOS et SAUNDERS (1983) ont à leur tour effectué des travaux sur les marchés à terme de devises. Leur étude porte sur le Mark, le Franc suisse, la Livre, le Dollar canadien et le Yen. Ils obtiennent respectivement des taux de 94%, 91%, 92%, 84% et 92% pour des couvertures allant de 1 à 4 semaines.

En ce qui concerne les marchés à terme d'indices boursiers, on peut souligner les travaux de Figlewski et de Monsigny.

FIGLEWSKI (1984) a étudié le marché à terme de quelques indices boursiers. Il s'agit du *Standard and Poor's 500*, du *New York Stock Exchange Composite*, de l'*American Stock Exchange Composite*, du *National Association of Securities Dealers Automatic Quotation System* (NASDAQ) et enfin du *Dow Jones*. La période d'étude s'étend de juin 1982 à septembre 1983. Les taux de réduction de risque obtenus sont respectivement de 75,7%, 82,6%, 40,6%, 38%, 70%. Ces résultats sont obtenus sur des contrats à échéance rapprochée et pour des couvertures d'une durée de 1 semaine.

MONSIGNY (1991) a mesuré l'efficacité de la couverture avec les contrats à terme sur l'indice CAC 40 à Paris. Il a analysé l'efficacité de la couverture à travers deux portefeuilles. L'un est la duplication de l'indice avec les 40 titres qui le composent, l'autre est composé des 15 plus grosses capitalisations boursières de l'indice. La période d'étude va de novembre 1988 à mai 1990. Les couvertures sont réalisées sur une, deux ou trois semaines, avec des contrats à maturité rapprochée, ceux à maturité de 1 à 2 mois et ceux à maturité de 2 à 3 mois. Les résultats obtenus montrent que la réduction relative du risque est élevée, puisqu'elle est comprise entre 85% et 97%. En outre, l'étude de Monsigny corrobore l'assertion selon laquelle l'efficacité de la couverture augmente avec sa durée, mais diminue avec l'éloignement de l'échéance du contrat.

Nous présentons enfin 4 études intéressantes réalisées sur des marchés à terme de marchandises

DA SILVA (1986) s'est servi du modèle d'Ederington pour évaluer la performance des opérations de couverture sur le marché à terme de l'huile de palme. Son étude couvre la période de janvier 1983 à décembre 1983. Quatre types de contrats sont retenus : les contrats à maturité 1 mois, 2 mois, 3 mois et 4 mois. Pour chacun de ces contrats, des opérations de

couverture d'une durée de 1, 2, 3 et 4 semaines sont simulées sur la base de données journalière. Les résultats obtenus par Da Silva montrent que l'efficacité de la couverture sur le marché malais de l'huile de palme est comprise entre 65% et 96%.

DIARRA (1994) et NJIKI (1994) effectuent des travaux similaires sur les marchés à terme parisien du café et du cacao respectivement. Ces travaux couvrent la même période (janvier 1987 à décembre 1990). Seulement, afin de faire ressortir l'influence des volumes de transactions sur l'efficacité de la couverture, ils distinguent deux sous-périodes. La première va de janvier 1987 à décembre 1988 et représente la période où les transactions sont le plus élevées, par opposition à la seconde période qui va de janvier 1989 à décembre 1990. Sur chacune de ces périodes, Diarra et Njiki testent, chacun sur un des marchés, la performance de la couverture sur les durées allant de 1 à 4 semaines.

Diarra obtient sur le marché parisien du café, des taux de couverture optimaux de 22,9% à 68,3% entre 1987 et 1988 et des taux de 21,6% à 66,3% entre 1989 et 1990.

Quant à Njiki, il calcule pour son étude du marché à terme parisien du cacao sur l'ensemble de la période 1987 à 1990, des taux de couverture allant de 41,9% à 73,5%. En revanche, pour la première sous-période, il obtient des taux de 54,7% à 82,6% et pour la seconde sous-période des taux de 39,7% à 46,7%.

TITALOM (1996) utilise lui aussi le modèle d'Ederington pour étudier l'efficacité de la couverture sur le marché à terme parisien du sucre blanc ; son étude couvre la période de janvier 1998 à novembre 1993. Il s'intéresse aux contrats à 3, 5, 8 et 10 mois de maturité. Pour chacun de ces contrats des opérations de couverture d'une durée de 1, 2, 3, et 4 semaines sont simulées sur la base de données hebdomadaire. Des opérations d'une durée de 2,3 et 4 mois sont aussi simulées. Les résultats obtenus par Titalom montrent un taux d'efficacité de couverture variant de 48% à 95%

Ces différents résultats amènent toutes à la conclusion que sur les marchés à terme, le taux d'efficacité de couverture augmente avec la durée de couverture et diminue avec l'éloignement de la maturité du contrat.

Tableau VI-3: Comparaison des taux d'efficacité(R^2) de la couverture sur les marchés à terme du blé, du maïs, du cacao, du café robusta et du sucre blanc

EDERINGTON (1979)	DA SILVA (1986)	NJIKI (1994)	DIARRA (1994)	TITALOM (1996)
Blé, Maïs	Huile de palme	Cacao	Café robusta	Sucre blanc
<u>Couverture 2 semaines</u>	<u>Couverture 2 semaines</u>	<u>Couverture 2 semaines</u>	<u>Couverture 2 semaines</u>	<u>Couverture 2 semaines</u>
Contrat rapproché 0,898 0,649	Contrat 1 mois 0,916	1987-88 1989-90 Contrat 3 mois - -	1987-88 1989-90 Contrat 1 mois 0,355 0,477	Contrat 3 mois 0,69
2 à 6 mois 0,889 0,605	Contrat 2 mois 0,880	Contrat 5 mois 0,546 0,396	Contrat 3 mois 0,328 0,302	Contrat 5 mois 0,39
<u>Couverture 4 semaines</u>	<u>Couverture 4 semaines</u>	<u>Couverture 4 semaines</u>	<u>Couverture 4 semaines</u>	<u>Couverture 4 semaines</u>
Contrat rapproché 0,918 0,725	Contrat 1 mois 0,958	Contrat 3 mois 0,958 -	Contrat 1 mois 0,735 0,682	Contrat 3 mois 0,83
2 à 6 mois 0,921 0,666	Contrat 2 mois 0,937	Contrat 5 mois 0,828 0,467	Contrat 3 mois 0,671 0,661	Contrat 5 mois 0,68

Le R^2 est croissant avec la durée de couverture et le rapprochement de l'échéance

Paragraphe 3 : Quelques extensions de l'analyse des opérations de couverture dans la littérature récente

Les modèles d'analyse des opérations de couverture sont bien connus. Dans les textes précédents, nous en avons présenté les éléments les plus essentiels et les débats qu'ils suscitent. Le but de ce paragraphe est de montrer que le débat sur l'efficacité et l'optimalité des opérations de couverture est resté très vivant, même si l'ensemble des propositions et des arguments tournent autour des modèles standards connus.

Nous présentons ces analyses, non pas par nature de produit étudié, mais plutôt par ordre chronologique, leur intérêt se situant surtout dans l'innovation méthodologique qu'ils introduisent.

PENNINGS et MEULENBERG (1997) montrent que les contrats à terme sont eux-mêmes porteurs de risques pour les hedgers. Ils introduisent un nouveau concept d'efficacité de la couverture et de mesure de cette efficacité. La mesure d'efficacité de couverture proposée évalue l'écart entre la couverture effective et la couverture parfaite. Cet écart peut être réparti en une partie systématique pouvant être gérée par le marché à terme et une partie aléatoire hors de portée du marché à terme. Cet outil de gestion permet de mesurer la qualité de la couverture effective.

Le risque introduit par le marché à terme lui-même consiste en un risque de la base (« *basis risk* ») et en un risque de profondeur du marché (« *depth risk* »). La base est mesurée par la différence entre le prix au comptant et le prix à terme, alors que la profondeur du marché peut être mesurée par la différence de prix entre le prix auquel le hedger entre dans le marché et le prix des contrats successifs qu'il conclut après son entrée. L'existence du risque de base qui est spécifique aux marchés à terme introduit un élément de spéculation dans le sens où le hedger est encore exposé à ce risque pendant qu'il couvre les biens physiques. Les chercheurs NAIK et LEUTHOLD (1988), TRAPP et EILRICH (1991), LIN, BRORSEN, OELLERMAN et FARRIS (1994) ont trouvé qu'il était difficile de prévoir la base. Cette imprévisibilité met les hedgers en présence d'un risque qui ne peut être couvert

Le risque de profondeur du marché (« *depth risk* ») est en réalité, le risque de liquidité. Un marché à terme est considéré comme liquide, si les vendeurs et les participants peuvent rapidement vendre ou acheter des contrats à terme avec des coûts de transaction faibles. Le manque de liquidité introduit un risque pour les hedgers. Dans un marché liquide, ceux-ci vont commercer avec de petits coûts sur leurs transactions. Cependant, dans des marchés étroits, les transactions de hedgers individuels peuvent avoir des effets significatifs sur les prix et peuvent par conséquent conduire à des coûts de transaction substantiels (THOMPSON, WALLER et SEILBOLD 1993).

Pennings et Meulenberg comparent la mesure d'Ederington avec leur propre instrument de mesure. Ils utilisent des données concernant les contrats à terme de pommes de terre sur le marché à terme des pommes de terre d'Amsterdam. Les deux outils de mesure donnent des résultats différents concernant l'efficacité de la couverture. Selon les auteurs, la différence de résultats entre les deux instruments de mesure vient du fait que la mesure nouvelle qu'ils proposent prend en compte le risque de base, les coûts de « profondeur du marché » et les

coûts de commission, alors que la mesure d'Ederington ne prend en compte que le risque de base.

FERGUSSON et LEISTIKOW (1998) étudient la stationnarité des ratios de couverture. Selon eux, GRAMMATIKOS et SAUNDERS (1983) ont été les premiers à examiner la stabilité des ratios de couverture de Ederington. Ils ont étudié 5 devises en utilisant 3 tests différents. D'une façon générale, ils ont trouvé que l'hypothèse nulle de la stabilité des ratios de couverture ne pouvait pas être rejetée.

Les résultats de Fergusson et Leistikow rejettent fortement l'hypothèse de l'évolution aléatoire du ratio de couverture d'Ederington. Les auteurs utilisent le test de Dickey – Fuller utilisé par Malliaris et Urutia et travaillent avec des données sur les prix au comptant et à terme pour le Mark, la Livre sterling, le Yen, et le Dollar canadien sur le marché des changes international

Fergusson et Leistinow montrent que la performance de couverture d'un échantillon n'est pas significativement améliorée par la mise à jour du ratio de couverture. En effet, les coûts de recalcul des ratios de couverture pour une maturité donnée sont significatifs. Ces coûts intègrent les prix de la collecte, de l'organisation et de l'analyse des données. En plus, si une position n'est pas couverte pendant que le ratio de couverture est en train d'être recalculé, les coûts de recalcul du ratio de couverture pourront alors être tout à fait élevés. Le taux de couverture n'approchera pas l'infini négatif ou positif comme le soutient l'hypothèse de l'évolution aléatoire du ratio de couverture d'Ederington.

Fergusson et Leistinow affirment que les résultats de leur étude sur la stationnarité des ratios de couverture s'appliquent probablement à la plupart des actifs pour lesquels il existe des marchés à terme avec des périodes de couverture d'une semaine.

PENNINGS et LEUTHOLD (2000) développent une vision alternative de la motivation des opérations de couverture. Les auteurs commencent par présenter un rappel des différentes théories sur les motivations des contrats à terme. Ils évoquent ainsi la théorie de l'assurance de KEYNES et HICKS (1930), la théorie de la recherche d'un profit de WORKING 1953, la théorie du portefeuille de MARKOWITZ (1959), de JOHNSON (1960), et de STEIN (1961). Pour Pennings et Leuthold, il est étonnant qu'aucune des théories de la motivation à utiliser

les marchés à terme ne prennent en compte l'environnement commercial. Cet environnement commercial est souvent caractérisé par un « équilibre par le pouvoir » (« power balance ») dans les relations entre les firmes.

Les auteurs font une recherche empirique dans le domaine de l'industrie hollandaise du porc au début de 1998. Dans cette filière, il y a 150 grossistes et 65 industriels dont les relations sont caractérisées par des contrats à long terme.

Ils montrent que les marchés à terme affectent l'organisation industrielle d'une filière. Sans la possibilité de se couvrir à terme, certains types de relations contractuelles pourraient ne pas exister. Cette découverte est en accord avec celle de HIRSCHLEIFER (1985) qui soutient que la présence ou l'absence d'un marché à terme affecte l'optimalité de l'organisation de la production.

Une entreprise qui veut éviter le risque de prix de la détention d'un stock peut le faire sans un marché à terme organisé. Elle le fera en concluant des contrats à long terme sur le marché au comptant. La question posée par les auteurs est de savoir si cela est toujours possible. Est-ce qu'une entreprise qui veut un contrat à long terme l'obtiendra toujours ?

L'« équilibre par le pouvoir » entre partenaires commerciaux pourrait amener un partenaire relativement plus puissant à imposer un contrat de vente au comptant à l'autre partenaire voulant un contrat à long terme.

Prendre la notion de pouvoir en compte semble introduire une variable importante pour essayer de comprendre les relations contractuelles entre les firmes et par conséquent les motivations des firmes à utiliser les contrats à terme.

CASTELINO (2000) veut faire une synthèse entre la conception de hedging de WORKING (1953) sur une gestion de l'évolution de la base et la conception de Ederington fondée sur le ratio de variance minimum.

Historiquement, les hedgers envisagent le hedging en termes de base, c'est à dire d'arbitrage entre les prix au comptant et à terme. Ceci ressort des travaux de WORKING (1953). Dans cette conception, le hedging n'est pas envisagé comme une méthode spécifique

pour réduire le risque. Aujourd'hui, la conception du hedging qui prévaut découle de la théorie du portefeuille, c'est celle de JOHNSON (1960), STEIN (1961), EDERINGTON (1979) etc.

Un des résultats importants de la théorie du portefeuille est le concept de ratio de variance-minimum de couverture, c'est à dire le ratio de couverture qui minimise le risque de la position couverte. Alors que Working considérait le profit comme la motivation principale du hedging et la réduction de risque comme une motivation secondaire, la théorie du portefeuille place la réduction du risque au premier rang des motivations de couverture.

Le travail de M. G. Castelino cherche à établir une relation entre la couverture par le ratio de la variance minimum et la conception de Working du hedging comme une opération de « spéculation sur la base »

Un test d'existence d'une dimension temporelle du ratio de couverture de la variance minimale est effectué sur le blé, le maïs, les bons de Trésor US et le marché de l'Eurodollar

Le ratio de couverture de la variance minimum est celui qui minimise le risque pour le niveau de revenu induit par la base. Finalement, l'existence d'un ratio de couverture de variance minimum implique que le hedger devrait l'utiliser tout le temps. Le revenu induit par la base au moment de l'initiative de se couvrir devrait être le facteur principal dans la décision de se couvrir. Si ce revenu est attractif, le hedger devrait choisir de se couvrir en utilisant le ratio de couverture de la variance minimum, sinon le hedger ne devrait pas se couvrir. Ceci est conforme à la vision de Working selon laquelle le hedging devrait participer à l'anticipation d'un changement favorable de la base.

COLLINS (2000) étudie l'efficacité des modèles de couverture à variables multiples pour l'industrie américaine du soja. Beaucoup de firmes gèrent plusieurs produits sur les marchés à terme, alors divers modèles théoriques ont été proposés qui considèrent la gestion de prix des biens comme un problème de portefeuille à variables multiples.

L'efficacité réelle de ces méthodes avait déjà été testée. Entre autres, GRANT et ENKER (1989) ont conclu que les couvertures complexes qu'ils ont évaluées ne sont pas plus efficaces que les couvertures simples.

Les tests empiriques sur les méthodes de couverture à variables multiples effectués par Collins avaient des objectifs spécifiques

1 - Déterminer laquelle des recommandations de gestion par la couverture à variables multiples apportait le plus de réduction de risque quand elle était appliquée de façon réaliste à un échantillon donné.

2- Mesurer la longévité de ces recommandations

3- Comparer la réduction de risque obtenue avec celle obtenue par un modèle à variable unique et une couverture naïve

L'auteur utilise des données concernant des contrats de graines de soja et de l'huile de soja. Ces données sont celles de la bourse de Chicago sur dix ans (1988 à 1997)

La première conclusion est qu'il est impossible de dire que les méthodes de couverture à variables multiples sont statistiquement supérieures aux méthodes simples ; Deuxièmement, on ne peut pas affirmer que l'efficacité des méthodes de couverture à variables multiples se détériore dans le temps. Troisièmement, rien ne prouve que les méthodes multivariées offrent un avantage en termes d'efficacité sur les méthodes univariées.

MYERS (2002) s'intéresse à l'aspect dynamique du ratio optimal de couverture sur les marchés à terme, il réalise son étude sur le marché du blé. Un ratio de couverture optimale est généralement défini comme la part de la position au comptant qui devrait être couverte par une position opposée sur le marché à terme. En simplifiant, on peut dire que le ratio de couverture optimale peut être caractérisé par une règle simple : établir le ratio de couverture égal au ratio de la covariance entre les prix au comptant et les prix à terme.

Myers relève cependant deux problèmes avec cette approche conventionnelle ; d'abord, elle ne réussit pas à prendre en compte toutes les informations disponibles pour les hedgers quand ceux-ci prennent leur décision de couverture. Ensuite, il est implicitement admis que les matrices des covariances et variances des prix au comptant et à terme et par conséquent, les ratios de couverture optimale sont constants dans le temps. Il est pourtant prouvé que la

volatilité des prix des biens change à mesure que les marchés changent de cycles (Anderson 1985, Fackler 1986). Par exemple, il y a eu un saut assez net de volatilité des prix pendant le boom de 1973 et pendant la sécheresse de 1988. Ceci suggère que la matrice des covariances et variances des prix au comptant et à terme et par conséquent les ratios de couverture optimale devraient varier de façon importante avec le temps.

Le travail de Myers décrit et compare deux approches pour estimer la variation dans le temps des ratios de couverture optimale dans les marchés à terme. Les deux méthodes prennent en compte les informations importantes à la disposition des hedgers, mais elles diffèrent dans leur degré de sophistication. La première méthode implique le calcul des variances et des covariances mobiles des erreurs de prévision passées pour les prix au comptant et à terme. La seconde méthode est un modèle GARCH.

Ces deux méthodes dynamiques sont appliquées à la couverture d'un stock de blé et les résultats sont comparés avec ceux d'une situation sans couverture et ceux d'une situation avec une couverture statique.

Il y a de fortes preuves indiquant une variation dans le temps des ratios de couverture optimale pour le blé, mais les résultats montrent que le ratio dynamique de couverture optimale utilisé pour le modèle GARCH n'est que marginalement plus performant que les ratios statiques utilisant les techniques de régression conventionnelles.

LIEN et SHRESTHA (2005) font une estimation du ratio de couverture optimale à partir d'instruments intégrant des retards dans le calcul des rentabilités au comptant et à terme. Le ratio de couverture de la variance minimum est le choix le plus couramment adopté parmi les ratios de couverture. De nombreuses modifications ont été apportées à la version de JOHNSON (1960). Une des plus récentes modifications à ce ratio a été apportée par CHEN, LEE et SHRESTHA (2004) qui ont inclus le terme de correction d'erreurs dans l'estimation du ratio de couverture de la variance minimum.

Le travail de Lien et Shrestha intègre des retards dans les rentabilités au comptant et à terme du ratio de couverture. Pour déterminer la structure des retards, le « *Focus Information Criterion* » (FIC) est utilisé (CLAESKENS et HJORK 2003). Mais normalement, le Critère d'Information d'Aikaike (AIC) est utilisé pour déterminer le nombre et la structure des retards

du modèle. Les auteurs utilisent les données journalières et hebdomadaires de différents indices boursiers, marchandises et monnaies au nombre total de 24. Ils appliquent des modèles de correction d'erreurs aux rentabilités au comptant et à terme et appliquent le modèle GARCH aux résidus. Le ratio de couverture est alors déterminé par le rapport de la covariance des résidus des rentabilités au comptant et à terme sur la variance des résidus des rentabilités à terme.

Le résultat est que, en terme de performance de couverture mesurée par la réduction de la volatilité du portefeuille couvert, aussi bien les ratios FIC que AIC ont de meilleures performances que les ratios simples de couverture et cela pour quasiment tous les biens étudiés.

MCMILLAN (2005) étudie les ratios de couverture variables dans le temps pour les prix des métaux non-ferreux. Il constate que les approches traditionnelles de l'utilisation des marchés à terme à des fins de couverture ont été faites soit pour adopter un ratio de couverture naïve, où une position égale et opposée est prise sur un marché à terme par rapport au marché au comptant, soit pour déterminer le ratio de couverture optimale utilisant les techniques simples de régression ; mais dans tous les cas, on affirmera traditionnellement que ce ratio de couverture optimale doit rester constant dans le temps.

Cependant, des études financières empiriques de ces deux dernières décennies ont affirmé que la volatilité des rentabilités des actifs est variable dans le temps. En particulier, il a été observé que d'importantes (petites) rentabilités suivent d'autres importantes (petites) rentabilités de manière aléatoire (MANDELBROT 1963, FAMA 1965) et que par conséquent, le moyen normal de mesurer la volatilité est le modèle GARCH (ENGLE 1982, BOLLERSLEV 1986)

La connaissance du processus de volatilité devrait permettre aux opérateurs d'améliorer leurs estimations de ratios de couverture au comptant et à terme. PARK et SWITZER (1995) affirment que, si la distribution des prix au comptant et à terme change dans le temps, alors le ratio de couverture constant devient inapproprié. BAILLIE et MYERS (1991) suggèrent alors que les ratios de couverture vont varier dans le temps avec le changement de la distribution conditionnelle entre les prix au comptant et les prix à terme.

Par conséquent, plusieurs auteurs examinent l'aptitude des ratios variables de couverture optimale à surpasser les ratios constants de couverture dans l'efficacité de la réduction de risque. La plupart des recherches sur ces questions concernent les obligations, les actions et les contrats à terme. (CECHETTI et *alii* 1985, PARK et SWITZER, 1995, BUTTERWORTH et HOLMES 2001, BROOKS et *alii* 2002, CHOUDHRY 2003) alors que BAILLIE et MYERS (1991) examinent les variations temporelles des ratios de couverture optimale pour six marchandises.

Le travail de McMillan continue l'étude de ces thèmes et examine si l'utilisation de variations temporelles dans le ratio de couverture optimale améliore la capacité de la couverture à terme à réduire les risques pour six métaux non-ferreux : l'aluminium, le cuivre ; le nickel ; le plomb ; l'étain et le zinc. Les recherches précédentes examinant les données sur ces métaux (BRUNETTI et GILBERT 1995, 1996), ont révélé que la volatilité du marché des métaux est en fait très variable dans le temps et sujette à des fluctuations de court terme dues à des mouvements spéculatifs; alors que les facteurs fondamentaux basés sur la disponibilité physique du métal et la loi de l'offre et de la demande conditionnent la volatilité du marché à long terme. Par conséquent une modélisation de la volatilité du marché des métaux est importante, non seulement parce que la volatilité cause des incertitudes aux producteurs, aux consommateurs et aux détenteurs de stocks par rapport aux revenus, aux coûts et aux marges, mais aussi parce que même si les effets de la volatilité peuvent être contrecarrés à travers des opérations de couverture, des coûts sont inévitablement engagés pour cela. D'où la nécessité de prévisions précises de la volatilité pour mettre en place des stratégies de couverture efficaces.

Mc Milan fait alors des estimations à partir des modèles GARCH et GARCH-X et calcule le ratio de couverture optimale correspondant dont il compare les performances et les caractéristiques de risques avec les ratios de couverture constants et avec des positions non couvertes. L'apport de MC MILLAN est surtout d'avoir montré que le modèle GARCH-X qui intègre l'écart de court terme de la relation de cointégration de long terme dans les équations de variance et covariance , apporte la couverture la plus efficace dans 5 des 6 cas de métaux non-ferreux étudiés.

LIEN et SHRESTHA (2007) font une comparaison de l'efficacité de différents outils de couverture. EDERINGTON (1979) avait proposé de mesurer l'efficacité de la stratégie d'une

couverture à terme par le pourcentage de réduction de la variance du portefeuille couvert par rapport à la variance de la position au comptant. Après cela, cette mesure a largement été adoptée dans la littérature pour comparer différentes stratégies de couverture aussi bien dans le cadre ex-ante qu'ex-post. Précisément, une stratégie de couverture est considérée être meilleure qu'une autre, si elle produit une plus grande efficacité de couverture.

Par définition, la stratégie de la variance minimum est la meilleure stratégie basée sur la comparaison d'efficacité de couverture entre échantillons de données (KRONER et SULTAN 1993, LIEN 2005) à moins qu'il n'y ait un changement structurel à travers l'estimation de l'échantillon

Dans leur travail, Lien et Shrestha examinent 24 séries de données sur différents marchés à terme de marchandises et financiers. Ils comparent l'efficacité de couverture de la stratégie de variance minimale avec celle de la couverture naïve et avec la stratégie de couverture générée par le modèle de correction d'erreurs.

Les séries de données obtenues par Datastream contiennent entre autres 7 séries de données sur les indices boursiers à terme, 2 séries sur des métaux précieux et 5 séries sur des devises.

Pour effectuer les comparaisons de l'efficacité de couverture sur les différents échantillons, les auteurs commencent par estimer les ratios de couverture optimale utilisant l'échantillon.

En premier, ils comparent l'efficacité de couverture de la variance minimum avec la stratégie « naïve ». Ils découvrent que la stratégie naïve surpasse (c'est à dire a un plus petit écart-type) la stratégie de variance minimale pour les indices et les marchés suivants : S&P 500, CAC 40, ALL Ordinary, l'huile de soja, le blé, le café, le pétrole brut et le dollar canadien. Ils en concluent que la stratégie de couverture de la variance minimum est une meilleure stratégie dans 15 des 24 cas.

En second lieu, les auteurs comparent la stratégie de la Variance minimum (VM) avec les ratios de couverture générés par les modèles à correction d'erreurs (CE). Les ratios VM ont une meilleure performance que les ratios CE pour seulement 9 des 24 marchés. Si l'on

retire les marchés sujets à des changements structurels, alors les ratios VM sont une meilleure stratégie dans exactement la moitié des 18 cas restants.

Le travail de Lien et Shrestha se conclut par l'intéressante observation suivante : Pour les six marchés sujets à des changements structurels, la stratégie « naïve » a une meilleure performance que les deux ratios VM et CE.

ALBUQUERQUE (2007) étudie la couverture optimale des monnaies. La globalisation des marchés des marchandises et des capitaux signifie qu'un nombre croissant de firmes ont à prendre des décisions à propos de la couverture de leur position sur leurs échanges extérieurs. Ce besoin est aggravé par l'extrême volatilité des marchés de change.

Il existe un grand nombre de produits dérivés de protection incluant les contrats à terme et les options, qui peuvent être utilisés pour construire une stratégie de couverture. Comment ces instruments interagissent-ils ? Et quelle est la politique de couverture optimale ? Le travail de Rui Albuquerque répond à ces questions à travers différents modèles économiques d'analyse de risque de perte (*Downside risk models*).

Couvrir le risque de perte de change peut aider des banques et d'autres firmes à rester financièrement à flot dans certains contextes de dévaluation monétaire.

L'auteur commence par discuter de deux modèles standards de risque de perte de change compatibles avec la maximisation de la valeur des firmes. Dans un premier temps, il discute d'un modèle de couverture optimale et de choix de structure optimale de capital dans lequel la couverture est inspirée par le désir de réduire les coûts d'une banqueroute potentielle. En second lieu, il analyse le cas d'une société faisant face à un plan de redressement fiscal. Le troisième modèle examine un cas d'aversion au risque de perte (KAHNEMAN et TVERSKY 1979, TVERSKY et KAHNEMAN 1992). Ces trois modèles décrivent l'excès de sensibilité d'une firme à des résultats bas et sont appropriés pour étudier la couverture des risques de perte.

La proposition principale de ce travail est que, contrairement aux idées reçues, dans tous les trois modèles, les marchés à terme des monnaies sont de meilleures couvertures que les options pour se protéger contre les risques de perte, parce que les coûts totaux de transaction

payés pour utiliser les contrats à terme sont plus faibles que ceux payés pour utiliser les options.

Section 3 : Vérification empirique de l'efficacité et de l'optimalité des opérations de couverture sur le marché à terme de l'aluminium de Londres

Cette section est consacrée à divers tests sur les opérations de couverture effectués sur le contrat à terme concernant l'aluminium primaire sur le London Metal Exchange (LME). Il s'agit d'études empiriques sur des couvertures directes. Nous nous intéressons au degré de réduction de risque obtenu à la suite d'arbitrage de couverture de stocks d'aluminium d'une part et du pourcentage optimal de stock à couvrir en vue d'atteindre un tel degré de réduction de risque d'autre part.

Trois paragraphes composent cette section. Le premier paragraphe permet de définir les données et de présenter le modèle standard utilisé. Dans le deuxième paragraphe, les vérifications empiriques sont effectuées. Enfin, le troisième paragraphe est consacré à l'analyse des résultats.

Paragraphe 1 : Présentation des données et du modèle utilisés

A- Définition des données

Nous utilisons dans cette étude deux sortes de données : d'une part la série des prix au comptant ou prix spot (S_t), ce sont les prix du physique ; d'autre part, les séries des prix des contrats à terme (F_t). Ces derniers prix sont aussi appelés prix futurs ou prix à terme. Pour ces prix à terme nous avons considéré les trois échéances pour lesquelles le LME publie les données : les contrats à maturité 3 mois (F_3), les contrats à maturité 15 mois (F_{15}) et enfin les contrats à maturité 27 mois (F_{27}). L'ensemble de ces données (prix au comptant et prix à terme) sont hebdomadaires et libellées en dollars américains. Ces données ont été relevées tous les vendredis de janvier 2001 à décembre 2005. La source de ces données est directement le LME. Chaque série de prix représente 260 données.

B - Le modèle utilisé

Pour les tests d'efficacité et d'optimalité des opérations de couverture sur le contrat aluminium primaire du LME, nous avons choisi, comme cela a été le cas pour la plupart des études mentionnées précédemment, d'utiliser le modèle construit par JOHNSON (1960) et STEIN (1961), puis développé par EDERINGTON (1979). Ce modèle est d'ailleurs devenu le modèle standard.

L'analyse effectuée s'inscrit donc dans le cadre de la minimisation de la variance du portefeuille H_t concernant à la fois le produit physique et les contrats à terme qui le couvrent.

Rappelons le modèle présenté ci-dessus :

Il convient de rechercher la valeur de b qui minimise la variance de H exprimée dans l'équation (49)

$$(49) \quad \underset{b^*}{\text{Min}} \text{Var}(H_t) = \text{Var}(\Delta S_t) + b^2 \text{Var}(\Delta F_t) - 2b \text{Cov}(\Delta S_t, \Delta F_t)$$

$$\text{Sous la contrainte : } E(H_t) = E(\Delta S_t) + bE(\Delta F_t)$$

Avec $\text{Var}(H_t)$ = le risque total du portefeuille contenant les prix spot et à terme mesuré par la variance,

ΔS_t et ΔF_t = les variations respectives des cours spot et à terme,

$E(H_t)$ = la rentabilité anticipée et désirée pour le portefeuille mixte des stocks et des contrats à terme dans la proportion b .

b^* = le ratio de couverture optimale

$$(50) \quad b^* = \frac{\text{Cov}(\Delta S_t, \Delta F_t)}{\text{Var}(\Delta F_t)}$$

Le modèle à régresser est donc:

$$(51) \quad \Delta S_t = a + b\Delta F_t + \varepsilon_t$$

b^* est par définition égal au coefficient de régression ci-dessus. La mesure de l'efficacité de la couverture ou le degré de réduction du risque au travers de l'opération de

couverture notée « e » est le pourcentage de réduction de la variance du portefeuille couvert H^* par rapport à la variance du portefeuille non couvert U .

$$(52) \quad e = 1 - \frac{Var(H^*)}{Var(U)}$$

e est par construction égal au R^2 de la régression.

S'il n'existait pas le risque de base, $\frac{Var(H^*)}{Var(U)}$ serait égal à zéro et l'efficacité de la couverture serait parfaite ($e = 1$)

Paragraphe 2 : Vérifications empiriques

A- Description des tests

Nous conduisons cette étude en trois étapes

Dans un premier temps, nous simulons sur l'ensemble de la période (Janvier 2001 à décembre 2005), des couvertures d'une durée de 1, 2, 3 et 4 semaines. Ainsi, pour les couvertures d'une semaine, une position ouverte un vendredi sera liquidée le vendredi suivant, c'est à dire sept jours plus tard. Pour les couvertures de deux semaines, les positions seront liquidées le deuxième vendredi, soit quatorze jours plus tard. Pour les couvertures de trois et quatre semaines, les positions seront liquidées respectivement vingt et un et vingt huit jours plus tard. Quand la date de clôture de la position coïncide avec un jour férié ou non ouvrable, la couverture n'est pas réalisée, on ignore alors les données et on passe à la couverture suivante. Le choix de durées de couverture de trois ou quatre semaines permet d'effectuer des comparaisons avec les résultats trouvés pour des études antérieures pour lesquelles des durées de couverture similaires sont généralement adoptées.

Ensuite, afin de nous rapprocher des conditions réelles des marchés où les producteurs et les négociants se couvrent sur des durées généralement supérieures à quatre semaines, nous avons simulé des opérations de couverture sur des durées de deux à trois mois⁴⁰. Pour

⁴⁰ Nous remercions monsieur Nicolas Jouglaud Risk manager chez ALCAN Paris de nous avoir informé que la durée de couverture standard des professionnels de l'aluminium sur le LME est de trois mois

ces couvertures de deux et trois mois, nous procédons de même façon que précédemment, c'est à dire que pour les couvertures de deux mois, une position couverte un vendredi sera liquidée huit semaines plus tard ; et pour les couvertures de trois mois, la position couverte un vendredi sera liquidée douze semaines plus tard.

Enfin, toujours dans l'optique de faciliter des comparaisons avec d'autres études et tenir compte de l'effet du volume de transactions sur l'efficacité de la couverture, nous divisons la série entière des données (de janvier 2001 à décembre 2005) en deux sous- séries comportant chacune la moitié des données de la série complète. Nous obtenons donc deux sous périodes de données : de janvier 2001 à Juin 2003 et de Juillet 2003 à décembre 2005.

Dans le tableau suivant nous faisons un récapitulatif du nombre de simulations effectuées pour chaque durée de couverture.

Tableau V-7: Nombre d'opérations de couvertures simulées pour le contrat à terme Aluminium sur le LME

Période Durée de couverture	Janv. 2001- déc.2005	Janv. 2001-déc. 2003	Juil. 2003-déc. 2005
1 semaine	260	129	131
2 semaines	259	128	131
3 semaines	258	127	131
4 semaines	257	126	131
8 semaines (2 mois)	254	123	131
12 semaines (3 mois)	250	118	132

Chacune des couvertures réalisée est dénouée au minimum quinze jours avant la date d'échéance du contrat, de telle sorte que l'on ait des fluctuations de la base encore significatives. Plus on se rapproche de l'échéance, plus on doit s'attendre à ce que les fluctuations s'estompent, puisque la base converge vers zéro.

A chaque fois, trois régressions (entre S_t et F_3 , F_{15} , F_{27}) sont effectuées pour estimer le taux optimal de couverture (b^*), ainsi que le degré de réduction du risque (R^2) obtenu pour la durée de couverture de chaque type de contrat. La régression porte sur le terme suivant :

$$(53) \quad \Delta S_{t,i} = a + b\Delta F_{t,i} + \varepsilon_t$$

où $\Delta S_{t,i}$ et $\Delta F_{t,i}$ représentent respectivement les variations en valeur absolue des prix spot et à terme sur i semaines ($i = 1, 2, 3, 4, 8, 12$).

B- Présentation et solution de quelques problèmes techniques

1-L'analyse de la stationnarité des séries des cours

Les tests de stationnarité effectués sur les séries de prix spot et à terme S_t , F_3 , F_{15} , F_{27} montrent que toutes ces séries brutes sont intégrées d'ordre 1. Par contre ces mêmes tests effectués sur les variations de cours (ΔS_t et ΔF_t) montrent une stationnarité de ces derniers. Le développement du modèle d'Ederington montre que b doit être calculé par rapport aux variations de cours. Les résultats des tests de stationnarité se trouvent en annexe 67.

2- Le problème du chevauchement des données

Pour pouvoir obtenir un grand nombre de simulations, nous avons décidé d'utiliser des données qui se chevauchent.

Concernant les couvertures d'une durée d'une semaine, il n'y a pas de problème de chevauchement. En effet l'utilisation de données hebdomadaires fait que l'ouverture d'une nouvelle position ne peut se faire qu'après la clôture de la position précédente. Ainsi, si on se trouve le vendredi 5 janvier 2001, une position ouverte ce jour là pour une durée d'une semaine sera close le 12 janvier 2001 et simultanément, une seconde position pourra être ouverte ce jour là pour être close une semaine plus tard etc. Il n'y a donc aucun chevauchement dans ce cas.

Par contre pour les durées de 2, 3, 4 semaines et plus, il se pose bien des problèmes de chevauchement des données.

En considérant par exemple les couvertures d'une durée de deux semaines, on aura :

Une position ouverte le 5 janvier 2005 pour deux semaines sera clôturée le 19 janvier 2001 ; entre temps, le 12 janvier aura été ouverte une autre position à clôturer le 26 janvier. On observe donc un chevauchement des données entre le 12 janvier et le 19 janvier. On

observera les mêmes chevauchements pour les couvertures de durée supérieure à deux semaines, où avant la fermeture d'une position, de nouvelles positions sont ouvertes.

Ces chevauchements des données entraînent une autocorrélation de résidus de l'ordre du chevauchement : autocorrélation d'ordre 1 pour les couvertures de 2 semaines, autocorrélation d'ordre 2 pour les couvertures de 3 semaines, jusqu'à l'autocorrélation d'ordre 11 pour les couvertures de 12 semaines (3 mois).

Ces résidus sont autocorrélés du fait de l'agrégation temporelle des résidus individuels qui ne sont pas eux-mêmes corrélés dans le temps. Ainsi, ces résidus (ε_t) suivent un processus de moyenne mobile d'ordre $k-1$, k étant le nombre de semaines en termes de durée de couverture. On remarque l'apparition des autocorrélations à partir des tests du Durbin-Watson (D.W.)

En présence de telles autocorrélations, les estimateurs des moindres carrés ordinaires sont sans biais ; en revanche, les estimations des variances de ces estimateurs sont incorrectes et empêchent d'effectuer des tests de signification corrects.

Une des solutions pour éviter ces problèmes liés au chevauchement des données serait d'effectuer les simulations en évitant les chevauchements. Mais l'inconvénient majeur de cette solution est son coût en termes de données. En effet, l'utilisation de cette solution conduirait à la perte de 3 / 4 des simulations.

L'autre solution est d'effectuer les calculs par la méthode du Maximum de Vraisemblance (M. V.). C'est cette solution que nous avons adoptée. Les estimateurs du Maximum de Vraisemblance sont des estimateurs qui rendent maximale la vraisemblance d'observer l'échantillon de travail connaissant la loi de probabilité de la population dont il est extrait.

Ces estimateurs sont intéressants, car on peut montrer qu'ils sont sans biais. Dans les situations où les autres propriétés analytiques des autres estimateurs ne peuvent être démontrées. Sur des petits échantillons, on a souvent recours aux estimations du maximum de vraisemblance.

Notre problématique s'intéresse au niveau de signification des estimateurs. Nous vérifions que le $\hat{a}$ de la régression n'est pas différent de 0 et que le b^* est statistiquement différent de 0. Rappelons que dans la théorie traditionnelle, ce b^* doit être égal à 1, alors nous vérifions s'il est ou non statistiquement différent de 0.

En résumé, nous souhaitons obtenir pour la relation :

$$\Delta S_t = a + b\Delta F_t + \varepsilon_t$$

- un b^* (taux optimal de couverture) qui soit différent de 0
- un $\hat{a}$ qui soit égal à 0,
- un R^2 (Coefficient de corrélation qui mesure l'efficacité de la couverture) qui soit proche de 1

Il faut aussi souligner que les précisions méthodologiques apportées ci-dessus pour le calcul de F_t sont valables ici aussi

C – Présentation des résultats

Les tableaux V-8, 9 et 10 présentent les résultats obtenus sur des couvertures d'une durée de 1 à 12 semaines pour la période entière étudiée (2001-2005) et pour les sous-périodes (2001-2003 et 2003-2005). Les TABLEAUX V-11- A, 11-B et 11-C présentent les résultats synthétisés. Des sous-périodes ont été déterminées afin de tenir compte de l'effet volume des transactions sur l'efficacité de la couverture, et surtout afin de pouvoir faire des comparaisons avec de précédentes études sur cette efficacité de la couverture, nous avons divisé notre échantillon en deux sous-périodes de deux ans et demi chacune

Tableau V-8: Efficacité et optimalité de la couverture sur la période entière

Janvier 2001 – décembre 2005

$$\Delta St_i = a + b\Delta Ft_i + \varepsilon_t$$

Contrat de maturité		3 mois	15 mois	27 mois	Nombre d'observations
Durée de couverture (i)					
1 semaine	R^2	0,797	0,779	0,765	260
	b^*	1,073	1,426	1,792	
	Tb^*	(31,161)	(29,536)	(28,472)	
	$\hat{a}$	-94,962	-626,168	-1163,885	
	$T\hat{a}$	(-1,762)	(-8,381)	(-12,085)	
2 semaines	R^2	0,837	0,822	0,812	259
	b^*	1,065	1,411	1,761	
	Tb^*	(35,958)	(34,071)	(33,088)	
	$\hat{a}$	-89,637	-610,333	-1125,162	
	$T\hat{a}$	(-1,926)	(-9,493)	(-13,773)	
3 semaines	R^2	0,905	0,887	0,861	258
	b^*	1,052	1,387	1,731	
	Tb^*	(49,394)	(44,769)	(39,762)	
	$\hat{a}$	-76,814	-582,180	-1085,670	
	$T\hat{a}$	(-2,282)	(-12,045)	(-16,198)	
4 semaines	R^2	0,927	0,906	0,877	257
	b^*	1,043	1,370	1,702	
	Tb^*	(57,359)	(49,680)	(42,835)	
	$\hat{a}$	-65,137	-557,722	-1044,024	
	$T\hat{a}$	(-2,262)	(-12,946)	(-17,043)	
8 semaines (2 mois)	R^2	0,948	0,923	0,892	254
	b^*	1,036	1,356	1,681	
	Tb^*	(68,834)	(55,799)	(46,263)	
	$\hat{a}$	-56,777	-539,053	-1013,979	
	$T\hat{a}$	(-2,377)	(-14,174)	(-18,088)	
12 semaines (3 mois)	R^2	0,970	0,942	0,910	250
	b^*	(1,028)	(1,342)	(1,657)	
	Tb^*	91,564	65,314	51,268	
	$\hat{a}$	-47,527	-520,166	-980,606	
	$T\hat{a}$	(-2,661)	(-16,150)	(-19,625)	

Les chiffres entre parenthèses (Tb^* et $T\hat{a}$) représentent le T de Student

**Tableau V-9: Efficacité et optimalité de la couverture sur
la sous- période janvier 2001 – juin 2003**

$$\Delta St_i = a + b\Delta Ft_i + \varepsilon_t$$

Contrat de maturité		3 mois	15 mois	27 mois	Nombre d'observations
Durée de couverture (i)					
1 semaine	R^2	0,309	0,131	0,144	129
	b^*	0,436	0,368	0,530	
	Tb^*	(7,219)	(4,192)	(4,131)	
	$\hat{a}$	761,823	845,364	602,690	
	$T\hat{a}$	(8,937)	(6,671)	(3,215)	
2 semaines	R^2	0,393	0,230	0,195	128
	b^*	0,528	0,515	0,609	
	Tb^*	(8,826)	(5,987)	(5,429)	
	$\hat{a}$	637,951	639,466	498,952	
	$T\hat{a}$	(7,567)	(5,160)	(3,066)	
3 semaines	R^2	0,594	0,444	0,344	127
	b^*	0,773	0,850	0,938	
	Tb^*	(13,484)	(9,970)	(8,078)	
	$\hat{a}$	301,673	166,944	29,139	
	$T\hat{a}$	(3,737)	(1,361)	(0,173)	
4 semaines	R^2	0,681	0,524	0,416	126
	b^*	0,872	0,973	1,086	
	Tb^*	(16,341)	(11,747)	(9,447)	
	$\hat{a}$	164,571	-7,337	-183,473	
	$T\hat{a}$	(2,190)	(-0,061)	(-1,100)	
8 semaines (2 mois)	R^2	0,773	0,606	0,484	123
	b^*	0,967	1,085	1,215	
	Tb^*	(20,750)	(13,924)	(10,874)	
	$\hat{a}$	34,171	-167,141	-366,635	
	$T\hat{a}$	(0,521)	(-1,490)	(-2,264)	
12 semaines (3 mois)	R^2	0,858	0,683	0,551	118
	b^*	1,045	1,182	1,328	
	Tb^*	(27,709)	(16,553)	(12,508)	
	$\hat{a}$	-74,335	-303,454	-529,072	
	$T\hat{a}$	(-1,400)	(-2,955)	(-3,438)	

Tableau V-10: Efficacité et optimalité de la couverture
Sur la sous- période juillet 2003 – décembre 2005

$$\Delta St_i = a + b\Delta Ft_i + \varepsilon_i$$

Contrat de maturité		3 mois	15 mois	27 mois	Nombre d'observations
Durée de couverture (i)					
1 semaine	R ²	0,744	0,726	0,653	130
	b*	1,441	1,161	0,881	
	Tb*	(19,408)	(18,507)	(15,610)	
	â	-551,235	-147,057	262,921	
	Tâ	(-4,645)	(-1,432)	(2,752)	
2 semaines	R ²	0,775	0,752	0,698	131
	b*	1,463	1,200	0,930	
	Tb*	(21,137)	(19,800)	(17,289)	
	â	-605,164	-229,327	163,761	
	Tâ	(-5,426)	(-2,290)	(1,780)	
3 semaines	R ²	0,836	0,828	0,815	131
	b*	1,235	1,467	0,978	
	Tb*	(25,684)	(24,868)	(23,766)	
	â	-306,305	-626,229	62,441	
	Tâ	(-3,819)	(-6,540)	(0,875)	
4 semaines	R ²	0,865	0,862	0,853	131
	b*	1,224	0,983	1,451	
	Tb*	(28,871)	(28,484)	(27,428)	
	â	-295,065	46,389	-606,447	
	Tâ	(-4,158)	(0,773)	(-7,051)	
8 semaines (2 mois)	R ²	0,900	0,891	0,871	131
	b*	0,991	1,223	1,441	
	Tb*	(34,253)	(32,546)	(29,604)	
	â	26,272	-299,038	-596,853	
	Tâ	(0,520)	(-4,740)	(-7,520)	
12 semaines (3 mois)	R ²	0,932	0,925	0,918	131
	b*	0,985	1,424	1,219	
	Tb*	(41,399)	(39,853)	(37,999)	
	â	29,686	-582,267	-299,081	
	Tâ	(0,719)	(-9,955)	(-5,547)	

Tableau V-11 – A : Efficacité de la couverture et taille du risque couvert. Période entière (2001-2005)

	Contrat de maturité	3 mois		15 mois		27 mois	
Durée de couverture	Risque de variation des changements des prix spot $\sigma(\Delta S_t)$	b*	R ²	b*	R ²	b*	R ²
1 semaine	69,218	1,073	0,797	1,426	0,779	1,792	0,765
2 semaines	75,916	1,065	0,837	1,411	0,822	1,761	0,812
3 semaines	81,297	1,052	0,905	1,387	0,887	1,731	0,861
4 semaines	86,716	1,043	0,927	1,370	0,906	1,702	0,877
8 semaines	101,170	1,036	0,948	1,356	0,923	1,691	0,892
12 semaines	114,074	1,028	0,970	1,342	0,942	1,657	0,910

Tableau V-11 –B : Efficacité de la couverture et taille du risque couvert. Sous- Période (janvier 2001-juin2003)

	Contrat de maturité	3 mois		15 mois		27 mois	
Durée de couverture	Risque de variation des changements des prix spot $\sigma(\Delta S_t)$	b*	R ²	b*	R ²	b*	R ²
1 semaine	59,255	0,436	0,309	0,368	0,131	0,530	0,144
2 semaines	62,169	0,528	0,393	0,515	0,230	0,609	0,195
3 semaines	63,797	0,773	0,594	0,850	0,444	0,938	0,344
4 semaines	64,391	0,872	0,681	0,973	0,524	1,086	0,416
8 semaines	73,876	0,967	0,773	1,085	0,606	1,215	0,484
12 semaines	78,321	1,045	0,858	1,182	0,683	1,328	0,551

**Tableau V-11 – C : Efficacité de la couverture et taille du risque couvert.. Sous-Période
(juillet 2003-Décembre 2005)**

	Contrat de maturité	3 mois		15 mois		27 mois	
Durée de couverture	Risque de variation des changements des prix spot $\sigma (\Delta S_t)$	b*	R ²	b*	R ²	b*	R ²
1 semaine	51,295	1,441	0,744	1,161	0,726	0,881	0,653
2 semaines	69,158	1,463	0,775	1,200	0,752	0,930	0,698
3 semaines	73,867	1,235	0,836	1,467	0,828	0,978	0,815
4 semaines	79,249	1,224	0,865	0,983	0,862	1,451	0,853
8 semaines	91,388	0,991	0,900	1,223	0,891	1,441	0,871
12 semaines	97,518	0,985	0,932	1,424	0,925	1,219	0,918

Paragraphe 3 : Analyse des résultats obtenus

L'essentiel des résultats est présenté dans les TABLEAUX V-11-A, 11-B et 11-C à partir desquels nous pouvons faire un certain nombre d'analyses.

Nous pouvons faire les remarques suivantes :

1° - La taille du risque de variation des cours $\sigma (\Delta S_t)$ contre lequel on se protège croît en fonction de la durée de couverture. Par exemple dans le TABLEAU V-11-A qui présente les résultats de la période entière (2001-2005), cette taille varie de 69,218 pour les couvertures d'une semaine de durée à 114,074 pour les couvertures de trois mois.

Dans le même temps, on observe que pour chaque maturité de contrat, l'efficacité de la couverture (R²) augmente avec la durée de la couverture. Par exemple dans le TABLEAU V-11- A, pour les contrats de trois mois de maturité, le R² passe de 0,797 pour les couvertures d'une semaine de durée à 0,970 pour les couvertures de trois mois. On peut donc affirmer qu'il existe une relation positive entre l'efficacité de la couverture et la taille du risque. Ainsi, lorsque la volatilité des changements de prix $\sigma (\Delta S_t)$ est faible, l'efficacité de la couverture (R²) reste elle aussi faible. En revanche, plus le risque de changement de prix apparaît élevé, plus la couverture paraît efficace. C'est pourquoi SIMON (1981) affirme que les marchés à terme ne remplissent véritablement leur rôle dans la gestion de risque que face à des variations de prix d'une grande amplitude.

2° - On remarque aussi que dans tous les cas de couverture de cette étude, l'efficacité de la couverture diminue avec l'éloignement de la maturité du contrat. Par exemple dans le tableau V-11-A, pour les couvertures d'une semaine de durée, le R^2 est passé de 0,797 pour les contrats de maturité 3 mois, à 0,779 pour les contrats de 15 mois et 0,765 pour les contrats de 27 mois de maturité. Pour DA SILVA (1986), la diminution du R^2 avec l'éloignement de l'échéance a une explication : « Ce résultat observé par ailleurs sur tous les marchés, s'explique par le fait que l'arbitrage entre le prix d'un contrat à terme et celui de la marchandise physique est de plus en plus coûteux et de moins en moins efficace avec la durée de vie du contrat. Les risques encourus sur les contrats à terme sont aussi fonction de leur durée de vie »

3° - En ce qui concerne le ratio optimal de couverture (b^*), il varie selon la durée de couverture et la nature du contrat de façon différente et sans aucune logique précise. Cette conclusion est la même que celle de DA SILVA (1986) et TITALOM (1996). Elle est toutefois différente de la conclusion de NJIKI (1994) et de DIARRA (1994) qui constatent une augmentation du ratio de couverture avec la durée de couverture.

4°- Afin de tenir compte de l'effet volume des transactions sur l'efficacité de la couverture, et surtout afin de pouvoir faire des comparaisons avec de précédentes études sur cette efficacité de la couverture, nous avons divisé notre échantillon en deux sous-périodes de deux ans et demi chacune (janvier 2001 à juin 2003 et juillet 2003 à décembre 2005).

On remarque que le risque de variation des cours spot ($\sigma(\Delta St)$) a diminué de façon remarquable pour les deux sous-périodes comparées à la période entière. Ce qui semble traduire le fait que la taille du risque contre lequel on désire se protéger est plus petite avec une période de couverture plus courte. Quant aux R^2 , ils sont beaucoup plus faibles pour la sous-période 2001-2003 que sur la sous-période 2003-2005 ; les R^2 de cette dernière sous-période supportent la comparaison avec ceux de la période entière 2001-2005. Ceci peut s'analyser comme nous l'avons dit précédemment par la relation positive entre la taille du risque et l'efficacité de la couverture ; en effet la petite taille du risque de variation des cours pour la sous-période 2001-2003 semble pouvoir expliquer les R^2 plus faibles de cette sous-période.

5°- Pour terminer avec cette analyse des résultats, il semble intéressant de comparer les résultats obtenus sur le LME pour le contrat aluminium avec ceux obtenus sur d'autres marchés à terme de matières premières en utilisant le modèle standard d'Ederington.

Tableau V-12 : Comparaison de l'efficacité de couverture mesurée par diverses études sur les marchés à terme de matières premières par la méthodologie de Ederington

Produits (Marchés)	Contrats à maturité rapprochée	R ² obtenus	
		2 semaines	4 semaines
(1) Blé (C.B.O.T)	2 à 6 mois	0,89	0,92
(1) Maïs (C.B.O.T.)	2 à 6 mois	0,60	0,67
(2) Huile de palme (Kuala Lumpur)	1 mois	0,91	0,96
(3) Café (Paris)	1 mois (1987-1988)	0,35	0,73
	1 mois (1989-1990)	0,48	0,68
(4) Cacao (Paris)	3 mois (1987- 1990)	0,61	0,74
(5) Sucre blanc (Paris)	3 mois (1988-1993)	0,69	0,83
Aluminium (LME)	3 mois (2001-2005)	0,837	0,927
(1) Ederington (1979)	(3) Diarra (1994)	(5) Titalom (1996)	
(2) Da Silva (1986)	(4) Njiki (1994)		

On peut constater que pour les couvertures de 2 à 4 semaines sur les contrats de maturité rapprochée, l'efficacité de couverture du marché à terme de l'aluminium de Londres est meilleure que celle des marchés de Chicago pour le blé et le maïs et de Paris pour le café, le cacao et le sucre blanc ; mais cette efficacité est moindre que celle du marché à terme de l'huile de palme de Kuala Lumpur. On pourrait toutefois émettre des réserves sur la pertinence d'une comparaison de marchés de marchandises de nature aussi différentes que celui des métaux et ceux de produits agricoles.

Si l'on considère que le seuil d'efficacité minimale est de 50% ($R^2 = 0,5$), seuil en deçà duquel les professionnels se détourneraient d'un marché en raison de son inefficacité, nous pouvons affirmer que **le London Metal Exchange joue parfaitement bien son rôle d'instrument de gestion des risques de variation des prix de l'aluminium.**

CONCLUSION DU CHAPITRE 5

Ce chapitre était consacré à l'étude des opérations de couverture. L'objectif était de vérifier si le LME pour le contrat à terme aluminium assumait bien sa fonction économique de gestion contre le risque de volatilité des prix au comptant.

Notre étude de cette question a été introduite par l'analyse des mécanismes des opérations de couverture. De nombreux modèles ont été présentés permettant d'expliquer la technique de la couverture optimale utilisable sur les marchés à terme de marchandises et de produits financiers.

Nous avons emprunté une méthodologie issue des travaux de JOHNSON (1960), STEIN (1961), EDERINGTON (1979) et d'autres. Avec cette méthodologie, nous avons pu estimer à partir d'une régression linéaire, l'efficacité et l'optimalité d'une couverture directe sur le marché à terme de l'aluminium de Londres. La période d'étude choisie couvre de janvier 2001 à décembre 2005. Des couvertures d'une durée d'une à douze semaines ont été simulées sur des contrats de maturité 3 mois, 15 mois et 27 mois.

L'analyse des résultats obtenus montre un taux de réduction du risque satisfaisant (R^2 variant entre 0,765 et 0,970 sur la période 2001-2005). Nous observons que l'efficacité de la couverture (R^2) décline avec l'échéance de maturité du contrat et croît avec la durée de couverture. Quant aux coefficients optimaux de couverture (b^*), ils sont tous égaux à 1 au seuil $\alpha = 5\%$, de ce fait, on peut conclure à une couverture optimale (couverture à 100%).

La comparaison des performances de couverture du LME à celles des autres marchés à terme des marchandises révèle un niveau très satisfaisant de couverture concernant le contrat aluminium à Londres. Le tableau V-12 a montré qu'un R^2 de 92,7% caractérisait l'efficacité de la couverture sur le contrat à terme de 3 mois au LME ; aucun des autres contrats à terme présentés dans ce tableau ne fait mieux en terme d'efficacité de couverture, à l'exception du contrat un mois sur l'huile de palme à Kuala Lumpur (0,96). Cette efficacité de la couverture du LME dépend elle-même de l'utilisation que les opérateurs font des informations sur les évolutions des prix au comptant et à terme et surtout de la capacité des opérateurs à prévoir ces évolutions. On peut donc dire que le LME permet une couverture efficace des transactions

sur l'aluminium, parce que la fonction d'information de ce marché est satisfaisante comme nous l'avons montré au chapitre précédent.

CHAPITRE 6

L'EFFET STABILISATEUR DES MARCHES A TERME SUR LES PRIX AU COMPTANT : LE CAS DE L'ALUMINIUM SUR LE LME

INTRODUCTION

Ce chapitre aborde incontestablement le point crucial sur lequel se focalisent essentiellement les débats sur le rôle des marchés à terme dans la gestion des cours des marchandises. La stabilité des prix est en effet au cœur des débats sur les marchés de matières premières. Des voix s'élèvent très souvent pour réclamer la nécessité de stabiliser les prix des matières premières autour de leur tendance à long terme afin d'assurer aux différents intervenants une visibilité du marché qui permette des prévisions par rapport aux coûts et recettes futures.

Des griefs sont adressés aux activités spéculatives que l'on accuse d'être à l'origine des fluctuations indésirables des prix des matières premières. Les partisans de cette vision soutiennent que les activités spéculatives accroissent la volatilité des prix non pas dans le sens désiré qui serait de transmettre aux prix toute la volatilité sous-jacente aux conditions économiques, mais plutôt dans un sens négatif, à savoir que si la spéculation était interdite, la variabilité des prix du physique serait moindre sans que pour autant les ressources ne s'en ressentent.

La finance moderne enseigne au contraire que la spéculation sur les marchés à terme bien organisés et réglementés est bénéfique et tend à stabiliser les prix. Les spéculateurs prêtent désormais attention aux conditions économiques actuelles et futures et assument les risques des mouvements de prix à venir. Comme l'a montré ROCKWELL (1967), leur profit dépend non seulement de leur capacité à prévoir les mouvements de prix sur les marchés, mais aussi de leur habileté à prévoir les prix avec précision.

Pourtant, sur le plan empirique, la vérification de l'hypothèse de stabilisation est difficile comme le montrent aisément les résultats trouvés par les uns et les autres. Généralement, on compare la volatilité des cours d'un même produit entre deux sous-périodes : l'une en l'absence de marché à terme l'autre en sa présence. Bien que personne ne conteste l'idée de cette comparaison en elle-même, sa mise en application pose des problèmes liés à la nature des sciences de gestion en tant que discipline. En effet à l'opposé des expériences en laboratoire, il nous est impossible d'observer simultanément la volatilité des cours de l'aluminium en présence et en l'absence d'un marché à terme. Cette limite est de taille puisqu'on ne saurait affirmer avec exactitude que les modifications de cours observées sont uniquement imputables aux marchés à terme avec leur lot d'activités spéculatives. Les phénomènes de sympathie qui existent entre des produits substituables et leurs marchés respectifs compliquent également l'analyse. Il est donc

toujours un peu délicat de vouloir prétendre cerner avec précision l'incidence de la spéculation sur un marché précis, tant sont importants et nombreux les phénomènes périphériques. C'est dans cet état d'esprit que nous abordons l'étude de la fonction stabilisatrice du London Metal Exchange (LME). Nous précisons encore une fois, que le chercheur se devrait d'aborder cette question avec une certaine dose d'humilité.

La première section présente la situation d'osmose entre les marchés au comptant et à terme et explique leur interdépendance. La deuxième section présente les arguments théoriques sur le rôle stabilisateur ou déstabilisateur des marchés à terme. Dans la troisième section nous effectuons une vérification empirique de l'effet stabilisateur du LME sur les cours de l'aluminium

Section 1 : Marchés spot, marchés à terme et rôle controversé de la spéculation

L'interaction entre les marchés à terme et au comptant est aujourd'hui largement admise. Les opérations d'arbitrage en couverture d'actifs font appel aux deux marchés. Même si les interventions des hedgers ne se traduisent pas en général par la livraison de marchandise, cette possibilité demeure. SIMON (1981) pense que cette possibilité de livraison établit une passerelle entre les marchés au comptant et à terme et permet une évolution identique dans leurs grandes tendances des prix sur les deux marchés. Une autre raison de l'existence de cette interaction tient au fait qu'à la date de maturité du contrat à terme, le prix de ce dernier est égal au prix observé sur le marché au comptant. Si les prix à terme sont artificiellement hauts ou bas, les prix au comptant le seront aussi. Les acheteurs et les vendeurs sur le marché du physique vont sans le savoir, transiger à des prix inefficients et incorrects et ceci va avoir des effets sur la redistribution inéquitable de la richesse. Ce deuxième point explique l'influence que les spéculateurs peuvent avoir sur le prix du physique, même si par définition, ils n'interviennent que sur le terme. Il est donc clair que la nature du mécanisme de transmission des prix est double puisqu'elle est liée à des comportements de hedging et de spéculation.

Paragraphe 1 : L'interaction entre les marchés spot et à terme

A- L'influence des opérations de couverture

Les marchés à terme permettent les opérations de couverture en tant que substituts pour des transactions au comptant et à échéance différée (*forward*). Ce mécanisme permet de passer d'un marché à l'autre ; en l'occurrence de celui du physique à celui du terme lorsque les conditions sont jugées défavorables sur le premier. En se tournant vers le marché à terme, les hedgers retirent les pressions potentielles du marché du physique et influencent les prix du physique. En clair, aussi longtemps que le prix prévalant sur le marché spot ne sera pas jugé satisfaisant pour un échangiste, ce dernier aura toujours la possibilité d'arbitrer sa position en intervenant sur le marché à terme. Ce recours au marché à terme a une incidence sur la volatilité des prix du physique. Cette pression que l'on retranche ainsi du marché du physique n'est pas pour autant transférée au marché à terme parce qu'il existe sur ce marché des opérateurs particuliers (des

scalpers) qui profitent de ce genre de situation et qui, ce faisant, facilitent la demande en couverture.

La couverture s'effectue en fonction de plusieurs paramètres (degré d'aversion pour le risque, anticipation des prix...). Par l'intermédiaire du coût de l'opération de couverture (coût du *hedge*), les prix à terme influencent les prix spot. Cette relation découle de l'ajustement de la position physique en fonction de l'indicateur que représente le prix à terme.

Le coût de la couverture se mesure par l'écart qui existe à un moment donné entre le prix à terme et le prix spot, c'est-à-dire la base. En fonction du coût du hedge et des anticipations d'évolution des prix, le hedger fait un choix sur la proportion de stock de marchandises qu'il va couvrir. STEIN (1961) ; ALIBER (1964). Si le coût de la couverture est élevé, le détenteur de stocks va immédiatement vendre une partie de ses stocks (exerçant de ce fait une pression à la baisse sur les prix spot) et il va couvrir tout ou fraction de l'autre partie, par une vente de contrat à terme (exerçant de ce fait une pression à la baisse sur les prix à terme). En revanche, si le coût de la couverture diminue, la demande des hedgers pour les contrats et l'offre immédiate de physique vont diminuer, exerçant ainsi une pression à la hausse des prix spot.

D'après ALIBER (1964), une diminution du coût de couverture entraîne un déclin des ventes de la part des détenteurs de stocks de marchandises sur le marché spot, amplifie les tendances haussières et limite les tendances baissières des prix sur le marché du physique. De même, si le coût de couverture est négatif, le détenteur du stock essaiera de freiner encore plus ses ventes immédiates sur le marché au comptant, ce qui aura toujours comme résultat d'exercer une pression à la hausse sur les prix spot.

B- L'influence des opérations de spéculation

Cette influence découle de l'analyse que nous venons de faire au sujet des activités de couverture. Nous avons montré que le coût de couverture ou tout simplement la base était déterminante dans la décision de stocker, de déstocker ou de se couvrir ou non (dans l'hypothèse d'un hedging sélectif). Or la base étant la différence entre le prix à terme et le prix au comptant, la spéculation affecte ce dernier par l'intermédiaire dudit écart dans la mesure où les prix « futurs » sont des prix spéculatifs.

Toute la polémique autour des marchés à terme tourne essentiellement autour de cette deuxième influence des activités spéculatives sur les prix au comptant. La spéculation est approuvée par certains mais vivement critiquée par d'autres ; dans tous les cas, elle est un des thèmes les plus controversés du management des marchés financiers. Mais les attaques dont elle fait l'objet témoignent d'une connaissance insuffisante de son rôle et de ses fonctions.

Par ailleurs, la volatilité a été étudiée par la finance comportementale qui n'insiste pas elle, sur l'explication de cette volatilité par la spéculation, mais plutôt par l'irrationalité des agents.

Paragraphe 2 : Le rôle controversé de la spéculation sur les marchés à terme

Pendant longtemps, on a considéré que les marchés à terme étaient gouvernés par la spéculation. La couverture joue certainement un rôle fondamental pour les marchés à terme, elle en justifie même l'existence ; mais le rôle de la spéculation n'en est pas moins fondamental, puisqu'elle garantit le bon fonctionnement de ces marchés, même si elle peut être à l'origine des désordres qui quelquefois s'y manifestent. La spéculation est ambiguë et sujette à de vives controverses dans la littérature financière.

A - fonctions et rôle de la spéculation :

1- Le rôle de la spéculation :

Deux grandes catégories d'opérateurs interviennent généralement sur les marchés à terme : Les hedgers et les spéculateurs. Les marchés à terme ne sont donc pas purement spéculatifs.

Un marché sur lequel seuls interviennent les hedgers est souvent considéré comme un marché *Forward*. Sur un tel marché on est souvent confronté à un problème d'asymétrie de couverture. Dans ce cas, les coûts de couverture du fait de leur importance relative, pourraient obliger les hedgers courts à préférer au marché la solution qui consisterait à prendre un risque sur le produit physique en le détenant sans recourir à la technique du hedging. Selon D. KAMDEM (1986), une telle attitude aboutirait à la fermeture du marché dans un bref délai.

Les spéculateurs sont indispensables au bon fonctionnement des marchés à terme, car ils prennent en charge le risque de prix dont veulent se débarrasser les hedgers. Ils ont également pour mission d'apporter au marché la liquidité sans laquelle il ne pourrait survivre et se développer⁴¹. Ils entretiennent un flux important d'achats et de ventes qui évitent de trop importantes fluctuations de prix. Leur présence accroît les transactions et diversifie les intérêts en présence. L'action des spéculateurs améliore la situation des hedgers sur au moins deux points : en premier lieu, ils peuvent opérer dans de bonnes conditions grâce à la liquidité du marché ; en second lieu, les opérations spéculatives en réduisant le déséquilibre entre achats et ventes à terme, réduisent aussi les coûts de couverture.

En résumé, sur un marché à terme doivent coexister les opérations de spéculation et de hedging. Ces deux opérations étant liées, le marché ne peut fonctionner en l'absence d'intérêts spéculatifs.

2- Les fonctions de la spéculation

Pour BILET (1984), les fonctions essentielles de la spéculation sont au nombre de quatre :

a- Le transfert de risque

Le transfert de risque est la fonction classique qu'assume la spéculation. Ceci a été mis en évidence par HICKS et KEYNES (1930). En assumant cette fonction, la spéculation permet le transfert de risque du producteur au spéculateur par le biais de l'opération de couverture. Les spéculateurs se substituent aux compagnies d'assurance et acceptent de supporter le risque qu'aucune de celles-ci ne peut couvrir, puisque les risques individuels ne sont pas indépendants. Le transfert de risque entraîne quelques fonctions annexes :

- L'identification des risques commerciaux grâce à la collecte d'informations au sujet de l'offre et de la demande et des coûts de distribution des différentes marchandises.

⁴¹ Yves Simon 1986 p.60

- Les opérations de spéculations qui permettent, en fournissant de la liquidité aux marchés à terme, de participer au transfert global du risque du secteur productif vers le secteur spéculatif ⁴²

b- L'unicité du prix

Les spéculateurs peuvent obtenir des gains au travers des arbitrages spatiaux et temporels. Ces arbitrages permettent à la spéculation de servir d'instrument de convergence des prix ou d'atténuation de la divergence. La fonction d'unicité du prix empêche les producteurs de s'entendre dans leur recherche de profit et améliore la transparence des marchés. Les activités de spéculation indiquent à tous, professionnels ou non professionnels leurs opinions sur le niveau des prix dans le futur (aspect informationnel).

En définitive, la fonction d'unicité des prix est basée sur la supposition selon laquelle, sur tout marché bien organisé tend à prévaloir un seul prix en un lieu et en un instant donné. Cette uniformité de prix n'est rendue possible que grâce à l'intervention des spéculateurs qui, en essayant de réaliser des profits à partir des inégalités de prix, travaillent à unifier les prix sur une base temporelle et sur une base spatiale.

c- La stabilisation de la fluctuation des prix

Les opérations de spéculation permettent de stabiliser les écarts saisonniers en réduisant le différentiel qui prévaut entre les prix pendant les périodes d'abondance et de pénurie de l'offre par le biais des arbitrages. Ceci peut se comprendre de la manière suivante concernant les produits agricoles. Lorsqu'au moment des récoltes les cours sont bas, les spéculateurs achètent et leurs achats massifs font monter les prix. En période de pénurie, les cours devraient monter, les ventes des spéculateurs ont un effet modérateur sur la hausse des prix. En anticipant sur l'état de l'offre et de la demande future, les spéculateurs sont amenés à acheter et à vendre ultérieurement à découvert. Ce mécanisme spéculatif permet de stabiliser en partie les fluctuations de prix d'une part, et d'autre part à ramener les prix à un niveau où ils devraient être dans un futur proche. Enfin, la spéculation permet de reporter les stocks de produits d'une période de surplus à une période de pénurie.

⁴² Da Silva 1986 p.290

d - L'évolution des prix futurs

Cette fonction constitue un véritable paradoxe. On s'attend à ce que la spéculation révèle le prix spot futur, de sorte que la divergence entre le prix à terme et le prix spot tende à diminuer sensiblement. Cette attente est importante, puisque les prix à terme, lorsqu'ils sont bien anticipés, peuvent constituer de bons outils au niveau de la planification, en permettant l'introduction de mécanismes de certitude. Cependant, une spéculation qui annulerait une telle divergence s'autodétruirait. En effet, c'est l'imperfection entre les prévisions (prix à terme) et les réalisations (prix spot futurs) qui attire les spéculateurs et rend leurs gains et pertes possibles.

Le coté positif des fonctions de la spéculation n'est pas unanimement reconnu, d'où des critiques nombreuses et vives.

B – Les critiques de la spéculation.

Les critiques adressées à la spéculation sont de deux ordres : Les critiques d'ordre moral et les critiques d'ordre économique.

1 – Les critiques d'ordre moral.

Cette catégorie de critiques assimile la spéculation à un jeu de hasard⁴³ et considère que la spéculation constitue une façon non économique d'utiliser les ressources de la société. Les profits des spéculateurs sont considérés comme ne récompensant aucune peine. A ce sujet, PERELEVADÉ (1966) écrit « Il ne peut être plus risqué, mais sûrement moins fatigant d'être spéculateur que producteur ». Les critiques considèrent aussi que les prix déterminés par la rencontre des offres et des demandes spéculatives ne tiennent nullement compte des besoins de ceux qui en seront affectés, notamment des producteurs.

2 - Les critiques d'ordre économique.

⁴³ Irwin (1939) montre cependant que la possibilité de livraison sous jacente à la vente à découvert fait en sorte que cette dernière ne peut être assimilée à un jeu de hasard.

Ce genre de critique insiste sur l'action déstabilisatrice de la spéculation sur les prix. Les adversaires de la spéculation font valoir qu'il est plus aisé d'accepter de vendre ce que l'on ne possède pas que ce que l'on détient. Cette offre spéculative abondante favorisée par la possibilité du «*short selling*», a un effet baissier sur les prix et entraîne une exploitation des producteurs par les spéculateurs. Les critiques affirment de plus que les offres fictives de la spéculation déséquilibrent le marché et ont un effet déflationniste sur les prix dans la mesure où elles augmentent artificiellement l'offre alors que les forces représentatives du marché sont en équilibre.

DA SILVA (1986) résume en trois points les réponses apportées à ces critiques :

- D'abord, l'hétérogénéité des anticipations des spéculateurs montre que ceux-ci ne prennent pas tous les mêmes positions vendeuses.
- Les études empiriques tendent à montrer que les gains des spéculateurs ne sont pas significatifs.
- Enfin, chaque vendeur à découvert doit devenir un acheteur pour liquider son contrat. Sa situation d'acheteur sur le marché à terme fait augmenter le prix et annule l'hypothétique effet déflationniste.

Section 2 : Les thèses stabilisatrices et déstabilisatrices des marchés à terme

Deux conceptions s'opposent fortement concernant l'opportunité de recourir aux marchés à terme pour la gestion des cours des matières premières. La première conception considère que la spéculation dans des marchés bien réglementés et organisés est bénéfique et tend à stabiliser les prix. Quant à la deuxième conception, elle considère que les marchés à terme engendrent plus d'instabilité des cours en raison de la forte activité spéculative qui leur est associée.

Le débat théorique est ancien et les arguments statistiques nombreux des deux cotés.

Paragraphe1 : Les origines du débat

Le débat autour du caractère stabilisateur ou déstabilisateur de la spéculation trouve son origine dans une critique de FRIEDMAN (1953) adressée à NURKSE au sujet de l'ouvrage de ce dernier publié en 1944 et qui avait pour thème la spéculation sur les taux de change flexible. L'auteur affirmait que compte tenu de l'expérience de l'entre-deux guerres, on pouvait s'attendre à ce que la spéculation soit en général déstabilisatrice.

Friedman soutenait au contraire que « les agents qui prétendent que la spéculation est déstabilisatrice réalisent rarement que ce qu'ils disent est équivalent à affirmer que les spéculateurs perdent de l'argent, puisque la spéculation ne peut être déstabilisatrice qui si les spéculateurs vendent quand le bien est bon marché et achètent quand il est cher ».

Les arguments de Friedman semblent relever de la stricte logique : On ne peut pas vendre quand les prix sont bas et racheter quand ils sont élevés. C'est donc à cette condition logique que la spéculation est stabilisatrice.

BAUMOL (1957) a de son côté montré que contrairement à ce que soutenait Friedman, une spéculation bénéficiaire pouvait être déstabilisatrice.

Baumol pose comme hypothèse qu'en l'absence de spéculation, les prix sur le marché sont parfaitement réguliers et d'amplitude constante. Il soutient par ailleurs l'idée selon laquelle les spéculateurs ne sont pas en mesure de prévoir les points de retournement des cours et en conséquence, on peut s'attendre à ce qu'ils s'engagent dans le marché lorsque le point de retournement a été atteint. En termes plus clairs, si les spéculateurs ne peuvent pas précisément prévoir l'évolution des prix, ils peuvent cependant identifier les tendances et agir avec une période de retard, en achetant ou en vendant. Le spéculateur va de ce fait se porter acheteur en $t+j+1$ une période après le début de la phase de hausse des prix et vendeur en $t+i+1$ une période après le début de la phase de baisse des prix.

Pour Baumol, il est évident que si les spéculateurs se comportent d'après ce schéma ils stabilisent les prix en ce sens qu'en achetant à un bas prix et en vendant à un prix supérieur, ceci exerce une pression à la hausse et inversement. Mais il lui apparaît aussi clairement que

ce schéma peut aussi avoir une influence déstabilisante sur les cours dans la mesure où l'action des spéculateurs va accélérer les tendances à la hausse et à la baisse.

TELSER (1959) critique la position de Baumol et s'aligne sur celle de Friedman. Pour lui, « Une théorie de la spéculation qui ne peut pas expliquer les points de retournement est aussi inutile qu'une théorie des cycles économiques qui ne pourrait pas expliquer pourquoi l'inflation et la récession apparaissent et disparaissent ».

Paragraphe 2 : Les arguments en faveur des thèses déstabilisatrices des marchés à terme

En 1981 YVES SIMON reconnaît des dérapages sur le fonctionnement des marchés à terme. Il constate en effet que sur certains marchés, les transactions effectuées par les spéculateurs sont nettement plus importantes que celles effectuées par les industriels, les commerçants, transformateurs et autres arbitragistes en couverture d'actifs. Ceci implique que les spéculateurs interviennent entre eux et non plus en tant que contrepartie à des opérations de couverture. Dans certaines circonstances fréquentes sur plusieurs marchés, conclut Simon, les spéculateurs peuvent accentuer les mouvements de prix, car leur influence peut devenir ponctuellement prépondérante.

STEIN (1984) admet aussi qu'une spéculation excessive ou irrationnelle peut provoquer une distorsion dans les prix spot. Certaines conditions critiques (telle que par exemple des structures d'organisation primitives) doivent cependant être réunies pour faciliter une telle influence déstabilisatrice. Le spéculateur irrationnel est défini comme un échangiste non informé au sujet des facteurs économiques fondamentaux ou qui poursuit des stratégies d'échange irrationnelles.

BADILLO et DALOZ (1986) font observer que les anticipations des spéculateurs ne sont pas toujours rationnelles et peuvent dans certains cas devenir cumulatives dans le sens qu'une hausse survenue à un moment donné devient alors un signe annonciateur d'une hausse supplémentaire à venir. Cette forme de spéculation qualifiée de « maligne » se traduit sur le marché par des mouvements excessifs par rapport aux fluctuations exigées par les conditions fondamentales et qui sont capables de retournements violents.

EDWARDS (1985) mentionne le cas des transactions techniques qui sont perçues comme génératrices de déstabilisation. La prédominance et le volume de transactions techniques sur les marchés à terme d'aujourd'hui ont contribué à accroître la volatilité des cours. Le recours des gérants de Fonds Mutuels spécialisés dans les matières premières à des stratégies d'intervention basées sur des signaux techniques est considéré comme responsable de cette situation. Ces méthodes chartistes peuvent provoquer des dérapages de prix à cause de leur effet d'entraînement (« band wagon effect »). En effet si tout le monde achète et vend sur la base du même signal (cas d'homogénéité des anticipations), alors il y aura inévitablement des pressions à la hausse ou à la baisse des prix. De plus, les prix peuvent être manipulés sur de courtes périodes par des échangistes qui essaient de les orienter au travers de signaux de vente ou d'achat, dans le but de créer la panique auprès d'autres échangistes que l'on peut qualifier de suiveurs (followers).

KAWAI (1983) se démarque des idées précédentes et émet l'idée que l'introduction des marchés à terme tend à stabiliser les prix spot si les perturbations stochastiques affectant la demande du produit sont plus importantes que celles qui influencent son offre ou sa demande de stockage (*inventory demand*). Si par contre l'une des deux dernières composantes (choc aléatoire sur l'offre ou demande de stockage) est prédominante, alors les transactions à terme pourraient déstabiliser les prix spot. L'incidence stabilisatrice ou déstabilisatrice est donc liée à l'origine des fluctuations aléatoires sur les prix de la marchandise.

BRITTO (1984) a émis des objections sur les travaux de Kawai à qui il a reproché entre autre d'avoir supposé que la durée de vie d'un contrat à terme est égale au laps de temps séparant deux récoltes dans le cas des produits agricoles. De plus le stockage est prépondérant pendant l'intervalle de temps entre deux récoltes successives (du moins pour les produits saisonniers et stockables). Il est donc difficile d'apprécier correctement l'impact des transactions à terme sur le prix du physique lorsque l'on postule une égalité entre la durée de vie des contrats et celle séparant deux récoltes. Le modèle de Britto est à trois périodes. La période 0 est celle de la récolte dont une partie est consommée et le reste stocké et disponible pour la période 1. Les prix au cours de cette période 0 pendant laquelle on cote le prix à terme pour la période 1, sont sujets à une incertitude : celle de la demande. La période 2 est celle de la prochaine récolte et les prix non encore connus, seront sous l'emprise de deux incertitudes : les aléas de l'offre et de la demande.

A partir de ce cadre multipériode, Britto tire les conclusions suivantes :

- les prix à terme cotés en période 0 pour livraison en période 1 excèdent les prix spot de la période 0 d'un montant égal aux coûts marginaux de stockage.
- Les prix spot espérés pour la période 1 à partir des informations courantes de la période 0 sont supérieurs aux prix à terme de la période 0 ayant pour échéance la période 1 : (déport normal)
- Les transactions à terme affectent la quantité stockée en période 0 et donc le niveau de consommation en période 1. Si un tel effet est positif, c'est à dire que l'on stocke une plus grande quantité de la récolte pour la période ultérieure, alors les transactions à terme se traduisent par une réduction des fluctuations de prix spot en ce sens qu'il y a diminution de l'écart positif entre le prix spot espéré pour la période 1 et le prix spot courant. Si par contre l'effet sur le stockage est négatif (moins grande proportion de récolte stockée pour la période ultérieure ou même déstockage), alors les transactions à terme augmentent les fluctuations du prix spot.

SLADE (1991) a été la première à étudier l'influence des formes d'organisation de marché sur la variabilité des prix des métaux. Elle a soutenu avec force l'idée que le passage dans les années 80 d'une organisation des marchés dominée par les prix producteurs à une organisation centralisée dominée par les prix de marché a fortement contribué à une variabilité accrue du prix des métaux. Elle écrit : « L'accroissement de la variabilité des prix des métaux dans les dernières décennies (1980) est entièrement explicable par le changement dans les variables de structure et d'organisation des marchés ». Slade avance que la variabilité des prix de marché est due à l'activité spéculative induite par les faibles marges exigées par le LME, le marché dominant dans le commerce à terme des métaux.

BRUNETI et GILBERT (1995) réagissent à l'analyse de Slade. Ils distinguent trois catégories d'explications aux changements dans la volatilité des marchés de métaux :

- 1° Les considérations informationnelles. L'arrivée d'informations sur le marché conduit à des ajustements de prix au fur et à mesure que les agents du marché évaluent les implications de ces informations
- 2° Le hedging et la pression spéculative. L'accroissement de l'activité d'une catégorie d'agents, par exemple les spéculateurs, force les prix à s'ajuster de telle sorte que l'autre catégorie d'agents, par exemple les hedgers doivent s'adapter à l'augmentation des positions spéculatives.

- 3° La disponibilité physique du métal. Quand il y a pénurie dans un métal, un changement dans la demande va avoir un plus grand impact sur les prix que quand les offreurs sont nombreux.

Les deux premières explications sont communes à l'ensemble des marchés financiers, alors que la troisième explication, physique, concerne spécifiquement les marchés de biens où les stocks peuvent descendre très bas. Bruneti et Gilbert soutiennent que la plupart des variations à moyen terme des prix des métaux non ferreux sur le LME s'expliqueraient par des facteurs physiques (fondamentaux). Ceci ne signifie pas que les facteurs informationnels et la pression spéculative sont absents de ces marchés. Les auteurs suggèrent simplement que ces derniers facteurs ont seulement un impact à court terme.

MC MILLAN et SPEIGHT (2001) prolongent les analyses de BRUNETI et GILBERT (1995). Rappelons que ces derniers auteurs distinguaient pour expliquer la volatilité des prix des métaux, les facteurs physiques et la loi de l'offre et de la demande d'une part et l'explication financière d'autre part avec des facteurs tels que l'information, le hedging et l'activité spéculative. Les facteurs financiers expliquent la volatilité à court terme alors que les facteurs fondamentaux expliquent la volatilité sur un horizon plus long. Mc.Millan et Speight étudient la volatilité à long terme et la volatilité à court terme, cette dernière n'ayant pas été suffisamment étudiée. Ils utilisent le «modèle à composantes» de ENGLE et LEE (1999) qui décompose la variance conditionnelle en volatilité à long terme et en volatilité à court terme.

Les réserves sont donc nombreuses sur le caractère stabilisateur des marchés à terme et de la spéculation sur les prix au comptant. A ces réserves on peut ajouter le fait que les arguments d'efficience évoqués au profit de l'effet stabilisateur ne prouvent pas de façon irréfutable que la spéculation stabilise les prix. Les mouvements de prix déstabilisateurs peuvent tout aussi bien être imprévisibles et provoqués par des spéculateurs amateurs, qui en moyenne perdent de l'argent et sont contraints de se retirer du marché et sont continuellement remplacés par d'autres, tout aussi inaptes qu'eux. De plus, les faibles taux de *deposit* encourageant l'intervention d'opérateurs inexpérimentés peuvent engendrer une spéculation déstabilisatrice.

Toutes ces études théoriques qui font état d'une déstabilisation possible, sont corroborées par des vérifications empiriques. Mais avant de présenter ces dernières, une remarque s'impose.

La volatilité des prix est à priori mauvaise pour l'économie ; elle réduit par exemple la capacité des fabricants à prévoir leurs cash flows, leur imposant ainsi des coûts. Mais l'idée qui veut que les grandes variations de prix soient nuisibles dans le sens qu'elles réduisent le bien-être économique n'est pas toujours vérifiée. EDWARDS (1985) rapporte que l'ouverture du marché à terme de l'énergie s'est accompagnée d'une plus grande variabilité des prix au comptant parce que les cotations à terme ont détruit quelques-uns des pouvoirs de monopole détenus par les grandes compagnies pétrolières dans le passé. Avec le marché à terme les prix ont commencé à être déterminés par négociation concurrentielle et non par décret. En conséquence, les prix sont devenus plus volatiles en reflétant mieux les modifications des forces de l'offre et de la demande. L'introduction de prix compétitifs sur un marché monopolistique peut donc entraîner une variabilité plus grande des prix, sans que cette dernière ait un effet négatif sur le bien-être.

Paragraphe 3 Les arguments théorique de l'effet stabilisateur des marchés à terme

Dans la littérature, plusieurs auteurs se sont intéressés à la question de savoir si la spéculation stabilisait ou déstabilisait les prix spot. Les principales contributions sont dues à SMITH (1830), MILL (1921), FRIEDMAN (1953), BAUMOL (1957), TELSER (1959), FARREL (1966), SAMUELSON (1971), GROSS et YAMEY (1978), HART et CREPS (1986), LEVASSEUR et CHOE (1988) ...

Plusieurs arguments plaident en faveur d'une conception stabilisatrice de la spéculation :

- Les marchés à terme sont un centre de compensation de l'information collectée par les spéculateurs qui, de par la vitesse d'utilisation et de diffusion de cette information, contribuent à une réduction de la taille des variations des prix.

- Plus il y a de spéculateurs sur le marché à terme, plus il est probable que les erreurs de prévision se compensent et influencent les transactions du physique affectant ainsi les fluctuations du cours sur le marché.
- Les spéculateurs en servant de contrepartie aux hedgers permettent à ces derniers de passer d'un marché à l'autre, en l'occurrence de celui du physique à celui du terme, lorsque les conditions sont jugées défavorables sur le premier. En se tournant vers le marché à terme, les négociants retirent des pressions potentielles sur le marché du physique et donc réduisent les variations de prix.
- Le prix de la marchandise physique a un contenu anticipatif lié aux conditions économiques et aux variables fondamentales mais il reflète également les tensions momentanées liées à la rareté accidentelle de marchandises de telle ou telle qualité, aux difficultés de transport et de façon générale à tout un ensemble de facteurs imprévisibles tenant à la situation du moment et sans intérêt quant à l'avenir. La spéculation en permettant aux professionnels de couvrir leurs transactions physiques, joue un véritable rôle de transfert spéculatif de la marchandise vers les contrats à terme et ce recours au terme se traduit par un effet modérateur sur la volatilité des prix du physique.
- Si la spéculation avait pour effet de déstabiliser les prix, de les rendre non conforme à l'évolution anticipée du marché, en produisant des mouvements qui en augmentent la volatilité, les spéculateurs responsables de tels mouvements à contre-courant encourraient en moyenne des pertes. Ces pertes réduiraient le nombre de spéculateurs à ceux qui savent comment gagner et à terme, ceux qui sont responsables de prévisions déstabilisatrices disparaîtraient. (Argument de survie).

Ces facteurs de stabilisation de la spéculation tournent autour de la fonction d'information des spéculateurs. C'est en effet de la fonction informative des prix à terme que peut découler un éventuel effet régulateur.

Paragraphe 4 : les évidences statistiques

A- Les réserves empiriques émises sur l'effet stabilisateur des marchés à terme

Peu d'études sur les marchés à terme ont montré l'effet déstabilisateur de ceux-ci.

LABYS et THOMAS (1975) ont réalisé une étude portant sur neuf produits traités sur les marchés à terme de marchandises de Londres et de New York au cours de la période 1970-1973 (cacao, café, sucre, caoutchouc, cuivre, étain, plomb, zinc et argent). Cette étude a fortement nuancé les conclusions généralement favorables aux marchés à terme.

Le principe de base de l'analyse a consisté à mettre en relation un indice d'instabilité à partir des variations de prix et un indice de spéculation qui est caractérisé par le rapport entre le niveau des opérations à terme et la taille des transactions au comptant. Les calculs laissent apparaître des corrélations significatives mais très différentes selon les cas. Les résultats indiquent qu'à Londres les maxima et les minima de l'indice d'instabilité correspondent souvent à des minima et à des maxima du coefficient de spéculation. A l'exception de l'argent, le pourcentage de correspondance entre les maxima et les minima varie de 50% à 78%. La relation entre le volume des transactions et l'indice d'instabilité des prix est du même ordre de grandeur.

La question se pose de savoir pourquoi les corrélations diffèrent dans des proportions importantes d'un produit à l'autre. Il semblerait que certaines marchandises (cacao, café, sucre, cuivre) attirent particulièrement des spéculateurs inexpérimentés qui ont tendance à réagir plus rapidement par des achats ou des ventes à tout changement sensible de prix, ce qui explique pourquoi il y a plus de chance de constater pour ces produits particuliers, un rapport relativement plus étroit entre les fluctuations de prix et les variations de volume de transactions.

De la façon dont elle a été menée, cette étude ne peut rien suggérer d'autre que l'existence d'une relation entre l'activité spéculative et l'instabilité des prix.

TOMEK (1980) apporte une étude qui nuance l'effet stabilisateur des marchés à terme sur les prix au comptant. Il commence son étude par une critique des méthodologies

généralement utilisées pour mesurer l'impact des marchés à terme sur la volatilité des cours du physique. Il fait remarquer que les deux périodes généralement utilisées, à savoir celle sans marché à terme et celle avec un marché à terme, ne sont pas stationnaires. L'hypothèse que les changements observés soient uniquement attribuables à la présence des marchés à terme est discutable.

Le deuxième problème que soulève Tomek est celui de la période de l'échantillon à sélectionner. Les marchés à terme en effet, ne deviennent opérationnels qu'avec le temps et avec la taille des contrats, ceux-ci restant faibles pour plusieurs années après l'ouverture du marché (période d'acclimatation). La question est donc de savoir quelle période étudier.

A partir de ces réserves, Tomek entreprend une étude semblable à celle de POWERS (1970) et de COX (1976), mais portant sur le marché à terme du bétail et du porc. L'originalité de ce travail tient au fait que la période 'avec marché à terme' n'inclut pas les premières années d'opérations de celui-ci.

Le modèle qu'il retient est celui utilisé par Powers

$$(1) \quad P_t = S_t + \varepsilon_t$$

où P_t , S_t et ε_t représentent respectivement le prix du physique au temps t , sa composante systématique et l'élément aléatoire.

L'introduction d'un marché à terme devrait influencer les deux éléments S_t et ε_t . Pour une marchandise stockable, l'existence du terme peut améliorer la répartition des stocks et partant, réduire la variance de la composante saisonnière du prix, mais la saisonnalité elle-même n'est pas pour autant éliminée. Tomek a aussi essayé de mesurer le même phénomène en se servant du modèle autorégressif élaboré par Cox.

$$(2) \quad P_t = b_0 + \sum_{j=1}^n b_j P_{t-j} + U_t$$

Les « lags » ou décalages observés sont respectivement de 12 ($j = 1, \dots, 12$) pour le bétail et de 19 pour le porc. La troisième méthodologie sur laquelle Tomek fonde son

raisonnement est celle de la régression avec les variables « dummy ». En effet, il postule la présence d'effets saisonniers, d'où le modèle suivant :

$$(3) \quad P_{ij} = \alpha_0 + \alpha_i + \beta t + \varepsilon_{ij}$$

où α_i est le coefficient mesurant l'effet saisonnier ($i = 1, 2, \dots, 12$)

Pour apprécier la saisonnalité, Tomek a divisé ses données en 12 classes représentatives des différents mois de l'année.

Lorsqu'il compare les résultats (coefficient de variation des prix) des trois modèles, pour chacune des deux sous-périodes (avec et sans marché à terme), il tire les conclusions suivantes :

Lorsque les résultats des années sans marché à terme sont rapprochés de ceux succédant immédiatement à l'apparition des marchés à terme, les coefficients de variation déclinent ; ce qui confirme les travaux de WORKING (1960) , POWERS (1970), TOMEK et GRAY (1970), TAYLOR-LEUHOOLD (1974), COX (1976) , DA SILVA (1986), NJIKI (1994), DARRAT et RAHMAN (1995), FIGUEROLA et GILBERT (2001) et va dans le sens d'un effet stabilisateur du marché à terme.

En revanche, lorsque la comparaison porte sur une période autre que celle immédiatement postérieure à l'apparition des marchés à terme, ces coefficients de variation augmentent, ce qui confirmerait l'hypothèse du pouvoir déstabilisateur des marchés à terme et abonderait dans le sens de LABYS ET THOMAS (1975) et de SLADE (1991).

Cependant, quand il exclut l'année 1973, les coefficients de variation sont presque identiques sur les deux sous- périodes.

L'apport majeur de Tomek est que les marchés à terme semblent ne pas avoir d'effet mesurable sur la composante aléatoire du prix du bétail et du porc ; et cette constatation ne dépend pas du modèle utilisé ; ceci pouvant s'expliquer par le fait que l'information sur le marché du physique serait déjà de très bonne qualité avant l'introduction du marché à terme. Certaines agences gouvernementales publient des indications voire des prévisions sur les prix du marché et sur les facteurs susceptibles d'affecter l'état de l'offre et la demande, rendant

négligeable l'effet des transactions à terme sur l'information et donc sur les fluctuations des prix. C'est ce qui expliquerait peut-être aussi le fait que les résultats de Tomek soient si sensibles à la période retenue : La qualité des prévisions des agences gouvernementales n'étant pas de performance égale d'une période à une autre.

B- Quelques résultats d'études statistiques

En 1958, le congrès américain interdisait les transactions à terme sur les oignons, car il leur était reproché d'avoir amplifié les variations des cours des produits physiques. Des études empiriques très sérieuses effectuées à la suite de cette interdiction montrèrent que les marchés à terme n'avaient pas la responsabilité qu'on leur imputait. Pour mener des comparaisons adéquates WORKING (1960) a distingué les onze années précédant la seconde guerre mondiale pour lesquelles il n'y avait pas de marché à terme, des neuf années allant de 1950 à 1958 caractérisées par une forte activité d'arbitrage en présence d'un marché à terme. L'analyse comparée de la variabilité des prix à ces deux époques aboutit à des conclusions cohérentes à savoir qu'en présence d'un marché à terme, on constate une réduction de l'écart entre les prix extrêmes à l'intérieur d'une saison et une réduction de l'amplitude des fluctuations d'une saison à l'autre.

TOMEK et GRAY (1970) ont mené une étude similaire sur les pommes de terre et leurs conclusions permettent de généraliser les conclusions de Working aux marchandises dont la production n'est pas saisonnière.

POWERS (1970) a démontré que le prix des carcasses de porcs a moins fluctué pendant les années 1962- 1965 en présence d'un marché à terme, que pendant les périodes 1958-1961, à l'époque où il n'y avait pas de transaction à terme. Il obtient les résultats similaires quand il compare les variations de prix des bœufs vivants pendant différentes périodes se distinguant par la présence ou l'absence d'un marché à terme. Dans chacun des cas, le modèle utilisé est le suivant :

$$(14) \quad P_t = S_t + \varepsilon_t$$

Où P_t : prix du bien considéré en période t

S_t : composante systématique du prix tenant compte des variations économiques fondamentales

ε_t : variable aléatoire non liée aux conditions économiques

Powers décompose le prix ou plutôt la variation de ce dernier en variables économiques et en variables aléatoires non liées aux conditions économiques.

TINTNER (1940) fait la distinction importante entre la composante « systématique » ou « naturelle » du prix d'une matière première et sa composante « aléatoire ». En effet, les marchés à terme ne peuvent avoir un effet stabilisateur sur les prix du physique que dans la mesure où ils contribuent à annuler ou tout au moins à amoindrir la composante aléatoire des prix. Par contre, ils sont impuissants par définition, à influencer la partie systématique du prix, liée aux fluctuations fondamentales de l'offre et de la demande.

TAYLOR et LEUTHOLD (1974) prolongent les travaux de Powers. Ils émettent l'idée selon laquelle le commerce à terme laisse subsister l'influence des composantes fondamentales liées à l'offre et à la demande, mais permet de réduire l'influence de certains phénomènes conjoncturels en prenant à sa charge l'instabilité qui en résulte. Ils ont examiné l'effet des transactions à terme des bœufs vivants du Chicago Mercantile Exchange sur les variations des prix annuels, mensuels et hebdomadaires du physique. L'horizon de temps couvre une période de seize ans, soit huit ans avant l'ouverture du marché de 1957 à 1964 et huit ans après de 1965 à 1971. Les prix du physique retenus proviennent de deux sources : Le marché du physique de Chicago et celui d'Omaha. Leur approche repose sur l'observation de la variance des trois séries de prix sur chacun des deux marchés. Ils concluent à une baisse de la variabilité annuelle qui toutefois n'est pas significative. Cependant, ils notent une baisse significative de l'instabilité des cours observée sur les chroniques mensuelles et hebdomadaires lorsque les situations des mois de livraison sont traitées de façon distincte de celle des autres mois. Leur étude démontre en effet que, le marché à terme, parce qu'il améliore potentiellement l'information du marché, réduit les coûts de transaction et ceux de mise en marché (marketing costs) en transférant les risques et en facilitant les adaptations aux conditions anticipées du marché. Il modifie par la même occasion la performance des prix du physique. Ceci n'est vrai qu'à l'intérieur d'une période n'excédant pas celle de la durée des contrats. C'est pourquoi la baisse observée sur les variations annuelles ne paraît pas significative.

Le marché à terme serait un modérateur de prix dans la mesure où, en instituant un système de quasi-assurance, il entraînerait une limitation du niveau des prix. En réduisant l'instabilité des charges de ceux qui y ont recours et en introduisant des éléments de certitude dans le mécanisme de formation des prix, le niveau de ceux-ci s'en trouverait amoindri.

COX (1976) se démarque des méthodologies utilisées jusque là par ses prédécesseurs. Dans sa tentative de mesure de l'effet d'information des marchés à terme, Cox retient la relation existant entre les transactions à terme, l'information du marché et les prix du physique. Il développe un modèle qui analyse cet effet d'information des transactions à terme. Son idée essentielle part du principe que l'effet des prix des marchés à terme résulte d'un changement dans l'état des anticipations des prix faites par la firme. Ces prix anticipés sont fonctions des transactions courantes au sujet de l'offre et de la demande. Ils sont par conséquent le reflet de l'information qui n'est ni complète, ni parfaitement précise et l'introduction des transactions à terme peut affecter l'état de ces anticipations. Celles-ci vont s'améliorer par la venue sur le marché d'une catégorie particulière de participants : Les spéculateurs. En effet, leur revenu dépendra essentiellement de leur habileté à collecter et à évaluer l'information en vue de prévisions plus exactes. Ce faisant, ils rendent service au marché en améliorant la qualité de l'information qui y circule. Il faut néanmoins rappeler que les études faites pour vérifier la capacité prédictive des spéculateurs ne sont pas concluantes. Certains pensent que les spéculateurs sont de simples amateurs non informés, attirés par le jeu et n'améliorant nullement la qualité de l'information sur le marché. Cependant, il semble que cette remarque ne soit vraie que pour les petits spéculateurs.

La deuxième raison pour laquelle il faut croire que les transactions à terme peuvent améliorer la qualité de l'information de l'investisseur concerne le coût de transaction. Ceci s'opère par la centralisation des transactions. L'information éparse de l'offre et de la demande est concentrée sur une même place et est reflétée par un prix unique.

Pour vérifier cette efficience à la fois allocationnelle (amélioration des anticipations, intégration des informations dans les prix) et opérationnelle (réduction des coûts de transactions), Cox considère un marché avec les caractéristiques suivantes :

$$(15) \quad C_t = \beta_0 - \beta P_t - e_t \quad (\text{consommation})$$

$$\begin{aligned}
(16) \quad S_t &= Y_0 + Y P_t && \text{(production)} \\
(17) \quad L_t &= \alpha_0 + \alpha (P_{t+1} - P_t) && \text{(offre de stockage)} \\
(18) \quad C_t + L_t &= S_t + L_{t-1} && \text{(équilibre du marché)}
\end{aligned}$$

Où C_t est la quantité consommée au temps t
 S_t , le niveau de production au temps t
 L_t , le niveau de stockage au temps t
 P_t , le niveau du prix du physique observé au temps t
 P_t^e et P_{t+1}^e , le prix anticipé au temps t et $t+1$ respectivement
 ε_t , le résidu de la régression partie non expliquée de C_t
 $\beta_0, \beta, Y_0, Y, \alpha_0, \alpha$ étant des paramètres déterminés par la régression

Dans ce système d'équations, Cox retient un modèle de formation du prix qui obéit à un processus auto régressif,

$$(19) \quad P_t = b_0 + b_j P_{t-j} + U_t$$

Il faut remarquer que le modèle de formation des prix de Cox ne suit pas un random-walk, du moins l'auteur ne le postule-t-il pas à priori. Les changements de prix s'expliquant selon lui aussi bien par des facteurs systématiques que par des facteurs aléatoires. (Voir Powers). Les premiers sont dus aux coûts de stockage tandis que les seconds sont attribuables aux aléas qui affectent la demande. Par conséquent, les changements successifs de prix ne sont pas indépendants. Ce qui infirme l'hypothèse du random-walk, même si toutes les informations courantes sont reflétées dans le prix du marché.

La vérification empirique de cette démarche a porté sur six produits, à savoir, les oignons, les pommes de terre, les carcasses de porc, les porcs sur pieds, le bétail sur pieds et le concentré du jus d'orange. Leurs prix ont été observés sur des périodes sans et avec marché à terme. Le modèle utilisé implique que lorsque certains agents économiques n'ont pas encore pris connaissance des informations les plus récentes du marché, le prix courant de ce marché sera égal à une combinaison linéaire du prix passé plus une composante aléatoire.

A partir de son modèle, et des attentes théoriques ainsi formulées, Cox démontre que pour tous les produits étudiés les marchés à terme ont amélioré le niveau d'efficacité des marchés spot en facilitant l'insertion de l'information disponible dans les prix. A l'évidence ce phénomène va dans le sens d'une réduction de l'instabilité.

BILET (1984) a comparé le prix spot du marché du gas-oil sur le marché de Rotterdam avant et après la création de l'International Petroleum Exchange (IPE), c'est à dire en avril 1981. Il a mesuré la variance et l'écart type des moyennes mensuelles des prix spot du gas-oil (Rotterdam) du début 1979 à mars 1981, soit 27 observations (Période sans marché à terme) et du mois d'avril 1981 à fin octobre 1982 soit 19 observations (période avec marché à terme). Ses résultats montrent qu'il y a eu une réduction de la variance entre les périodes considérées ; ce qui semble indiquer le fait que la création de l'IPE s'est traduite par un effet stabilisateur sur les prix du gas-oil. Lorsqu'il compare la moyenne des prix des deux sous périodes, il constate l'absence de mouvements tendanciels contradictoires. On peut donc dire que les deux périodes sont stationnaires, d'où la validité de la comparaison des variances.

DA SILVA (1986) a étudié l'effet stabilisateur du marché à terme de l'huile de palme de Kuala Lumpur (Malaisie). La méthodologie utilisée se démarque de celle de ses prédécesseurs. Partant de l'hypothèse selon laquelle les données ne sont généralement pas stationnaires : existence des « trends in mean » et « in variance », il propose de résoudre ce problème (soustraction des trends in mean et in variance), en utilisant les différences premières des cours, ainsi que les différences premières de leurs logarithmes. Cette approche lui permet non seulement d'isoler la composante aléatoire des cours sur laquelle seront effectués les tests, mais aussi de stationnariser la série étudiée.

Les séries de prix spot utilisées concernent deux marchés, le marché du spot de Kuala Lumpur et le marché spot de Rotterdam. Pour le marché de Kuala Lumpur, la série de prix spot est journalière et couvre la période allant de janvier 1980 à décembre 1983. L'ouverture de la bourse malaise étant intervenue en octobre 1980, cette année est retenue comme témoin de ce qui se passait avant l'existence de transactions à terme. Les années 1981, 1982, 1983 servent à vérifier l'hypothèse stabilisatrice des transactions à terme. Pour le marché de Rotterdam les données sont mensuelles et couvrent la période allant de 1979 à 1983. Les deux séries portent sur la même qualité d'huile de palme brute en provenance de Malaisie.

Chacun de ces deux groupes ('témoin et expérimental'), est soumis au même traitement qui consiste à isoler la composante aléatoire de la série.

Les résultats de l'étude à travers une approche ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) supportent la thèse de l'effet stabilisateur du marché à terme de Kuala Lumpur.

DIARRA (1994) et NJIKI (1994), font sur les marchés du café et du cacao de Paris, des études similaires à celle de Da Silva. Les données sont hebdomadaires pour les deux études mais les périodes sont différentes.

Pour l'étude de Diarra sur le marché à terme du café, la période 1953-1954 est celle 'avant marché à terme' et la période 1955-1956 constitue la période 'après marché à terme'.

Quant à l'étude de Njiki, sur le marché parisien du cacao, les années 1960- 1962 sont retenues comme témoin de ce qui se passait avant l'existence du marché à terme, tandis que celles de 1963 à 1966 serviront à vérifier l'hypothèse que le marché à terme a stabilisé les cours au comptant.

Après avoir stationnarisé les séries par les méthodes DF et DFA, Diarra et Njiki appliquent la méthode des filtres ARIMA. Ils aboutissent aux mêmes conclusions après leurs analyses des marchés respectifs du café et du cacao, à savoir que les transactions à terme réduisent la volatilité des prix spot.

DARRAT et RAHMAN (1995) examinent la question de savoir si les marchés à terme sont réellement responsables de la volatilité ' anormale ' des cours des bourses de valeur. Une des évolutions récente dans la finance a été le développement du commerce à terme des indices (index futures). Deux des caractéristiques des indices à terme qui les rendent populaires auprès des investisseurs sont d'une part, que les prix des indices à terme sont très fortement liés avec les indices au comptant ; ce qui permet aux hedgers de réduire leur risque ; d'autre part que les titres d'indice à terme sont relativement peu chers. Ces deux caractéristiques des indices à terme sont très utiles pour des programmes d'investissement. Cependant, ces mêmes caractéristiques ont conduit à attribuer la volatilité des cours des

bourses de valeur, au commerce à terme, ce qui a conduit à des appels à plus de régulation du marché.

Sur la base de statistiques du Chicago Mercantile Exchange de mai 1982 à juin 1991, Darrat et Rahman utilisent les tests à variables multiples de Granger en comparaison avec le critère de prédiction d'erreur finale (FPE) d'Akaike, pour tester l'hypothèse de volatilité anormale (Jump volatility) des cours des bourses de valeur. Les résultats empiriques de leurs études suggèrent que le commerce à terme n'est pas la force qui se trouve derrière l'épisode de volatilité anormale des cours de bourse. Les auteurs attribuent celle-ci à la volatilité de la structure à terme des taux d'intérêt (volatility of the term structure).

FIGUEROLA et GILBERT (2001) examinent si le commerce sur le marché à terme de l'aluminium a conduit à une augmentation ou à une réduction de la variabilité des ''prix des transactions''. Pour ces auteurs, les producteurs et les consommateurs de métaux sont plus concernés par les prix auxquels ils établissent les contrats (Ce sont les prix de transactions), plutôt que par les prix de liste annoncés par les producteurs ou les prix de marché en tant que tels. Pour eux, le fait que les prix de marché soient plus variables que ne l'étaient les prix de liste n'a pas directement de rapport avec commerce boursier ('exchange trading').

Les auteurs voudraient connaître l'effet des transactions à terme sur la variabilité des prix de transaction de l'aluminium. Toutefois, il est difficile d'obtenir les prix de transaction réels de l'aluminium du fait de leur confidentialité. Les auteurs considèrent alors que les prix publiés par la revue *Metal Bulletin* devraient être considérés comme des mesures sous-jacentes des prix réels de transaction de l'aluminium.

Figuérola et Gilbert affirment que la variabilité des prix en tant que telle n'est pas importante. Même si les prix sont plus variables sous le régime actuel des prix de marché qu'ils ne l'étaient sous le régime des prix producteurs, les entreprises peuvent aujourd'hui utiliser les marchés à terme liquides pour compenser ce risque. Dans la pratique toutefois, le hedging est coûteux, en raison des commissions à supporter et des divers autres coûts ; mais aussi parce que le hedging exige du temps de gestion. Et comme l'a montré JORION (1997), il peut entraîner de nouveaux risques. Une fois que tout ceci est pris en compte, la variabilité apparaît comme un problème sérieux.

Les auteurs mesurent la volatilité comme l'écart type des taux de rendement (« *The standard deviation of price returns* ») sur chaque mois pour lequel ils possèdent des données chiffrées. Ils utilisent le modèle de régression GARCH pour estimer la variance. Ils représentent d'abord graphiquement les volatilités annuelles entre 1970 et 2000 du prix de l'aluminium. On remarque qu'il n'y a pas de trend décelable, mais les périodes de grande volatilité sont évidentes au milieu des années 1970, au début des années 1980 et particulièrement à la fin des années 80.

Les auteurs représentent ensuite les déviations standards intra annuelles des cours de l'aluminium du COMEX, du LME et les cours publiés par les revues *Metal Week* et *Metal Bulletin*. Les quatre estimations de volatilité racontent largement la même histoire sur les périodes sur lesquelles les chiffres sont conjointement disponibles. Les volatilités du LME et des cours publiés par Metal Bulletin paraissent converger sur la plus grande partie des années récentes alors que la volatilité des données de la revue Metal Week divergent plus de la tendance générale. Les deux premières séries de prix traduisent un comportement européen, alors que la dernière série traduit le comportement américain. La volatilité du COMEX est plus divergente par rapport à la tendance générale, probablement serait-ce la conséquence de la faible liquidité liée à ce contrat.

Les auteurs testent la question de savoir si les transactions boursières ont accru la variabilité des prix de l'aluminium publiés par la revue Metal Bulletin en mettant en œuvre un F test de la variance avant et après introduction du marché à terme de l'aluminium. Ceci se fait en utilisant d'abord les écarts types annuels calculés à partir des *variations* de cours mensuels et ensuite, la procédure est répétée en utilisant les estimations de volatilité mensuelle GARCH.

La volatilité accrue apparaît comme entièrement due à la grande volatilité observée sur les matières premières dans les années 80. La volatilité dans les années 80 est plus grande que celle des années 70. La fin des années 80 apparaît comme étant une période anormale de haute volatilité. Si on ignore cette période, la volatilité du prix de l'aluminium apparaît comme ni plus élevée, ni plus faible qu'avant l'introduction du marché à terme.

Les quelques études dont nous venons de rappeler les conclusions n'offrent pas de démonstration irréfutable de l'efficacité ou de l'inefficacité des marchés à terme au regard de

la question de la stabilisation des prix sur les marchés au comptant, dans la mesure où elles ne permettent pas de conclure avec certitude qu'ils réduisent ou amplifient l'instabilité des cours des matières premières. Ces études ne donnent pas de façon claire une information sur le problème crucial de la stationnarité des données. La persistance de cette interrogation appelle et justifie de nouvelles contributions. Elle exige par ailleurs que des méthodologies plus fines et mieux adaptées soient utilisées pour d'une part rendre les sous-périodes plus comparables et d'autre part isoler davantage la composante aléatoire des prix. C'est ce que nous nous proposons de faire dans la section 3 à partir du marché à terme de l'aluminium.

Revue des tests empiriques sur l'effet stabilisateur des marchés à terme

Auteurs	Sous périodes étudiées	Marché	Modèle	Résultats observés avec le marché à terme
WORKING (1960)	1929-1939 et 1950-1959	Oignons	Comparaison de la variance totale des prix	Réduction de la variance des prix
POWERS (1970)	1958-1961 et 1962-1965 1961-1964 et 1965-1968	Carcasse de porcs Bœufs sur pieds	$P_t = S_t + \varepsilon_t$ + élément aléatoire Prix = Composante économique	Réduction de la variance de la composante aléatoire des prix
TAYLOR ET LEUTHOLD (1974)	1957-1964 et 1965-1971	Bœufs sur pieds	Comparaison de la variance Des séries hebdomadaires mensuelles et annuelles de chaque sous- période	Baisse significative de la variance hebdomadaire et mensuelle
LABYS ET THOMAS (1975)	1970-1973	Café, cacao, sucre, caoutchouc, cuivre, étain, plomb zinc, argent	Mise en relation d'un indice d'instabilité et d'un indice de spéculation ; test sur la signification des coefficients de corrélation	Corrélation significative mais très différente selon les produits
COX (1976)	1949-1964 1964-1971 1949-1966 1966-1970	Bœufs sur pieds, oignons, carcasse de porcs, porcs sur pieds, pommes de terre, concentré de jus d'orange	$P_t = B_0 + \sum_{t=1}^n B_t - 1 + E_t$	Amélioration du niveau d'efficacité des marchés spots
TOMEK (1980)	1955- 1964 et 1969-1977	Bétail sur pieds	Test des alternances des signes des coefficients et leur baisse dans le temps Modèle avec une variable «dummy » $P_{ij} = \alpha_0 + \alpha_1 + \beta_t + \varepsilon_{ij}$	Les marchés à terme n'ont pas d'effet mesurable sur la composante aléatoire (ε_{ij}) des prix spots

Revue des tests empiriques sur l'effet stabilisateur des marchés à terme (suite)

Auteurs	Sous périodes étudiées	Marché	Modèle	Résultats observés avec le marché à terme
DA SILVA (1984)	1980 et 1981-1983 1979-1980 et 1981-1983	Huile de palme	Comparaison de la variance de la composante aléatoire des prix à travers le modèle ARIMA appliqué aux prix spot	Effets modérateurs sur la composante aléatoire des prix
SLADE (1991)	1970-1986	Aluminium, cuivre, Plomb, nickel, Argent, zinc	Analyse de la variance	Moins de stabilité en présence de marché à terme
NJIKI (1994)	1960-1962 et 1963-1966	Cacao	Application du modèle de Powers (1970)	Réduction de la variance de la composante aléatoire des prix
DIARRA (1994)	1953-1954 et 1955-1956	Café	Application du modèle de Powers	Réduction de la variance de la composante aléatoire des prix
DARRAT ET RAHMAN (1995)	1982-1991	Index Futures	Test des variables multiples de Granger	La volatilité des cours boursiers n'est pas due aux marchés à terme
TITALOM (1996)	1960-1964 et 1964-1967	Sucre blanc	Méthodes ARIMA et GARCH	Baisse de la volatilité
FIGUEROLA ET GILBERT (2001)	1970-1978 et 1979-2000	Aluminium	Méthode GARCH	Volatilité stable

Section 3: Vérification empirique de l'effet stabilisateur du marché à terme de l'aluminium de Londres

Dans cette partie de notre travail, nous cherchons à mesurer les performances stabilisatrices du marché à terme de l'aluminium de Londres. La question est de savoir dans quelle mesure les transactions à terme commencées sur le London Metal exchange (LME) en 1978 ont affecté les prix au comptant de l'aluminium sur le marché du physique. Pour effectuer cette vérification empirique des conséquences de l'activité spéculative réglementée sur les prix, nous utiliserons d'une part les méthodes statistiques traditionnelles et d'autres parts des méthodes économétriques plus complexes et plus récentes.

Dans un premier paragraphe nous présentons les données analysées ; ensuite dans un second paragraphe, nous effectuons une analyse statistique « simple » de l'effet stabilisateur des marchés à terme ; enfin dans un troisième paragraphe nous utilisons les méthodes économétriques plus récentes.

Paragraphe1 : Présentation des données

A- l'échantillon

Nous disposons d'une série quotidienne complète de prix au comptant du LME de janvier 1979 à décembre 2007 sur l'aluminium. Ces prix concernent le marché européen. En effet, les prix du marché Nord américain étaient établis de 1982 à 1996 à New York par le Commodity Exchange (COMEX) ; pour ce marché nord américain, un nouveau contrat a été introduit récemment au NYMEX.

Nous avons adopté les prix de clôture du LME publiés par la revue professionnelle *Metal Bulletin*. Nous avons choisi de travailler sur les cours hebdomadaires (De vendredi à vendredi).

Metal Bulletin nous a aussi permis de disposer de ses estimations de prix avant 1978, date des premières cotations de l'aluminium sur le LME. *Metal Bulletin* a en effet publié deux fois par semaine, jusqu'en 1996, ses propres estimations de cours de l'aluminium européen sous la rubrique « Certain others transactions ». Les interviews réalisées auprès de

spécialistes du BRGM notamment, nous indiquent en effet que la revue *Metal Bulletin* gérait une base de données d'opérateurs qui lui indiquaient confidentiellement à quels prix ils avaient acheté ou vendu leur stock d'aluminium. C'est à partir de ces indications que cette revue établissait les cours qu'elle publiait.

Nous retenons les prix de la période janvier 1970 à décembre 1978 comme témoins de ce qui se passe concernant le comportement des cours de l'aluminium avant la création des contrats à terme de ce produit. Quant aux prix de la période de janvier 1979 à décembre 2007 ils permettent de vérifier l'hypothèse d'un marché à terme stabilisateur qui est la notre.

Dans un premier temps notre échantillon sera divisé en deux groupes. D'une part Le groupe témoin (1970 à 1978 avec 464 données), et d'autre part le groupe expérimental (1979 à 2007 avec 1408 données). Ces deux groupes seront soumis aux mêmes traitements statistiques afin de déterminer l'influence des transactions à terme sur les prix spots.

B- Une particularité de l'échantillon : La période « trouble »

Dans l'analyse des données que nous aurons à réaliser plus tard par rapport au problème de l'instabilité du marché de l'aluminium, il apparaît dans la littérature que les années 80 doivent être considérées comme particulières. Ces années apparaissent en effet comme une période assez extraordinaire d'instabilité pour les cours des matières premières. Nous les avons appelées la période «trouble » pour montrer que les données qui leur sont associées contribuent à rompre de façon marquée l'homogénéité dans l'évolution des cours des matières premières en général et de l'aluminium en particulier.

On sait que les prix des produits de base sont en général marqués par une grande instabilité, même dans les années antérieures à la crise de 1973. DELMAS et GUILLEMIN (1983) constatent que jusqu'en 1973 toutefois, les produits stables et instables paraissent distinguables. Par exemple les bananes, le blé, le thé, les phosphates la bauxite ont des fluctuations annuelles moyennes inférieures à 10% de 1950 à 1972. A l'inverse, cette moyenne est de l'ordre de 20% pour le cacao, le jute, la laine, le caoutchouc, le cuivre et le nickel.

Entre les périodes 1950-1960 et 1960-1972, les deux-tiers des produits connaissent une réduction de leur instabilité. En moyenne, celle-ci passe de 19% à 14% pour les produits de base agricoles et de 17% à 14% pour les produits de base minéraux.

En revanche à partir de 1973, le désordre s'est énormément accru. L'instabilité des produits de base double ; Elle passe 14 à 25% pour les produits de base alimentaires et de 14 à 28% pour les produits de base minéraux. L'instabilité dépasse 25% en moyenne de 1973 à 1982 pour les trois-quarts des produits et dépasse 40% pour un produit sur cinq.

Pour beaucoup, l'explication de cette aggravation de l'instabilité dans les années 80 tient à la crise économique de 1973 qui a induit une hausse généralisée des prix. L'autre explication fait référence à la suspension en 1971 de la convertibilité du dollar en or à qui certains comme BADILLO et DALLOZ (1985) prêtent d'avoir bouleversé les comportements spéculatifs sur les marchés mondiaux.

En effet BADILLO et DALLOZ construisent pour la période 1960-1971 une matrice de corrélations de six matières premières (café, cacao, sucre, caoutchouc, cuivre, étain). La période choisie est caractérisée par une forte croissance économique au niveau mondial et une relative stabilité des prix pour la plupart des matières premières comparée à la période qui prévaudra dans les années 1970-1980. A l'inverse à partir d'août 1971, les auteurs observent que le processus qui débouchera sur une crise économique mondiale s'enclenche et détermine pour les matières premières des conjonctures d'instabilité. Les six corrélations calculées sont négatives entre 1960 et 1971, pour BADILLO et DALLOZ ces fluctuations des prix montrent une indépendance des marchés ; Ces corrélations deviennent positives ensuite, ce qui traduit pour les auteurs une dépendance des marchés.

BADILLO et DALLOZ concluent : « Cette situation ne peut être expliquée par les conditions de production ou même par une dynamique de la consommation. Aucun bouleversement technique n'est à l'origine du phénomène, on doit donc supposer que ce sont les comportements de certains opérateurs sur les marchés qui ont changé. Les actions spéculatives, non seulement ont accompagné voire accru l'instabilité des prix, mais elles ont aussi renforcé l'interdépendance des prix des différentes matières premières entre elles ».

Paragraphe 2 : L'analyse statistique « simple » de l'effet stabilisateur des transactions à terme de l'aluminium à Londres

L'idée dans ce paragraphe c'est de reprendre le raisonnement économique selon lequel, en présence d'un marché à terme, on observe une diminution de la variance des cours du physique d'une part, et la diminution de la variance de la composante aléatoire de ces cours d'autre part.

A– Description du phénomène :

Il faut commencer par examiner si les variances des cours spots bruts avant et après l'introduction du marché à terme sont différentes. Une réponse positive ne donnera certainement pas une explication à cette différence, elle permettra toutefois de constater la pertinence du problème étudié.

Tableau VI-9 : Description statistique des séries brutes des cours au comptant

	1970-2007 Période avant et après Marché à terme	1970- 1978 Période avant création marché à terme	1979-2007 Période après création du marché à terme
Moyenne	1379,214	659,4449	1603,904
Variance	324079,9461	80661,2912	187820,6513
Ecart type	569,2802	284,0093	433,3828
Coefficient de variation	0,4128	0,4307	0,2702
Minimum	304,2000	304,2000	913,500
Maximum	3942,0000	1240,0000	3942,00
Nombre d'observations	1984	472	1512

Les tests d'égalité des moyennes et des variances montrent pour chacun des trois couples de séries des prix que leurs moyennes et leurs variances sont bien différentes. En effet les P-value (probabilité de rejeter H_0 à tort) sont nulles dans tous les cas

L'ensemble de la période étudiée (1970-2007) montre un écart type sur les séries de cours bruts au comptant de 569,2802. Cet écart type est supérieur à celui observé avant l'introduction du contrat à terme aluminium au LME ; mais cet écart type est aussi supérieur à celui observé après l'introduction du marché à terme de l'aluminium de Londres. Sur l'ensemble de la période étudiée, les prix sont donc en moyenne très instables.

Mais l'intérêt de notre recherche porte sur la comparaison des instabilités de prix avant et après la création du contrat à terme aluminium au LME.

On observe que l'écart type de la série des cours bruts au comptant est de 284,0093 avant la création du marché à terme de l'aluminium et de 433,3828 après la création de ce marché. La hausse constatée peut amener à conclure que l'introduction du contrat à terme aluminium au LME a conduit à une plus grande instabilité des cours au comptant de ce métal. C'est le sentiment partagé par beaucoup de professionnels (voir interviews de M LAPARRA et B LAMBRECHTS) et de certains universitaires (SLADE 1991).

Ce constat tend à invalider notre hypothèse conforme aux enseignements de la finance moderne selon laquelle, dans les marchés bien réglementés et organisés, l'introduction des transactions à terme tend à stabiliser les cours au comptant.

Tableau VI-10 : Description statistique des séries brutes des cours au comptant tenant compte d'une période « anormale »

	Période « trouble » (1986-1990)	Période « normale » (1991-2007)
Moyenne	1865,450	1612,902
Variance	228274,111	181978,8575
Ecart type	477,780	425,5898
Coefficient de variation	0,2561	0,2645
Minimum	1327,500	1027,0000
Maximum	3942,000	3148,0000
Nombre d'observations	261	887

Le test d'égalité des moyennes montre que celles-ci sont différentes. Par contre le test d'égalité des variances montre une égalité de celles-ci au seuil de 5%.

En réalité, l'analyse de la sous-période 1979-2007 du tableau VI-9 qui présente les statistiques de volatilité après l'introduction des transactions à terme au LME mériterait d'être affinée. En effet, FIGUEROLA et GILBERT (2001) observent que la fin des années 80 est une période d'instabilité généralisée pour les prix de l'ensemble des métaux voire de l'ensemble des matières premières. Par ailleurs, concernant l'aluminium, après la création du contrat aluminium au LME en 1978, il y a eu une période de coexistence entre les prix producteurs et les prix de marché. Il faudrait donc isoler la période exceptionnellement « trouble » de 1986-1990 et la comparer à la période « normale » (1991-2007). De même, devons nous analyser la « période de transition » (1979-1985) et la comparer à la période

réellement post prix-producteurs (1986-2007) pour mesurer l'éventuel prolongement des effets sur la volatilité des prix, du système centralisé que fut l'organisation de l'économie de l'aluminium autour des prix-producteurs.

La mise en exergue et l'analyse de la période 1986-1990 montre que l'écart type de la série des cours au comptant de l'aluminium de cette période atteint un niveau de 477,78 soit presque 2 fois l'écart type avant marché à terme⁴⁴. Tout se passe comme si cette période « trouble » « absorbait » l'ensemble de la volatilité de la période post marché à terme.

Quant à la période dite « normale » (1991-2007), l'écart type des cours au comptant de l'aluminium qui en découle (425,5898) reste supérieur à celui (284,009) de la période pré marché à terme. Mais l'évolution simultanée de la moyenne et de l'écart type des séries amène à ne pas tirer de conclusion sur l'évolution de l'état de la volatilité à partir de l'observation du seul écart- type.

En effet, l'analyse de la volatilité sur les différentes périodes à travers les coefficients de variation nous conduit à des conclusions différentes de celles permises par l'observation de l'écart type. Nous avons observé dans les statistiques concernant nos séries sur les cours au comptant de l'aluminium (TABLEAUX VI-9 et VI-10) que les moyennes obtenues concernant ces séries étaient notablement différentes, nous pouvons alors avoir recours à un indicateur de dispersion relative : Le coefficient de variation. Cet indicateur mesure dans notre cas, le rapport entre l'écart type et la moyenne des cours de la série des prix au comptant de l'aluminium.

Le coefficient de variation qui était de 0,4307 pendant la période avant marché à terme a baissé à 0,2702 après la création du marché à terme, alors même que l'écart type augmentait pendant cette période. Le coefficient de variation qui tient compte du fait que la moyenne des prix de la série a plus sensiblement augmenté que son écart type, semble indiquer une baisse de la volatilité des cours au comptant après la création du marché à terme de l'aluminium.

⁴⁴ Il faut souligner que cet écart type correspond à des niveaux de prix 3 fois plus élevés qu'avant la création du marché à terme de l'aluminium

Il nous a aussi semblé intéressant de présenter les statistiques de la période de coexistence des prix producteurs et des prix de marché et de les comparer à celles des seuls prix de marché. La question est alors de savoir si cette coexistence a retardé la manifestation de la stabilisation ou d'ailleurs du regain de volatilité des prix au comptant.

Tableau VI-11 : Description statistique des séries brutes des cours au comptant tenant compte de la coexistence prix-producteurs prix de marché

	Période intermédiaire 1979-1985	Période post prix-producteurs 1986-2007
Moyenne	1394,4412	1670,319
Variance	82840,9047	202869,7086
Ecart type	287,8210	450,4106
Coefficient de variation	0,2064	0,2697
Minimum	913,5000	1027,0000
Maximum	2022,3000	3942,0000
Nombre d'observations	364	1148

Les tests d'égalité des moyennes et des variances montrent que les moyennes et les variances sont différentes au seuil 5%.

Le TABLEAU VI-11 montre que l'écart type (de la série des cours au comptant de l'aluminium (450,4106) est plus important pendant la période post prix-producteurs que pendant la période de coexistence des prix-producteurs et des prix de marché (287,821) ; on pourrait donc conclure que le maintien partiel des prix-producteurs en 1986 a été un frein à la manifestation d'un regain de volatilité des prix au comptant de l'aluminium. Mais en tenant compte de l'importance de l'augmentation des moyennes des séries de cours pendant ces deux périodes, on est amené à plutôt comparer les coefficients de variation de ces deux périodes. On se rend compte que ces coefficients de variation ont quasiment la même dimension (autour de 0,2), ce qui montre que l'instabilité des cours n'est pas plus grande pendant la période post prix-producteurs que pendant la période intermédiaire. C'est d'ailleurs ce qu'indique aussi la comparaison des écart- type et des coefficients de variation de cette période intermédiaire avec ceux de la période dite « normale ».

Nous utilisons ensuite la méthodologie présentée par ANTONIOU et FOSTER (1992). Nous reprenons en effet pour notre compte les cinq mesures de volatilité proposées par ces auteurs dans le cadre de leur analyse du marché pétrolier. La variété des mesures qu'ils utilisent enrichit les angles d'approche de la volatilité et évite d'attribuer la volatilité des cours à leur sensibilité à un seul test.

A partir des prix spot présentés ci-dessus, nous construisons des séries sur la volatilité annuelle. De 1970 à 2007, nous utilisons 1980 observations pour mesurer volatilité en utilisant les formules d'ANTONIOU et FOSTER.

Les cinq formules de mesure de volatilité d'ANTONIOU et FOSTER sont les suivantes :

$$(26) \quad V1 = S_{t \max} - S_{t \min}$$

$$(27) \quad V2 = 1/n \sum_{t=1}^n |S_t - S_{t-1}|$$

$$(28) \quad V3 = 1/n \sum_{t=1}^n (S_t - S_{t-1})^2$$

$$(29) \quad V4 = \sqrt{1/n \sum_{t=1}^n (S_t - S_{t-1})^2}$$

$$(30) \quad V5 = 1/n \sum_{t=1}^n |\log S_t / S_{t-1}| = 1/n \sum_{t=1}^n |\log S_t - \log S_{t-1}| \quad \text{où}$$

V_i = Volatilité donnée par la mesure i ($i = 1, 2, 3, 4, 5$)

S_t et S_{t-1} = Cours au comptant en t et en $t-1$

$S_{t \max}$ = Cours maximum de l'année

$S_{t \min}$ = Cours minimum de l'année

n = Nombre de mois dans l'année

$V1$ = Etendue du niveau moyen des prix spots annuels

$V2$ = Moyenne de la valeur absolue des écarts d'un mois à l'autre

$V3$ = Moyenne au carré de la valeur absolue des écarts d'un mois à l'autre

$V4$ = Racine carrée de $V3$, correspondant à la mesure de volatilité de FIGLEWSKI (1981)

$V5$ = Variation en valeur absolue moyenne des logarithmes des prix spot

Pour chaque année, un indicateur de volatilité est calculé selon chacune des cinq mesures dont les formules ont été présentées ci-dessus. Les chiffres annuels indicateurs de volatilité n'ont de sens que comparés les uns avec les autres pour le même indicateur.

Le tableau VI-12 présente les résultats selon chaque type de mesure du niveau de volatilité des cours de l'aluminium de 1970 à 2007.

Différentes mesures de volatilité des cours comptant de l'aluminium de 1970 à 2007					
Année	V1	V2	V3	V4	V5
1970	100,8	2,118	20,838	4,564	0,00255
1971	64,8	1,333	8,64	2,939	0,00174
1972	39,6	1,004	5,42	2,328	0,00136
1973	385	7,729	150,122	12,252	0,00654
1974	270	10,936	296,857	17,23	0,00635
1975	108	7,096	154,679	12,437	0,00514
1976	382	13,481	363,222	19,058	0,00674
1977	145	6,731	108,654	10,424	0,00287
1978	240	6,346	283,654	16,842	0,00247
1979	541,8	37,946	2562,91	50,625	0,01209
1980	561	68,315	15439,108	124,254	0,0215
1981	483,3	39,465	6410,489	80,066	0,06935
1982	197,1	13,758	353,073	18,79	0,00604
1983	837	38,562	2547,762	50,475	0,01019
1984	697,8	47,435	6185,393	78,647	0,01271
1985	724,5	39,531	3089,309	55,582	0,0119
1986	182,7	22,974	806,46	28,398	0,00706
1987	934,2	67,833	8730,901	93,439	0,01661
1988	2010,6	169,288	57320,233	239,416	0,02725
1989	885	61,529	5745,885	75,801	0,01306
1990	812	55,423	6736,5	82,076	0,01401
1991	483	23,615	874,337	29,569	0,007923
1992	210	21,472	970,274	31,149	0,00748
1993	199	16,183	418,139	20,448	0,0062
1994	832,5	33,606	2009,909	44,832	0,00959
1995	474	39,577	2821,712	53,12	0,00947
1996	345	26,26	1117,774	33,433	0,00758
1997	292,5	32,962	1638,577	40,479	0,00886
1998	288	21,779	824,014	28,706	0,0069
1999	578	27,627	1835,02	42,837	0,00934
2000	304	32,179	1885,395	43,421	0,00904
2001	443	23,846	946,123	30,759	0,0069
2002	147	17,539	495,711	22,265	0,00561
2003	274	20,596	679,702	26,071	0,00626
2004	316	35,811	2476,717	49,767	0,00898
2005	594,5	39,096	2852,673	53,41	0,00892
2006	881,00	80,35	11099,875	105,36	0,0100
2007	587,00	46,52	3350,54	57,884	0,017065

Tableau VI-13 : des corrélations entre les cinq mesures de volatilité					
	V1	V2	V3	V4	V5
V1	1				
V2	0,80958854	1			
V3	0,68970336	0,92209548	1		
V4	0,79002495	0,9857821	0,92331363	1	
V5	0,3543274	0,47054216	0,40835941	0,5553273	1

Les chiffres du TABLEAU VI-12 se lisent de la façon suivante ; par exemple, selon l'indicateur V1, la volatilité a été plus importante en 1970 (V1=100,8) qu'en 1971 (V1 = 64,8) ; la volatilité a été encore plus importante en 1973 (V1=385)

Nous constatons un fort niveau de corrélation entre les différentes mesures de volatilité. Ceci s'explique par la relative ressemblance des formules utilisées. Cette corrélation est toutefois moins forte concernant la mesure V5 ; Les résultats d'analyse concernant cette dernière mesure devraient se montrer assez différents de ceux des autres⁴⁵.

Pour notre propos qui est de comparer l'évolution de l'importance de la volatilité des prix au comptant de l'aluminium de la période avant l'existence du marché à terme à la période post marché à terme, la moyenne des volatilités (V1 à V5) par période semble l'indicateur le plus pertinent à observer.

Tableau VI-14 : Description des moyennes des volatilités sur 3 périodes significatives

Indicateur de volatilité	1970-2007 Période avant et après Création du marché à terme	1970-1978 Période avant Création du marché à terme	1979-2007 Période après création du marché à terme
V1	446,5711	192,8000	525,3276
V2	30,9869	6,3080	38,6458
V3	3750,4402	154,6760	4866,3669
V4	44,3103	10,8970	54,6800
V5	0,01035	0,0040	0,01234

Analysons à titre d'exemple, l'évolution de la moyenne de l'indicateur de volatilité V1.

⁴⁵ Cette mesure aboutit à réduire les écarts lorsqu'ils sont calculés sur des niveaux de prix élevés, un peu comme le fait le coefficient de variation.

Sur l'ensemble de notre période d'étude, la volatilité moyenne indiquée par V1 est de 446,5711. Avant l'apparition du marché à terme en 1978, cette volatilité était en moyenne de 192,8 ; elle passe à 525,3 après la création du marché à terme de l'aluminium. A ce niveau, on peut dire que la création du marché à terme aurait en moyenne contribué à la hausse de l'instabilité des prix au comptant de l'aluminium.

Tableau VI-15: Description des moyennes des volatilités en tenant compte de la période « anormale » de volatilité

Indicateur de volatilité	1986-1990 Période « trouble »	1991-2007 Période « normale »
V1	1223,300	374,5588
V2	75,4090	26,9805
V3	15867,9960	1492,1539
V4	103,8260	35,7735
V5	0,0156	0,0080

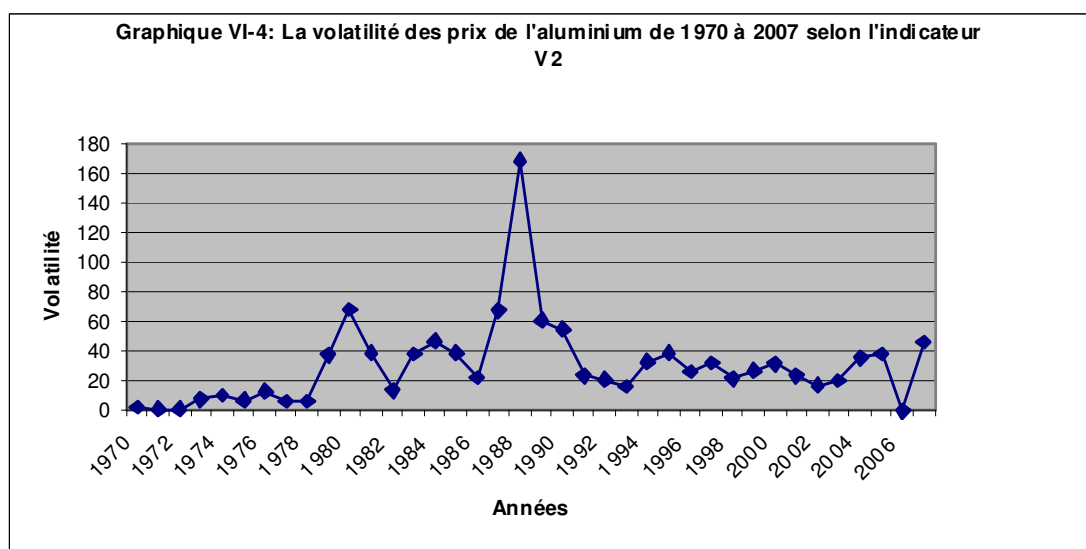
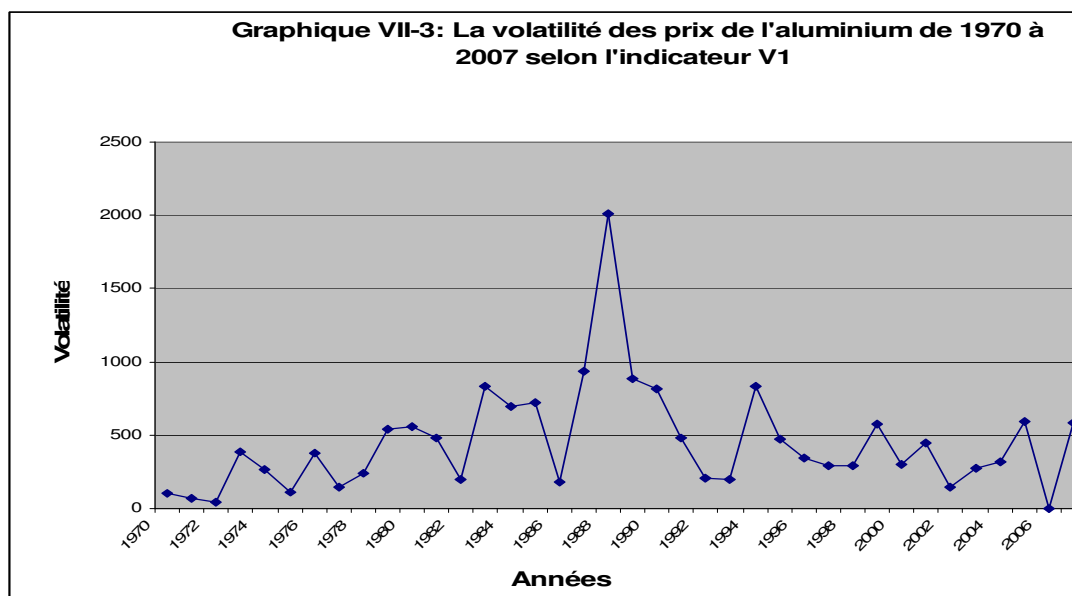
A partir du TABLEAU VI-15, nous avons des données affinées qui tiennent compte de la période d'instabilité généralisée des prix des matières que nous avons déjà signalée comme période « trouble ». En observant la volatilité moyenne de V1 pendant la période « trouble » on s'aperçoit que cette volatilité est de 1223,3 soit deux fois et demie la volatilité de l'ensemble de la période ; ceci atteste du caractère extraordinaire de cette période en termes d'instabilité des prix au comptant de l'aluminium. Quant à la moyenne de V1 de la période « normale » (374,55), elle est bien inférieure à celle du V1 de la période de l'après création du marché à terme de l'aluminium (525,32). Notons toutefois que cette volatilité moyenne de la période « normale » reste supérieure à ce qu'elle était avant la création du marché à terme de l'aluminium.

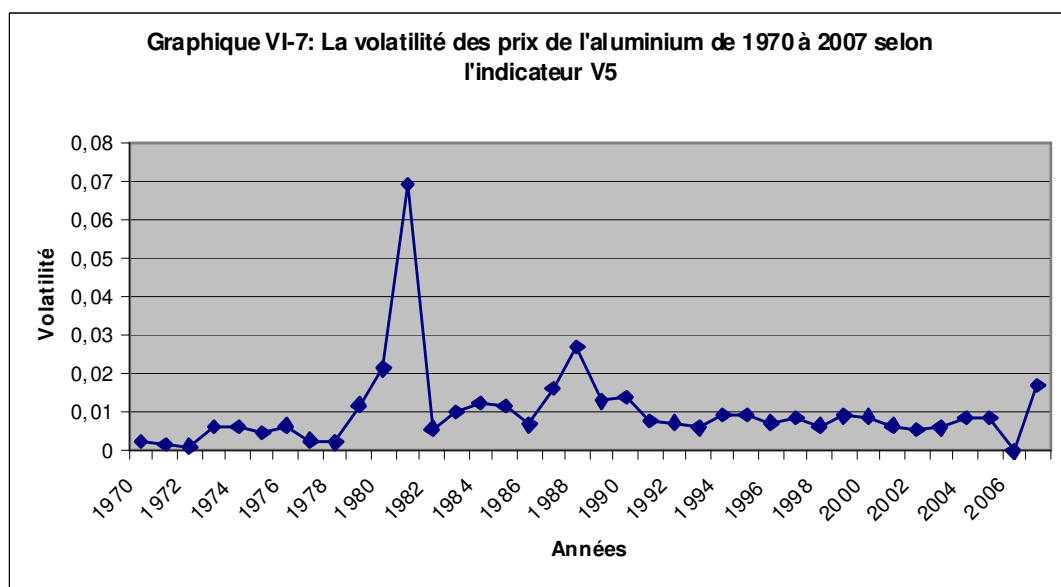
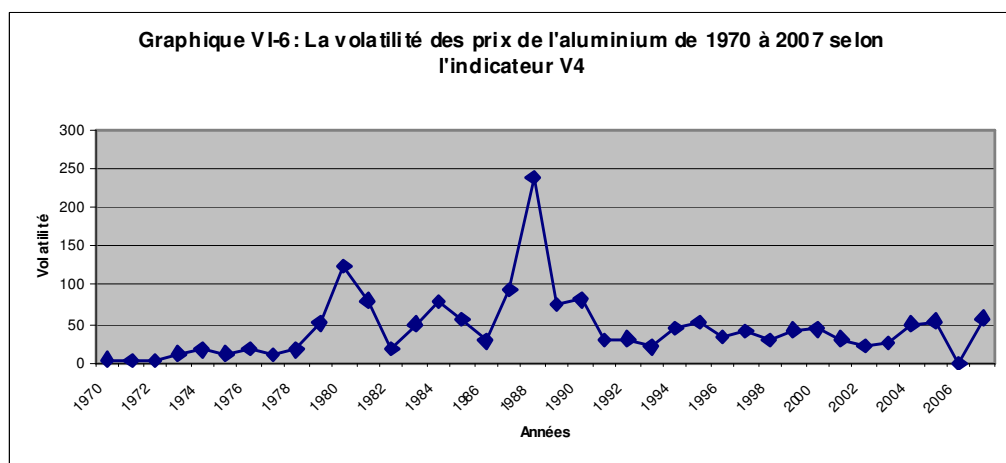
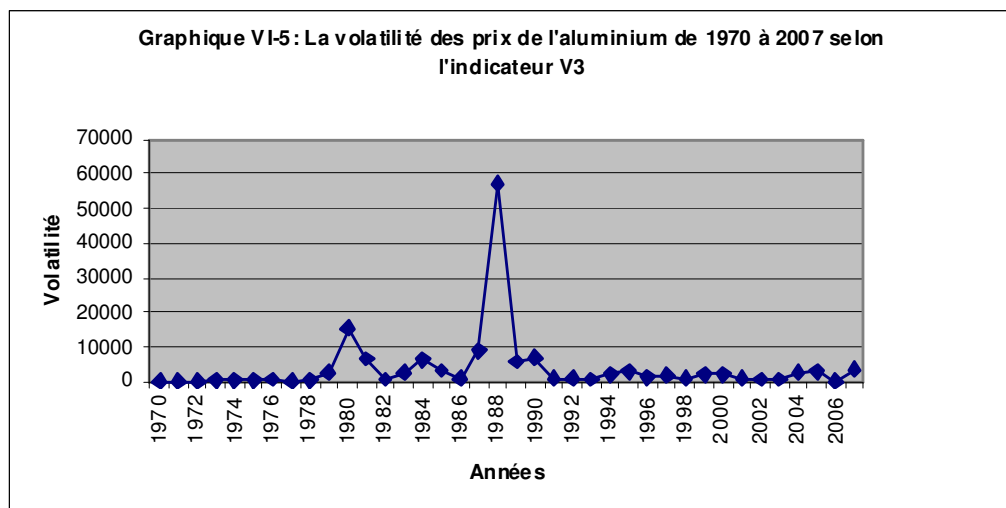
Nous remarquons que la tendance suivie par V1 et les conclusions qui découlent de son analyse sont identiques à celles concernant V2, V3, V4 et V5.

Les résultats obtenus sur l'analyse de ces indicateurs de volatilité, montrent comme ceux obtenus pour l'analyse statistiques des séries brutes du prix au comptant de l'aluminium que le milieu et la fin des années 80 ont été exceptionnels en termes d'instabilité des prix au comptant de l'aluminium. Mais, contrairement aux résultats des analyses effectuées sur les séries brutes des cours de l'aluminium à partir des coefficients de variation, ceux obtenus par l'observation de l'évolution des moyennes des indicateurs de volatilité proposés par Antoniou

et Foster ne permettent pas de conclure que les marchés à terme n'ont pas aggravé l'instabilité des prix au comptant de l'aluminium.

Nous avons représenté l'évolution de l'instabilité des prix au comptant de l'aluminium à partir des données du TABLEAU VI-12 concernant les 5 indicateurs de volatilité utilisés ici





Ce qui apparaît surtout, c'est l'extrême instabilité des cours au comptant de l'aluminium pendant les années 80. Le même pic de volatilité apparaît en 1988 sur les 4 premiers graphiques, que nous avons expliqué par la situation économique générale et

l'extrême variabilité des cours des matières premières à cette époque. Le graphique représentant V5 diverge avec ceux des autres indicateurs ; nous avons déjà signalé que l'indicateur V5 semblait assez original par rapport aux tendances de volatilité constatées pendant la période d'étude.

B - La procédure ARIMA appliquée aux cours de l'aluminium au LME

Il s'agit ici, au terme de l'examen de la procédure séquentielle ARIMA appliquée aux cours de l'aluminium au LME, d'évaluer à partir de statistiques concernant la variabilité de la composante aléatoire des prix avant et après l'ouverture du marché à terme de l'aluminium, l'éventuel apport de ce marché à terme dans la stabilisation des cours de l'aluminium.

1 – Méthodologie et données

Selon POWERS (1970) et TOMEK (1980), l'appréciation de l'effet stabilisateur des marchés à terme doit s'effectuer sur la composante stochastique des prix ($\epsilon_t = S_t - S_{t-1}$) et non sur les prix eux-mêmes. Mais il est important, avant d'analyser la description des paramètres statistiques du comportement de la composante stochastique des prix avant et après l'ouverture du marché à terme, de s'interroger sur le processus qui génère cette composante stochastique. La procédure ARMA permet d'identifier le processus de génération des séries.

Les processus ARMA (Autoregressive Moving Average) ont été introduits par BOX et JENKINS (1970). L'objet en est de modéliser une série temporelle en fonction de ses valeurs passées, mais aussi en fonction des valeurs présentes et passées d'un bruit. Afin de déterminer le processus ARMA adéquat, Box et Jenkins ont proposé une procédure séquentielle en 4 étapes :

- L'identification du modèle
- L'estimation des paramètres
- La validation du modèle (test de diagnostic)
- La prévision à l'aide du modèle validé.

Dans notre étude, nous commencerons plutôt par la stationnarisation des séries. Et nous utiliserons les résidus du modèle validé pour chacune des 3 séries étudiée pour examiner le comportement de la composante stochastique des prix.

Nos données sont constituées par les prix spot en dollars obtenus de la revue professionnelle *Metal Bulletin* pour la période 1970-1978, période précédant la création du marché à terme de l'aluminium au LME. De 1979 à 2007, nous travaillons sur la série des prix de la période après création du marché à terme. Enfin, un dernier échantillon des prix s'intéresse à la période 1991-2007, pour tenir compte des effets de la volatilité très accrue des années 80 et tenter de les annuler. Les prix utilisés sont hebdomadaires, de vendredi à vendredi. Nous avons choisi de travailler avec les logarithmes des prix.

2 - Mise en œuvre de la procédure ARMA

a – La stationnarisation des séries brutes

En utilisant la stratégie de test de DICKEY ET PANTULA (1987), et après nous être assurés que les séries brutes n'étaient stationnaires sur aucune des périodes étudiées, nous testons l'hypothèse nulle de la racine unitaire sur les séries des prix au comptant en différence première (DSt) et des prix à terme à 3 mois (DFt). Nous obtenons les résultats suivants :

Tableau VI-16: Résultat du test ADF de l'hypothèse nulle de la racine unitaire sur les prix au comptant de l'aluminium au LME de 1970 à 1978

Type de modèle Résultats	Modèle avec constante et trend	Modèle avec constante (sans trend)	Modèle sans constante ni trend
Valeur du t-statistique	1,016069	1,335962	- 6, 906764
Valeur critique au seuil de 5%	-3,4213	- 2,8680	- 1, 9402
Conclusion	Existence de racine unitaire	Existence de racine unitaire	Rejet de l'existence d'une racine unitaire : DSt est stationnaire

Tableau VI –17 : Résultat du test ADF de l’hypothèse nulle de la racine unitaire sur les prix au comptant de l’aluminium au LME de 1979 à 2007

Type de modèle Résultats	Modèle avec constante et trend	Modèle avec constante (sans trend)	Modèle sans constante ni trend
Valeur du t-statistique	1,234533	2,405510	- 18,80290
Valeur critique au seuil de 5%	- 3,4153	- 2, 390680	- 1,9396
Conclusion	Existence de racine unitaire	Existence de racine unitaire	Rejet de l’existence d’une racine unitaire : DSt est stationnaire

Tableau VI –18: Résultat du test ADF de l’hypothèse nulle de la racine unitaire sur les prix au comptant de l’aluminium au LME de 1991 à 2007

Type de modèle Résultats	Modèle avec constante et trend	Modèle avec constante (sans trend)	Modèle sans constante ni trend
Valeur du t-statistique	2,143574	1,138764	- 13,65352
Valeur critique au seuil de 5%	- 2,272767	- 1,119808	- 1,9398
Conclusion	Existence de racine unitaire	Existence de racine unitaire	Rejet de l’existence d’une racine unitaire : DSt est stationnaire

Pour la suite, nous travaillerons avec les différences premières de ces trois séries dont nous avons constaté le caractère stationnaire.

b – L’identification des modèles

Il s’agit de déterminer les ordres p et q des processus ARMA. Cette identification se fait à partir des corrélogrammes des séries. Il s’agit de l’étude des fonctions d’autocorrélation et d’autocorrélation partielles.

L'observation du corrélogramme des différences première des logarithmes de la série des prix au comptant avant la création du marché à terme (TABLEAU VI-8 ANNEXE 61-a) suggère que :

- les 5 premières autocorrélations sont significativement différentes de 0, on en déduit que $q = 5$
- les 2 premières autocorrélations partielles sont significativement différentes de 0, on en déduit que $p = 2$

On a donc identifié pour la série des prix 1970-1978, les processus AR(5), MA(2) et ARMA (5,2).

L'observation du corrélogramme de la série des prix de 1979 à 2007 (TABLEAU VI-9 ANNEXE 61-b) permet d'identifier des processus AR(1), MA(1) et ARMA(1,1). De même que l'observation du corrélogramme de la série des prix de 1991 à 2007 (TABLEAU VI-10 ANNEXE 62) permet d'identifier des processus AR(1) MA(1) et ARMA (1,1)

c- Estimation des processus

Nous commençons par estimer les coefficients des modèles des processus AR(5), MA(2) et ARMA(5,2). A l'issue de l'estimation des modèles, seuls les processus AR(5) (coefficient = 2,494) et MA (2) (coefficient = 4,705) restent candidats pour expliquer le dynamique du modèle ; en effet les coefficients du modèle ARMA (5, 2) sont trop faibles

L'estimation du processus ARMA (1,1) pour la série des prix de 1979 à 2007 conduit au rejet de ce processus. En effet seul les processus AR(1) (coefficient = -5,36) et MA(1) (coefficient = -5,28) restent candidats à l'explication de la dynamique de la série.

Enfin, concernant la série des prix 1991-2007, à l'issue de l'estimation du modèle, seule le processus AR(1) explique la dynamique de la série au vu de son t-statistique (-2,018)

d- validation

Si pour la série 1991-2007, seul le processus AR(1) reste valable pour expliquer la dynamique de la série, pour les séries 1970-1978 et 1979-2007, deux processus (AR(1) et

AR(2)) restent candidats pour l'explication de la dynamique de ces deux séries. Pour ces deux dernières séries, il convient de valider leurs modèles afin de les départager. Pour cela, nous appliquons le test d'absence d'autocorrélation de Ljung Box sur les résidus. A cette fin, il faut présenter les 2 corrélogrammes des résidus de chacune des séries.

Sur l'ensemble de ces tableaux, on s'aperçoit que quelques indicateurs d'autocorrélations des résidus estimés sortent de l'intervalle de confiance, ceci semble indiquer la présence d'autocorrélation. Nous devons le vérifier à l'aide du test de Ljung Box.

Le test de Ljung Box sur les résidus de la série 1970-1978 pour les processus AR(5) et MA(2) donne les résultats suivants :

Pour AR(5), la statistique de Ljung Box vaut 154,50 à 20 degrés de liberté et la valeur théorique donnée par le test du khi 2 est de 31, 410 à 5%. Puisque $154,5 > 31,410$, on rejette l'hypothèse d'absence d'autocorrélation.

Pour MA(2), le même raisonnement amène au constat que la valeur de la statistique de Ljung Box (112,40) est supérieure à la valeur donnée par le test de khi 2, ce qui conduit au rejet de l'hypothèse d'absence d'autocorrélation.

La présence d'autocorrélation sur AR(5) et MA(2) amène à rejeter ces deux processus pour expliquer la dynamique de la série des prix 1970-1978. Dans ce cas, il est conseillé d'adopter pour l'explication de cette dynamique, le processus ARMA le plus parcimonieux. Nous avons choisi de procéder à la validation de ARMA(1,1).

Pour ce processus ARMA (1,1), la statistique de Ljung Box qui vaut 27,674 à 20 degrés de liberté est inférieure à la valeur théorique du Khi 2 (31, 410) à 5%. On accepte donc l'hypothèse d'absence de corrélation. Le processus ARMA (1,1) est donc bien pertinent pour expliquer la dynamique de la série 1970-2007 (tableau VII-15 ANNEXE 65).

Le test de Ljung Box sur les résidus de la série 1979- 2007 pour les processus AR(1) et MA(1) donne les résultats suivants :

Pour AR(1), la statistique de Ljung Box vaut 31,109 à 20 degrés de liberté et la valeur théorique donnée par le test du khi 2 est de 31, 410 à 5%. Puisque $31,109 < 31,410$, on accepte l'hypothèse d'absence d'autocorrélation.

Pour MA(1), le même raisonnement amène au constat que la valeur de la statistique de Ljung Box (31,921) est supérieure à la valeur donnée par la test de khi 2 (31,416), ce qui conduit au rejet de l'hypothèse d'absence d'autocorrélation.

Seul le processus AR(1) explique donc bien la dynamique de la série des prix de 1979 à 2007.

Pour résumer : Le processus qui explique le mieux la dynamique de la série des prix avant la création du marché à terme de l'aluminium (1970-1978) est ARMA(1,1). Le processus le plus adapté pour expliquer la dynamique de la série 1979-2007 est AR(1). Enfin, le processus le plus pertinent pour l'explication de la dynamique de la série 1991-2007 est AR(1)

3 – Appréciation de l'effet stabilisateur des transactions à terme de l'aluminium au LME

De nombreux auteurs pensent que les marchés à terme permettent un transfert spéculatif par le biais des opérations de couverture. Ce recours aux contrats retire du marché du physique les pressions momentanées considérées comme composantes accidentelles du prix et par conséquent autorise une faible volatilité des prix lorsque les conditions économiques demeurent stables d'une sous – période à l'autre (DA SILVA 1986). L'appréciation de l'effet stabilisateur des marchés à terme ne peut s'effectuer que sur la composante stochastique des prix et non sur les prix eux-mêmes (POWERS 1970, TOMEK 1980)

Pour cette appréciation de l'effet stabilisateur des transactions à terme, on peut reprendre l'équation :

$$(31) \quad \varepsilon_t = S_t - S_{t-1}$$

Rappelons que ε_t est la composante résiduelle du prix obtenue à partir d'un modèle de *random walk* sur la série brut des prix (S). S_t est le prix spot en t et S_{t-1} est le prix spot en t-1.

Le tableau VI-19 décrit les paramètres statistiques des trois séries avant et après la création du marché à terme de l'aluminium.

Tableau VII- 19 : Variabilité de la composante aléatoire du prix de l'aluminium avant et après l'ouverture du marché à terme

Statistique	Avant l'ouverture du marché à terme. De janvier 1970 à décembre 1978	Après l'ouverture du marché à terme. De janvier 1979 à décembre 2007	Après l'ouverture du marché à terme. De janvier 1991 à décembre 2007
	ARMA (1,1)	AR(1)	AR(1)
Moyenne	$-2,21 * (10)^{-5}$	$-6,3 * (10)^{-13}$	$2,16 * (10)^{-13}$
Variance	0,0002400126	0,001482019	0,00067548
Ecart-type	0,015496	0,038497	0,025990
Nombre d'observations	475	1510	885

Les tests d'égalité des moyennes montrent pour chaque couple de séries que les moyennes sont différentes. Par ailleurs les tests d'égalité des variances montrent que celles-ci sont elles aussi différentes, sauf pour les séries 1979-2007 et 1991-2007 pour lesquelles les tests montrent une égalité au seuil de 5%.

Ce tableau montre que l'écart type de la composante aléatoire (ϵ_t) de la série des prix bruts passe de 0,015496 avant l'ouverture du marché à terme de l'aluminium à 0,038497 après l'ouverture de ce marché à terme. On a donc immédiatement l'impression que l'ouverture du marché à terme a accentué la volatilité des cours de l'aluminium. Mais, quand on exclut des séries de l'après ouverture du marché à terme, les cours des années 80 synonymes de volatilité généralisée (« période trouble »), on retrouve un écart type de 0,025990 moins éloigné de celui de la période pré marché à terme. Ces statistiques tendent à montrer que la volatilité des cours de l'aluminium a certes augmenté après l'ouverture du marché à terme, mais que cette augmentation est loin d'être explicable par la seule présence de ce marché. L'essentiel du regain de volatilité après 1978 est, comme nous l'avons signalé ci avant explicable par des éléments de conjoncture économique propres aux années 80.

Paragraphe 3 : L'effet des transactions à terme sur la volatilité des prix spot : Application d'un modèle GARCH au marché de l'aluminium

Après l'examen par la procédure ARIMA du rôle stabilisateur du marché à terme sur le prix spot de l'aluminium, nous allons tenter d'examiner ce même rôle à partir du modèle GARCH qui est une méthode plus récente (1992) et de plus en plus utilisée aujourd'hui dans la littérature financière

A – Bref rappel des données

Nous reprenons ici les données que nous avons utilisées pour l'analyse statistique « simple ». Rappelons qu'il s'agit de prix au comptant de l'aluminium pour le marché mondial de 1970 à 2007.

Rappelons que nous avons repris les prix de clôture du London Metal Exchange (LME) de l'aluminium publiés 2 fois par semaines par la revue professionnelle *Metal Bulletin*

B- Modèle GARCH et effet stabilisateur du marché à terme de l'aluminium de Londres

1- Présentation du modèle GARCH⁴⁶

La plupart des séries financières présentent des caractéristiques de dynamique non linéaire dont la plus importante est que la variabilité instantanée de la série (ou volatilité) dépend de façon importante du passé. Les modèles ARCH introduits par ENGLE (1982) fournissent un outil adapté pour solutionner ce type de problème.

En 1986, BOLLERSLEV généralise ce concept avec le modèle GARCH. La même année, il introduit avec ENGLE le modèle I-GARCH.

En 1986 WEISS introduit le ARMA–GARCH et en 1990, NELSON introduit le modèle E-GARCH

⁴⁶ Pour une présentation plus complète voir Gouriéroux (1992)

En 1987, ENGLE, LILLIEN et ROBINS introduisent le modèle GARCH-M ;

Selon GOURIEROUX (1992), de toutes les versions de GARCH, le modèle GARCH-M est le plus adapté à la description du phénomène de volatilité. Dans la version GARCH-M, la variance conditionnelle (h_t) apparaît comme variable explicative dans la moyenne conditionnelle.

On a :

$$(32) \quad S_t = a + bS_{t-1} + \delta h_t + \varepsilon_t$$

et

$$(33) \quad h_t = c + \sum_{i=1}^q a_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^n b_j h_{t-j}$$

où S_t et S_{t-1} sont les cours au comptant en t et en $t-1$.

h_t est la variance conditionnelle du résidu (ε_t) compte tenu de l'ensemble de l'information en $t-1$ ($h_t = \text{Var}(\varepsilon_t / I_{t-1}$). h_t doit être positif et pour cela il faut que c , a_i et b_j soient positifs.

2- Application du modèle GARCH à l'analyse de la volatilité de l'aluminium

Nous reprenons à notre compte la méthodologie GARCH-M utilisée par ANTONIOU et FOSTER (1992), pour mesurer l'influence des transactions à terme sur le prix spot du pétrole

L'incidence des transactions à terme sur les prix au comptant s'apprécie en distinguant dans un premier temps deux sous-périodes : une sous-période « avant ouverture du marché à terme » et une sous-période « après ouverture du marché à terme » ; dans un deuxième temps un test identique est appliqué à chacune des deux sous-périodes.

Mais avant toute chose, il convient de vérifier la stabilité (ou l'homogénéité) du modèle à tester (équations 32 et 33) sur toutes les deux périodes d'analyse. Pour cela, on va procéder au test de la stabilité des coefficients du modèle dans le temps. Le test de Chow est le plus utilisé pour effectuer cette vérification de la stabilité des coefficients. La question sous-jacente

à laquelle le test de Chow tente de répondre est la suivante : Existe-t-il une différence significative entre la somme des carrés des résidus (SCR) de l'ensemble de la période (1970 – 2007) et l'addition de la somme des carrés des résidus (SCR1 + SCR2) calculés à partir des deux sous-périodes distinctes (1970-1978 et 1979-2007) ? Dans le cas de notre étude, il s'agit de vérifier si les transactions à terme ont eu une influence sur les variables dépendantes. Une réponse négative signifierait que le fait de scinder l'échantillon en deux sous-périodes ne modifie pas la qualité du modèle et que par conséquent, celui-ci est stable sur la totalité de la période.

Le test d'hypothèse est le suivant :

$$H0: SCR = SCR1 + SCR2$$

$$H1: SCR \neq SCR1 + SCR2$$

Dans ce test, la statistique importante est la statistique de Fisher. Si le Fisher empirique est inférieur au Fisher théorique lu dans la table, on accepte l'hypothèse H0 et on rejette l'hypothèse H1.

Notre analyse nous a donné un Fisher empirique de 2,03. Quant au Fisher théorique il est de 2,21 au seuil de 5%. **Le Fisher empirique (2,03) étant inférieur au Fisher théorique (2,21), nous acceptons l'hypothèse de stabilité du modèle sur toute la période étudiée.**

L'étape suivante est celle de l'analyse de l'influence des transactions à terme sur la volatilité des prix spot à l'aide du modèle GARCH-M. Ce modèle est la variante du modèle ARCH préférée pour les études sur la volatilité.

Afin de déterminer le meilleur processus suivi par p et q, nous avons simulé un nombre de GARCH (p,q) avec des combinaisons de p= 1,2,3 et q= 1,2,3. Le GARCH (1,1) s'est révélé être le plus approprié pour notre étude.

Le modèle à tester est le suivant :

$$(34) \quad DLogS_t = \alpha + \delta h_t + \varepsilon_t$$

Cette écriture signifie que la différence première des cours spot en t (DLogSt) dépend de la variance conditionnelle en t (ht) et

$$(35) \quad h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \delta_1 h_{t-1}$$

Le tableau suivant présente les résultats obtenus

Tableau VI-20 : Modèle GARCH-M et volatilité des cours de l'aluminium (1970-2007)

$$(A) \text{Dlog}S_t = \alpha + \delta h_t + \varepsilon_t$$

$$(B) h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \delta_1 h_{t-1}$$

	α	α_0	α_1	δ_1	δ
Avant marché à terme (1970- 1978)					
Coefficient	0,000218	0,000000	0,084837	0,895635	0,888108
Ecart-type	0,000286	0,000000	0,014800	0,015504	0,050823
T de Student	0,761699	4,536048	5,732064	57,76897	17,47454
Après marché à terme (1979- 2007)					
Coefficient	0,001110	0,000000	0,148890	0,808638	-0,661096
Ecart-type	0,001072	0,000000	0,015153	0,017659	0,302437
T de Student	-1,036318	7,922508	9,825476	45,79128	-2,185894

Dans le modèle GARCH – M les coefficients δ_1 et δ mesurent la volatilité des prix tandis que α_1 mesure la prise en compte de l'information.

Le TABLEAU VI- 20 montre que :

1- Le coefficient α_1 a nettement augmenté. Il est passé de 0,084837 avant la création du marché à terme à 0,148890 après le début des transactions à terme. Cette hausse signifie que l'introduction de transactions à terme sur l'aluminium a amélioré la qualité de l'information sur le marché du physique et que par conséquent les prix reflètent plus immédiatement l'information disponible. Le marché est donc plus efficient. Une conséquence de cette plus grande efficience selon ANTONIOU et FOSTER est que les professionnels se servent de plus en plus des prix des contrats à terme à échéance rapprochée pour améliorer leurs prévisions de prix.

2- Le coefficient δ_1 a baissé. Il est passé de 0,895635 avant l'ouverture du marché à terme de l'aluminium, à 0,808638 après l'ouverture du marché à terme. Quant au coefficient δ , il a lui aussi baissé en passant de 0,888108 à -0,661096. Ces évolutions signifient qu'en présence du marché à terme, la volatilité des prix spot de l'aluminium est moins importante.

Ces résultats montrent que la volatilité des cours au comptant de l'aluminium sur le London Metal Exchange a baissé après l'ouverture du marché à terme. Cela va dans le sens d'une stabilisation des cours spot en présence d'un marché à terme.

Pour résumer, on observe une grande hétérogénéité des conclusions sur cette question concernant la faculté stabilisatrice des contrats à terme sur les prix spot. Les résultats obtenus par les différentes méthodes statistiques sont à l'image du débat sur cette question de l'effet stabilisateur des marchés à terme : rien n'est tranché, tout est en contraste.

SLADE (1991) pense comme la plupart des professionnels de l'aluminium, que l'avènement du contrat aluminium au LME s'est traduit par plus d'instabilité des prix au comptant. Instabilité qui est imputée aux activités spéculatives associées aux marchés à terme. FIGUEROLA et GILBERT (2001) partisans des marchés à terme, reconnaissent que les prix de l'aluminium sont plus volatils aujourd'hui, sous le régime des prix de marché qu'avant 1978, sous le régime des prix-producteurs. Mais ils ajoutent que la volatilité en soit n'est pas problématique, car il y a des possibilités de s'assurer contre elle en effectuant des opérations à terme. Toutefois constatent-ils cela induit un coût financier et en termes de temps de gestion pour l'entreprise qui se protège. Mais l'argument le plus fort des partisans des marchés à terme est de dire, concernant l'évolution des cours de l'aluminium, que ces derniers n'apparaissent plus instables que parce que les études de leur évolution récente incluent une période (les années 80) où l'instabilité étaient aussi généralisée qu'importante. Si l'on extrait des séries cette « période trouble », on devrait constater une volatilité moindre dans la période post-marché à terme. Qu'en est-il statistiquement ?

Nous venons d'observer que :

- La variance et l'écart-type des séries de prix de l'aluminium sont globalement plus importants après 1979 qu'avant cette date. Mais que l'extraction des séries, des

données de la « période trouble » amène à faire un constat inverse, à savoir que la variance et l'écart-type des séries sont moins importants pendant la « période normale » post marché à terme. Cela voudrait dire que le marché à terme a réduit la volatilité des prix au comptant de l'aluminium.

- L'observation des outils de mesure de la volatilité proposés par ANTONIOU et FOSTER (1992) conduit aux mêmes conclusions que l'analyse de la variance et de l'écart-type des séries pré et post marché à terme.
- La procédure ARIMA montre que l'écart-type de la composante aléatoire de la série des prix bruts qui est sensé mesurer la volatilité est plus importante en présence d'un marché à terme qu'en son absence ; même si l'exclusion de la « période trouble » réduit l'écart de volatilité entre les périodes post et pré marché à terme.
- La méthodologie GARCH, indique au contraire, à travers le coefficient δ du modèle, qui est sensé mesurer la volatilité, que celle-ci a baissé après l'introduction du contrat aluminium au LME en décembre 1978.

Ce résumé nous montre que la question de la volatilité des prix en présence d'un marché à terme n'est pas de solution facile.

CONCLUSION DU CHAPITRE 6

Le débat sur l'incidence des marchés à terme sur la volatilité des cours au comptant divise les analystes. L'accent est mis par tous, sur les effets de la spéculation. Pour ceux qui critiquent les marchés à terme, c'est le rôle de cette dernière qui est en cause, alors que cette même spéculation est considérée par la finance moderne comme bénéfique dans les marchés financiers bien organisés et réglementés

Notre étude dans ce chapitre avait pour but d'examiner les conséquences de la présence du marché à terme de l'aluminium de Londres depuis 1978 sur la volatilité des prix spot de l'aluminium.

Les méthodes statistiques traditionnelles nous ont indiqué pour la plupart une baisse de la volatilité des cours de l'aluminium en présence de transactions à terme en période « normale ».

L'examen de l'effet stabilisateur des marchés à terme à partir de la composante aléatoire des prix (ε_t) ne nous a pas permis de trancher le débat dans le sens d'une moindre volatilité des cours en présence d'un marché à terme, mais nous avons observé que les cours n'étaient pas beaucoup plus volatiles qu'avant l'ouverture du marché à terme.

L'utilisation de la méthode GARCH nous a amenés à conclure qu'en présence de transactions à terme, on observe une baisse significative de la volatilité des cours de l'aluminium. Cela va dans le sens des résultats d'ANTONIOU et FOSTER (1992) sur le pétrole brut et de ceux FIGUEROLA et GILBERT (2001) sur l'aluminium.

Pour résumer, les études empiriques sur la volatilité des cours de l'aluminium en présence du marché à terme du LME sont contrastés et ne montrent pas toutes de façon indiscutable un effet stabilisateur de ce marché à terme sur les prix spot

Il ne faut pas perdre de vue que l'intérêt d'étudier le rôle stabilisateur des marchés à terme se situe dans la possibilité pour les opérateurs d'un marché à en anticiper les évolutions de cours. Or un marché volatil est imprévisible, donc néfaste à la visibilité sur les cours futurs

à court et moyen terme que devraient avoir les intervenants sur le marché. Il existe certes la possibilité de se couvrir contre les fluctuations de cours, mais cela est onéreux et les couvertures ne sont pas toujours parfaites. S'intéresser à la fonction de stabilisation des prix du LME, c'est donc s'intéresser à cet aspect essentiel du management financier de l'entreprise qu'est la fonction de prévision des recettes et bénéfices futurs des entreprises d'un secteur comme celui de l'aluminium.

Les professionnels de l'aluminium, nous l'avons signalé, accusent le LME d'être depuis sa création en 1978, à l'origine de l'instabilité des prix observée dans leur secteur d'activité. Ce que nous pouvons en dire, c'est que les prix-producteurs maintenaient certes une véritable stabilité des cours sur le marché de l'aluminium, mais ces prix avaient aussi pour défaut de favoriser les ententes et de contribuer à maintenir le célèbre oligopole aluminier.

D'ailleurs, toutes les méthodes n'indiquent pas clairement que l'avènement des prix de marché après 1978 pour l'aluminium ait contribué à accentuer les fluctuations des cours de ce métal. Nous avons vu que la méthodologie GARCH indiquait des résultats allant dans le sens d'une stabilisation des cours dans la période post contrat LME ; ceci est aussi mis en évidence par la plupart des méthodes statistiques que nous avons utilisées, à condition de circonscrire la « période trouble »

CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE :

En gérant 95% des transactions, le LME est bien le marché leader pour la gestion des contrats à terme sur l'aluminium. L'organisation du LME et l'originalité de ses techniques de gestion qui à la fois sécurisent et facilitent les opérations des intervenants contribuent au succès de cette bourse.

L'analyse de l'efficience du LME concernant le contrat aluminium indique que la fonction d'information est remplie de façon satisfaisante par la bourse des métaux de Londres. Les prix à terme de l'aluminium au LME suivent bien une marche au hasard. Par ailleurs, ces prix à terme apparaissent comme de bons prédicteurs des prix au comptant.

Mais nous avons vu concernant le LME, que toutes les études ne concluaient pas à l'efficience de ce marché pour tous les contrats qui y sont négociés. En effet, CHOWDHURRY (1991-1) a conclu à l'inefficience du LME concernant l'étain, le plomb et le zinc alors que KENOURGIOUS (2004) concluait lui aussi dans le sens d'une inefficience du LME concernant le cuivre. Rappelons concernant le cuivre, que CHOWDHURRY (1996-2) avait conclu sur une période d'étude différente de celle choisie par KENOURGIOUS (2004) que le LME était inefficent. Ce qui est intéressant dans notre étude sur l'efficience de l'aluminium, c'est qu'elle aboutit à la même conclusion d'efficience du LME que celle de GROSS (1984) portant sur une période d'étude différente. Le LME a donc été effcient autrefois, en période d'instabilité généralisée des marchés, comme il l'est aujourd'hui. L'efficience du LME pour l'aluminium semble donc avoir un caractère quasi permanent au vue des résultats des études effectuées sur cette question pratiquement dès le début des cotations de l'aluminium à Londres.

L'utilisation de la méthodologie d'Ederington pour vérifier l'efficacité et l'optimalité des opérations de couverture au LME nous amène à conclure que ce marché assure une couverture satisfaisante pour les opérations sur le contrat aluminium. La comparaison des performances d'efficacité de couverture du LME avec celle des autres marchés présentés dans notre étude indique que le LME avec un R^2 de 93% atteint une performance non égalée par la plupart des marchés à terme.

Enfin, les différentes méthodes utilisées pour mesurer l'effet stabilisateur du marché à terme des métaux de Londres sur les prix de l'aluminium nous ont donné des résultats ne permettant pas de trancher de façon nette et définitive par rapport au rôle stabilisateur du LME sur les prix spot de l'aluminium. Les études de séries brutes des prix de l'aluminium semblent dans un premier temps, montrer une hausse de la volatilité dans la période post marché à terme. Mais une fois expurgées des données de la période de la fin des années 80 (période de crise économique s'étant traduite par une instabilité généralisée des marchés des matières premières), les statistiques semblent montrer que les prix de l'aluminium après 1978 ne sont pas plus volatils que dans les périodes précédant l'introduction du contrat aluminium au LME.

Pour résumer, on peut observer que d'une façon générale, les fonctions d'information, de gestion du risque de prix et dans une certaine mesure de stabilisation des prix spot apparaissent comme satisfaisantes pour les utilisateurs du LME. C'est ce qui explique l'extraordinaire succès de cette place pour les transactions mondiales sur les métaux non ferreux en général et l'aluminium en particulier. Il s'agissait en réalité dans cette deuxième partie, d'effectuer une vérification et d'apporter une explication de l'efficacité et de l'utilité du LME pour les opérateurs du secteur de l'aluminium car, le LME est un marché très utile pour l'industrie de l'aluminium. En effet, les volumes de transactions pour le contrat aluminium du LME (95% du total mondial des transactions) sont très parlants, ils indiquent que le LME est un marché extrêmement attractif. Nos différents résultats nous ont permis de le constater et notre travail a consisté à expliquer ce grand succès financier.

CONCLUSION GENERALE

Notre étude a porté sur l'analyse économique du marché mondial de l'aluminium de l'époque de l'oligopole à aujourd'hui et sur l'examen de l'efficacité des fonctions financières des marchés au comptant et à terme de l'aluminium appliqué au LME.

Nous avons montré l'importance économique croissante de l'aluminium. Comme nous l'avons indiqué, le succès industriel et économique extraordinaire de l'aluminium s'explique surtout par les propriétés physico-chimiques de ce métal. Les industries du transport resteront pour longtemps le plus grand débouché de l'aluminium en Europe et en Amérique du nord, suivi du bâtiment ; Les industries des emballages et de l'électro ménager ont aussi un besoin important d'aluminium. Nous avons étudié les transformations économiques auxquelles sa production a donné lieu au niveau des entreprises impliquées dans cette activité. La filière de production bauxite-alumine-aluminium génère une intense activité. Mais les pays industrialisés ont vu leur part d'activité dans cette filière décliner avec le temps pour trois raisons essentiellement : l'épuisement progressif des mines de bauxite en Europe, la demande écologique forte qui rejette hors d'Europe et d'Amérique du nord les industries de transformation de la bauxite en alumine, cet affinage étant source de grands dommages pour l'environnement, et enfin, la nature encore très énergivore du procédé d'électrolyse Hall-Héroult permettant de transformer l'alumine en aluminium.

D'une situation de quasi-monopole, on est passé à une situation de compétition acharnée avec un effet sur le niveau des prix. Les entreprises du secteur de l'aluminium se sont renouvelées et les pays producteurs et consommateurs ont évolué eux aussi, en nombre et en importance. Les six majeures des années 60 ont vu leur pouvoir monopolistique de plus en plus contesté à partir des années 70 et, on a vu apparaître dans le secteur de l'aluminium des dizaines d'autres entreprises venant notamment des secteurs minier ou étatique. La « crise de l'aluminium Russe » des années 90 a vu une augmentation très forte de l'offre mondiale d'aluminium sur les marchés du fait des exportations massives de l'ex Union Soviétique ; l'effondrement des prix de l'aluminium qui s'en est suivi a conduit à une série de restructurations qui se poursuivent encore aujourd'hui, même si les comptes des entreprises de l'industrie de l'aluminium se sont redressés. Ces restructurations dans le secteur de l'aluminium permettent aux grands groupes du secteur d'augmenter leur taille critique afin d'éviter d'être eux-mêmes absorbés ou pour augmenter leur rentabilité. Mais malgré ces nouveaux mouvements de concentration, le secteur de l'aluminium reste aujourd'hui très concurrentiel et les prix qui s'y pratiquent sont, non plus comme dans les années 60, des prix-

producteurs, mais de véritables prix de marché, cela d'autant plus que comme nous l'avons indiqué, depuis 1978, le LME est la bourse de référence pour l'aluminium.

La production d'aluminium dans le monde a connu ces dernières années une véritable relocalisation géographique. La Chine est le principal pays d'accueil des nouvelles installations de production d'aluminium pour des raisons de demande intérieure. Mais cette relocalisation de la production se fait aux dépens des Etats-Unis et de l'Europe pour des raisons de disponibilité énergétique dans ces pays. Pour ces mêmes raisons, la zone en plein développement actuellement concernant les infrastructures de production d'aluminium est le Moyen-Orient, qui, grâce aux ressources en gaz naturel a fait passer sa production d'aluminium de 1% à 5,5% du total mondial en moins de 20 ans. Concernant les perspectives sur l'évolution à moyen terme de l'industrie mondiale de l'aluminium, le rythme de croissance de la demande chinoise restera pour longtemps encore, le plus important même s'il est appelé à passer de 14% à 7,5% ; celui du monde occidental se situera autour de 2,5%, pour un rythme de consommation mondiale d'environ 4%. Concernant la future localisation des centres de production d'aluminium, à l'horizon 2020, la Chine apparaît avec un niveau de production stabilisé à environ 13 à 15 millions de tonnes d'aluminium par an comme le principal pays de production de l'aluminium. Une part de marché croissante est prévue pour des pays du Moyen-Orient et pour la Russie, mais par contre une diminution supplémentaire des parts européenne (de 14 à 8 %) et américaine (environ 5 % en 2020). Des baisses légères de part de marché devraient être observées pour les industries canadienne et australienne d'aluminium. Concernant la concentration industrielle et l'intégration verticale dans l'industrie de l'aluminium, le rôle des grandes sociétés intégrées actuelles susceptibles d'être dominées par des conglomérats miniers n'apparaît pas clairement. Concernant le degré d'intégration verticale, le modèle de la société parfaitement intégrée en amont et en aval semble être pour l'instant démodé et remplacé par un modèle où les sociétés sont surtout présentes en amont ou en aval avec une intégration plutôt horizontale que verticale. Cette tendance sera-t-elle confirmée dans le futur ? Sur la question des prix futurs de l'aluminium. Les prix élevés de l'énergie rendent peu rentables la production de biens dérivés du carbone d'où leur rareté croissante. En ce qui concerne l'alumine, les prix futurs devraient refléter leurs coûts croissants d'exploitation. La stabilisation des prix réels est aussi reliée au facteur changement technologique. En effet, il est de plus en plus difficile d'améliorer l'efficacité énergétique du procédé Hall-Héroult et de diminuer les coûts moyens de production. Une

baisse additionnelle de ces coûts est encore possible mais à condition que le procédé de production de l'aluminium bénéficie d'une percée technologique majeure.

Le rôle nouveau de leadership de la Chine dans le secteur de l'aluminium a été largement souligné. La Chine est en effet le nouveau géant dans le domaine de la production et de la consommation d'aluminium. Avec plus de 23% de la consommation mondiale d'aluminium, la Chine devance en effet aujourd'hui les Etats-Unis ; et ce pays n'est qu'au début de son cycle d'industrialisation, avec une consommation de moins de 5 kg par an et par habitant, soit quatre fois moins que la moyenne des pays industrialisés occidentaux. Nous avons indiqué les facteurs macro économiques et les facteurs proprement industriels du dynamisme chinois. En Chine, le taux annuel de production d'aluminium primaire a augmenté à un rythme très élevé, passant de 2,7 millions de tonnes au début de 2000 à 9,4 millions de tonnes en 2006. Des variables précises exposées plus haut expliquent une telle augmentation de la production. Il faut aussi noter concernant la Chine, que malgré la hausse phénoménale de la production d'aluminium primaire, le taux de croissance de cette dernière diminue depuis quelques années, passant de 25-30 % il y a trois ans à 15-17 % aujourd'hui. Une autre caractéristique intéressante de la production chinoise d'aluminium concerne sa structure de coûts d'opération. Rappelons que la grande majorité des usines chinoises ont des coûts variables élevés (énergie, alumine). Par contre, c'est l'inverse pour leurs coûts fixes (coûts de construction d'une nouvelle usine), ces derniers représentent environ un tiers des coûts fixes occidentaux (1300 \$ par tonne de capacité contre 4300 \$ par tonne en Occident). Ceci implique que la production chinoise (à coûts variables élevés) est plus sensible aux variations des prix. Si ces derniers venaient à chuter sous les 1800 -1900 \$ par tonne, le niveau de production chinois serait grandement affecté, compte tenu de la difficulté de couvrir alors l'ensemble des coûts variables moyens de production.

Même si la Chine a augmenté d'environ 50% en 2006 ses capacités de production d'alumine elle restera encore dans le futur un importateur net de ce produit compte tenu de la stratégie des entreprises chinoises d'investissements directs à l'étranger et d'importation d'alumine en provenance de leurs filiales.

On peut aussi signaler que l'appréciation du Yuan va permettre aux Chinois d'offrir encore de meilleurs prix pour le métal secondaire, rendant ainsi assez insuffisante l'offre disponible de rebuts sur les marchés européens et américains.

Un autre élément alimentant l'optimisme sur l'importance de l'aluminium dans l'avenir pour l'économie mondiale est l'évolution de la part de l'aluminium recyclé. Nous avons vu que l'aluminium est indéfiniment recyclable, que son recyclage lui conserve ses qualités physico-chimiques et que ce recyclage permet une économie de 95% de l'énergie nécessaire à la production d'aluminium primaire. L'aluminium secondaire qui représentait 21% du total d'aluminium consommé en 1960, en représente aujourd'hui 30% et atteindra le niveau de près de 40% de l'aluminium consommé en 2020. L'intérêt porté à ce métal est donc justifié, compte tenu du grand rôle qu'il joue et est encore appelé à jouer dans l'économie mondiale.

Les possibilités d'offre croissante d'aluminium amène à se poser des questions sur le comportement induit des prix.

Les prix au comptant de l'aluminium sont instables, à l'instar de ceux de la plupart des matières premières d'origine végétale, animale ou minérale. Cette instabilité s'explique par des éléments fondamentaux sous-jacents aux marchés, par des éléments informationnels et dans le cas de l'aluminium par le rôle du dollar. Les moyens de lutte contre l'instabilité de l'aluminium sont limités aux contrats à terme. En effet, il n'existe pas pour l'aluminium de mécanisme global de stabilisation des cours de type STABEX ou stocks régulateurs du FMI. Dans ces conditions le LME, avec ses contrats à terme est bien une des seules grandes bourses pouvant protéger les opérateurs contre le risque de prix.

L'introduction du contrat aluminium au LME en 1978 a ouvert une nouvelle ère caractérisée par des prix de marché. Le LME traite 95% des transactions mondiales sur l'aluminium, c'est de loin la première bourse de commerce pour ce métal. Nous avons montré que ce rôle leader du LME était justifié par sa longue expérience en matière de négoce des métaux non-ferreux, il en est la bourse pionnière. Mais l'attractivité du LME s'explique aussi par l'originalité de ses méthodes de transactions qui concilient une certaine flexibilité accommodante pour les professionnels de l'aluminium avec un souci de rigueur apportant aux opérateurs les protections classiques d'une bourse de commerce.

Nous avons analysé les trois principales fonctions financières du LME, bourse leader dans le commerce des métaux en général et de l'aluminium en particulier et procédé à l'examen empirique de la validité de ces fonctions.

Concernant la fonction d'information, les analyses de FAMA et de JENSEN font autorité en matière d'étude de l'efficience des marchés. Concernant l'étude des marchés à terme des marchandises, les travaux fondateurs sont ceux de TAUSSIG (1921) et de WORKING (1958). Working qui, contrairement à Taussig conclut au cheminement aléatoire des cours des marchandises. Nous avons présenté plusieurs travaux sur l'efficience effectués sur des produits de base dans des marchés connus, mais aussi dans des marchés de pays émergents. L'hypothèse d'efficience est à la base de plusieurs travaux de finance contemporaine qui considéraient généralement au début que la marche au hasard des cours était acquise. Mais l'existence des poches d'inefficience est devenue de plus en plus une évidence. A ce propos, AGLIETTA (1995) n'hésite pas à affirmer qu' « en dépit de sa forte cohérence logique et de son fondement microéconomique qui admet le sujet représentatif et optimisateur d'un côté, la coordination du marché par la concurrence de l'autre, la théorie des marchés financiers efficients est de plus en plus contestée ». Sur la fonction d'information du LME, nous avons effectué une étude empirique dont le but était de répondre une double interrogation : d'abord, les cours de l'aluminium au LME suivent-ils une marche au hasard synonyme d'efficience du marché de Londres ? Ensuite, nous nous sommes posés la question de savoir si les cours à terme de l'aluminium au LME étaient de bons prédictors des prix spot de l'aluminium. Pour la première question, nous avons utilisé le test de la racine unitaire et la méthodologie de HANSEN et HODRICK (1980), pour la seconde question, nous avons dans un premier temps, fait le test classique de l'équation reliant les séries de prix au comptant et à terme, ensuite nous avons utilisé la méthodologie de la cointégration. Les résultats obtenus sont les suivants.

D'abord, les prix à terme de l'aluminium au LME trois mois avant l'échéance sont des estimateurs sans biais des prix au comptant futurs. La vérification de la capacité prédictive des prix à terme de l'aluminium au moyen des tests de cointégration donne des résultats montrant qu'il existe une tendance commune d'évolution entre les séries des cours à terme et les séries des cours au comptant correspondants ; Le LME est donc efficient pour l'aluminium.

Concernant la question de l'efficacité et de l'optimalité des opérations de couverture au LME pour l'aluminium, nous avons commencé par justifier la présence des spéculateurs sur les marchés pour les opérations de couverture en examinant les théories (déport normal et stockage) au sujet de l'analyse de la base. Ensuite, nous avons présenté les approches théoriques sur l'efficacité et l'optimalité des opérations de couverture. La question étant de savoir si le LME protège efficacement les opérateurs qui l'utilisent pour se débarrasser du risque de fluctuation des cours. Nous avons dans notre analyse empirique de l'efficacité et l'optimalité de la couverture au LME, utilisé le modèle standard d'EDERINGTON (1979). Les résultats obtenus sont les suivants : En considérant un seuil d'efficacité minimale de couverture de 50 % en deçà duquel les opérateurs se détournent d'un marché pour cause d'incapacité de celui-ci à gérer le risque de prix en les protégeant efficacement, nous pouvons affirmer que le LME apporte à ses utilisateurs une protection efficace contre la volatilité des cours de l'aluminium. En effet, L'analyse des résultats obtenus montre un taux de réduction du risque satisfaisant (R^2 variant entre 0,765 et 0,970 sur la période 2001-2005). Nous observons que l'efficacité de la couverture (R^2) décline avec l'échéance de maturité du contrat et croît avec la durée de couverture.

Enfin, concernant l'effet stabilisateur du LME sur les prix au comptant, les différentes méthodes utilisées pour vérifier cet effet peinent à montrer, même une fois les données expurgées de cette période extraordinairement instable qu'ont constituée les années 80, que la volatilité des cours de l'aluminium n'a pas augmenté après l'ouverture du marché à terme.

Nous avons présenté les thèses pour et contre l'effet stabilisateur des marchés à terme sur les cours comptants. Nous avons remarqué que les débats sur ce sujet tournaient autour de la spéculation que l'on accusait d'accentuer les fluctuations des cours sur les marchés. Nous avons aussi observé que, d'une façon générale les professionnels des marchés des produits de base étaient accusateurs des marchés à terme pour leur rôle déstabilisateur des cours spot, alors que les universitaires partageaient la conviction contraire.

Pour mesurer le phénomène de fluctuations des cours, nous avons utilisé, en comparant les séries des périodes pré et post marché à terme de l'aluminium, quatre méthodes d'observation et d'analyse. D'abord, l'étude de la variance des séries tend à montrer que celle-ci augmente après la création du contrat aluminium au LME en 1978. L'utilisation du

coefficient de variation, pour tenir compte de l'hétérogénéité des moyennes des séries, n'invalide pas les conclusions tirées de l'observation de l'évolution de la variance selon lesquelles, la volatilité des cours se serait accentuée après l'introduction du contrat aluminium au LME en 1978. Ensuite nous avons utilisé la méthodologie d'ANTONIOU et FOSTER (1992) qui ont proposé cinq outils de mesure de la volatilité. Alors que la méthode de la variance laissait subsister des doutes, les conclusions tirées à partir de la méthodologie d'Antoniou et Foster indiquent clairement que la volatilité a augmenté après la création du LME en 1978. En troisième lieu, nous avons eu recours au modèle ARIMA. Les analyses de ce modèle montrent dans un premier temps que, l'écart-type de la composante aléatoire de la série des prix bruts de l'aluminium a augmenté après la création du contrat aluminium au LME en 1978. On pourrait donc conclure que le LME a créé des conditions d'une plus grande volatilité pour les prix de l'aluminium. Mais, en excluant des séries les années 80, années d'instabilité exceptionnelle (« période trouble »), on trouve une grandeur de la composante aléatoire des séries assez proche pour les deux périodes comparées ; on devrait donc conclure que la volatilité observée après 1978 sur les cours de l'aluminium ne s'explique pas par la seule création du contrat aluminium au LME. Enfin l'utilisation du modèle GARCH permet d'observer une baisse des coefficients δ_1 et δ synonymes de baisse de la volatilité des cours de l'aluminium après 1978 au LME.

Nous n'avons donc pas pu conclure de façon nette que la volatilité a baissé après la création du contrat aluminium au LME en 1978. En effet les résultats obtenus par les différentes méthodes ne montrent pas de façon concordante un effet stabilisateur du LME pour les cours de l'aluminium, même si l'utilisation du modèle GARCH tend à conclure à la stabilisation du marché par les transactions à terme.

D'autres méthodes d'analyse plus récentes, tel que notamment la méthodologie des données à haute fréquence auraient pu être utilisées aussi bien pour analyser la question de la fonction d'information du LME que pour l'analyse de l'effet stabilisateur du LME sur les prix spot, mais pour des raisons de disponibilité de statistiques, nous ne pourrions recourir à ces méthodes qu'ultérieurement.

Malgré ces doutes sur la question de l'effet stabilisateur du LME pour l'aluminium, on peut dire que ce marché est incontestablement utile aux différents opérateurs économiques du secteur de l'aluminium. C'est le véritable marché de référence pour l'aluminium, et cela s'explique assez aisément. Le rôle de marché leader du LME pour l'aluminium se justifie en effet largement. Rappelons que le contrat aluminium a été introduit au LME dans un contexte où les prix producteurs étaient la règle, avec les pratiques d'entente et d'opacité que cela suppose. Le contrat aluminium du LME a donc apporté liberté et transparence à un marché dans lequel les nouveaux concurrents des 6 sociétés majeures commençaient d'ailleurs déjà à réclamer plus de vérité sur les prix. Le LME nous l'avons vu, a une organisation soucieuse de transparence dans les transactions et les services les plus adaptés à la clientèle des opérateurs. C'est dans cet esprit qu'il faut comprendre le caractère atypique de ses techniques de cotation. Les dates d'échéance glissantes pour les contrats à trois mois permettent en effet aux opérateurs de pouvoir choisir différentes dates de débouclage pour ces contrats. La triple méthode de cotation permet d'une part, de déterminer des cours officiels de référence par le « ring » et le « kerb » et d'autre part, de pouvoir acheter et vendre des contrats 24 heures sur 24 par « l'inter office ». L'originalité du LME se trouve aussi dans sa mise à la disposition des opérateurs d'un vaste réseau de magasins agréés de stockage de métaux, permettant à ceux d'entre eux qui souhaitent prendre livraison effective de leurs achats, de le faire dans des conditions de proximité et de délais satisfaisantes. Mais ces différents aspects matériels spécifiques n'empêchent pas l'exercice de l'extrême rigueur habituelle des marchés financiers organisés; ainsi par exemple, la présence d'une Chambre de compensation reconnue, la London Clearing House exclut tout risque de défaut d'un opérateur. Nous avons testé le caractère prédictif des prix à terme de l'aluminium au LME sur les prix au comptant en utilisant notamment la méthode de la cointégration. Les résultats ont montré une relation de long terme stable entre les prix au comptant de l'aluminium au LME et les prix à terme. Les opérateurs sont donc bien informés sur les prix comptants futurs à partir des prix à terme du LME. Enfin, l'efficacité de la couverture du contrat aluminium est excellente, elle est en effet bien supérieure à 70% pour les échéances les plus éloignées. Avec 95% des transactions sur l'aluminium, le LME connaît de la part des opérateurs de ce métal un véritable « plébiscite » et notre travail a consisté en grande partie, à comprendre, mesurer et expliquer cette situation.

SOMMAIRE DES ANNEXES

- ANNEXE 1 :** schéma de la répartition de la consommation d'aluminium par filière d'utilisation dans les pays occidentaux en 2002
- ANNEXE 2 :** schéma du procédé de production de l'aluminium métal et de ses produits.
- ANNEXE 3 :** schéma simplifié du procédé Bayer.
- ANNEXE 4 :** schéma du recyclage de l'aluminium.
- ANNEXE 5 :** schéma des réserves mondiales de bauxite par catégories de pays en 2002.
- ANNEXE 6 :** - schéma de la répartition des principales réserves mondiales de bauxite dans la période 2000-2003
- diagramme montrant l'évolution de la part mondiale des réserves de bauxite en fonction du nombre de pays retenus.
- ANNEXE 7 :** - schéma de l'évolution de la production mondiale de bauxite de 1900 à 2005.
- tableau de la production mondiale de bauxite depuis 1900 et évolution du nombre de nations productrices.
- ANNEXE 8 :** tableau de la production d'alumine de 1960 à 2005
- ANNEXE 9 :** schéma de l'évolution du volume de production mondiale d'alumine de 1960 à 2005.
- ANNEXE 10 :** - schéma d'évolution de la courbe des coûts de production dans les fonderies d'aluminium de l'Europe des 25 entre 200 et 2006.
- les coûts mondiaux de l'énergie par région géographique en 2000 et 2006.
- ANNEXE 11 :** - schéma des coûts mondiaux du travail par région du monde.
- Tableau de la production mondiale d'aluminium de 1900 à 2005.
- ANNEXE 12 :** schéma d'évolution du volume de production mondiale d'aluminium primaire de 1900 à 2005.
- ANNEXE 13 :** tableau de production de bauxite, d'alumine et d'aluminium par pays et par région géographique en 1995, 2000 et 2005.
- ANNEXE 14 :** tableau de production de bauxite, d'alumine et d'aluminium par pays et par région géographique en 1995, 2000 et 2005 (suite)
- ANNEXE 15 :** schéma de l'évolution de la répartition de la production mondiale d'aluminium par zones géographiques en 1995 et en 2005.
- ANNEXE 16 :** tableau de consommation mondiale d'aluminium primaire par région géographique et par pays en 1995, 2000 et 2005.

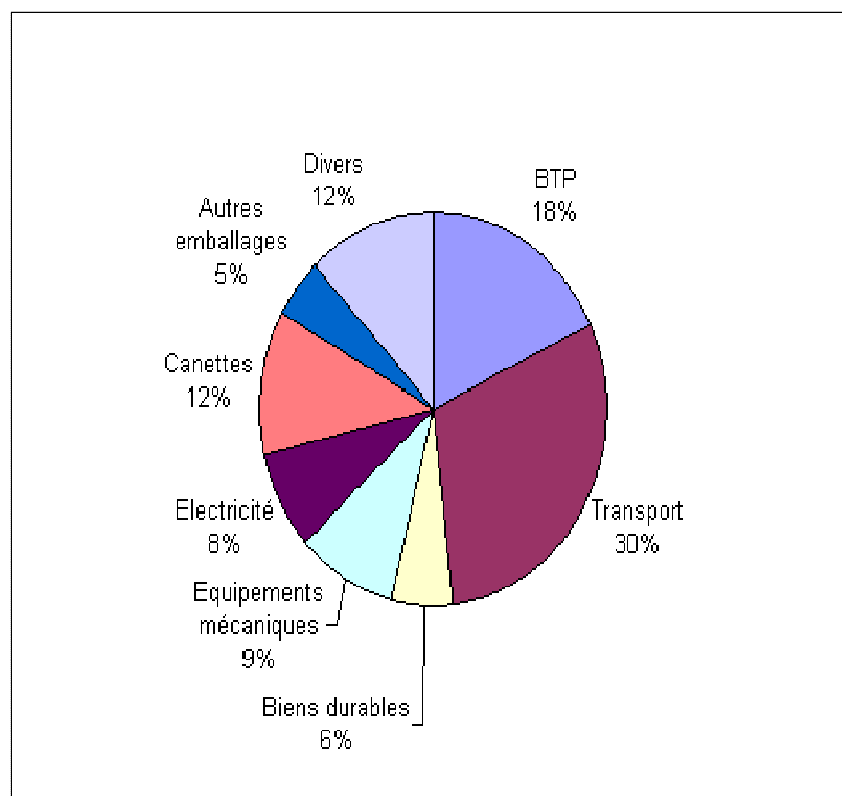
- ANNEXE 17** : schéma de l'évolution de la répartition de la consommation mondiale d'aluminium en 1995 et 2005.
- ANNEXE 18** :- Schéma de l'évolution de la part de la Chine dans la consommation mondiale d'aluminium
 - évolution de la consommation chinoise d'aluminium en KG par habitant
- ANNEXE 19** : schéma de la comparaison de la consommation annuelle d'aluminium en KG par habitant en 2002
- ANNEXE 20** : - schéma de l'évolution et de la prévision de la croissance annuelle de la demande chinoise d'aluminium en pourcentage
 - schéma de l'évolution et de la prévision de la croissance annuelle de la demande chinoise d'aluminium en milliers de tonnes
- ANNEXE 21** : - schéma d'évolution de la consommation d'aluminium primaire de l'OCDE entre 1960 et 1991.
 - schéma d'évolution de la consommation d'aluminium primaire des Etats-Unis, du Japon et de la CEE entre 1960 et 1991.
- ANNEXE 22** : tableau des principales importations et exportations de bauxite.
- ANNEXE 23** : tableau des principales importations et exportations d'alumine.
- ANNEXE 24** : tableau des principales importations et exportations d'aluminium.
- ANNEXE 25** : - schéma du solde en 2002 du commerce international de bauxite pour les principaux acteurs.
 - schéma du solde en 2002 du commerce international d'alumine pour les principaux acteurs.
- ANNEXE 26** : schéma du solde en 2002 du commerce international d'aluminium pour les principaux acteurs.
- ANNEXE 27** : tableau représentant la propriété et le contrôle de la capacité occidentale de production de bauxite, d'alumine et d'aluminium.
- ANNEXE 28** : schéma de la carte des groupes stratégiques dans l'industrie de l'aluminium à la fin des années 80.
- ANNEXE 29** : schéma de l'évolution de la concentration des entreprises dans le secteur de l'aluminium
- ANNEXE 30** : schéma de la carte des groupes stratégiques dans l'industrie de l'aluminium en 2007
- ANNEXE 31** :- tableau du scénario chiffré de la fusion Alcoa-Alcan
 - tableau du scénario chiffré de la fusion Alcoa-Reynolds

- ANNEXE 32** : - tableau du scénario chiffré de la fusion Rusal-Sual-Glencore
- tableau du scénario chiffré de la fusion Rio tinto -Alcan en 2007
- ANNEXE 33** : schéma de la hiérarchie dans les filières bauxite-alumine-aluminium après la fusion en 2007 de Rio Tinto et Alcan selon les volumes de production de 2006
- ANNEXE 34** : tableau d'évolution de la consommation d'aluminium secondaire par rapport à la consommation totale d'aluminium jusqu'en 1991.
- ANNEXE 35** : tableau de quelques données récentes sur la production d'aluminium secondaire.
- ANNEXE 36** : schéma des stades de production dans l'industrie de l'aluminium avec les principaux inputs.
- ANNEXE 37** : schéma du détail de la production au stade aval (Downstream) dans l'industrie de l'aluminium.
- ANNEXE 38**: tableau de l'intégration verticale dans les principales sociétés de l'industrie de l'aluminium en 2007.
- ANNEXE 39** : schéma d'évolution de la production d'aluminium primaire en Chine
- ANNEXE 40** : schéma de comparaison des éléments de coût d'exploitation d'une fonderie d'aluminium en Chine et hors de Chine.
- ANNEXE 41** : schéma de comparaison de la consommation par secteur d'utilisation de l'aluminium en Chine et dans les pays occidentaux.
- ANNEXE 41** : - tableau des flux commerciaux d'aluminium chinois
- tableau de la production et de la consommation d'aluminium de la Chine.
- ANNEXE 43** : schéma d'évolution de la production de l'aluminium depuis 60 ans.
- ANNEXE 44** : schéma d'évolution de la consommation mondiale d'aluminium entre 1980 et 2005 par régions géographiques.
- ANNEXE 45** : schéma d'évolution de la production mondiale d'aluminium entre 1980 et 2005 par régions géographiques.
- ANNEXE 46** : schéma d'évolution de la consommation occidentale d'aluminium entre 1980 et 2005 par secteur d'utilisation.
- ANNEXE 47**: schéma de l'importance de l'aluminium secondaire dans la consommation mondiale de l'aluminium et projection en 2020.
- ANNEXE 48** : schéma de projection de la localisation géographique des centres de production de l'aluminium à l'horizon 2020
- ANNEXE 49** : schéma d'évolution des prix de l'aluminium de 1970 à 2007

- ANNEXE 50 :** - schéma de la production et des stocks d'aluminium occidentaux 1980-1992
- schéma de l'évolution des stocks d'aluminium des pays occidentaux en nombre de jours de 1980 à 1993
- ANNEXE 51 :** schéma de l'évolution de la cotation de l'aluminium primaire au LME en dollars et en francs français à prix constants entre 1969 et 1993.
- ANNEXE 52 :** schéma de la représentation de la baisse tendancielle des prix réels de l'aluminium entre 1973 et 2005.
- ANNEXE 53 :** schéma de l'évolution des prix des éléments de coûts moyens de production de l'aluminium (énergie et alumine) entre 1980 et 2006.
- ANNEXE 54 :** schéma d'évolution du taux de change réel et pondéré du dollar américain entre 1980-2002 et 2002-2006.
- ANNEXE 55 :** schéma de l'environnement de régulation financière au Royaume Uni.
- ANNEXE 56 :** schéma de la structure organisationnelle du LME.
- ANNEXE 57 :** carte des entrepôts agréés du LME dans le monde
- ANNEXE 58 :** corrélogramme de la série des prix au comptant de l'aluminium de 1995 à 2005
- ANNEXE 59 :** corrélogramme de la série des prix au comptant de l'aluminium de 1995 à 2005 en différences premières.
- ANNEXE 60 :** schéma des différents régimes des prix et de l'évolution des cours de l'aluminium de 1970 à 2007
- ANNEXE 61:-** corrélogramme des différences premières de la série des prix au comptant avant la création du marché à terme de l'aluminium (1970-1978).
- corrélogramme des différences premières de la série des prix au comptant après la création du marché à terme de l'aluminium (1979-2007).
- ANNEXE 62 :** - corrélogramme des différences premières de la série des prix au comptant après la création du marché à terme de l'aluminium (1970-1978), période « normale ».
- ANNEXE 63:-** corrélogramme des résidus de la série 1970-1978 pour le processus AR (5)
- corrélogramme des résidus de la série 1970-1978 pour le processus MA (2)
- ANNEXE 64:-** corrélogramme des résidus de la série 1979-2007 pour le processus AR (1)
- corrélogramme des résidus de la série 1979-2007 pour le processus MA (4)
- ANNEXE 65:-** corrélogramme des résidus de la série 1970-1978 pour le processus ARMA(1,1)
- ANNEXE 66 :** la notion de stationnarité
- ANNEXE 67 :** résultats des tests de stationnarité sur les séries brutes et les différences premières de séries de diverses périodes

ANNEXE 1

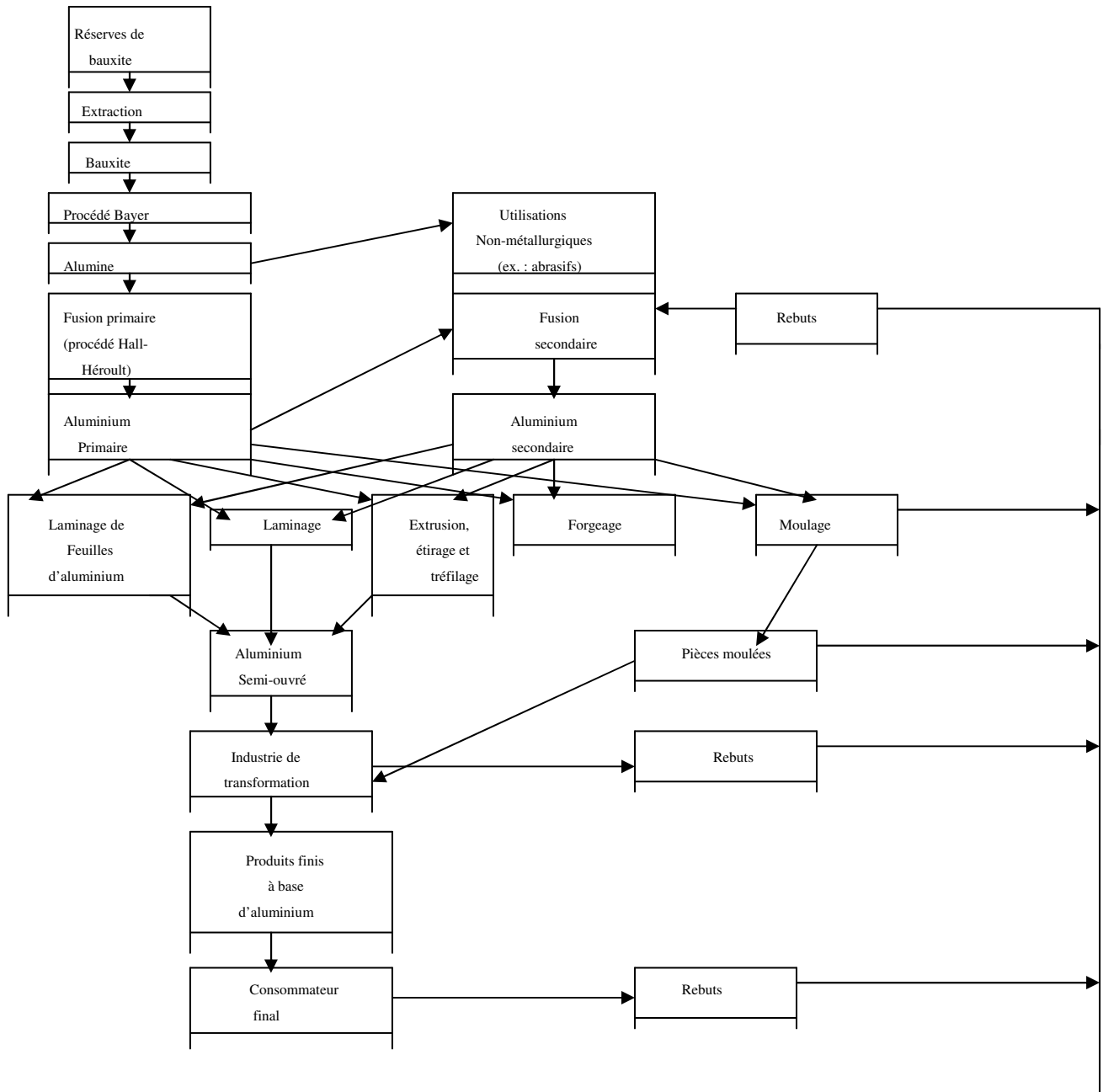
Figure I-1
Répartition de la consommation d'aluminium par
filière d'utilisation dans les pays occidentaux en 2002



Source : A. Coumoul ; La revue *ECOMINE*, BRGM, juin 2004

ANNEXE 2

Figure I-2 : Représentation schématique du procédé de production de l'aluminium métal et de ses produits

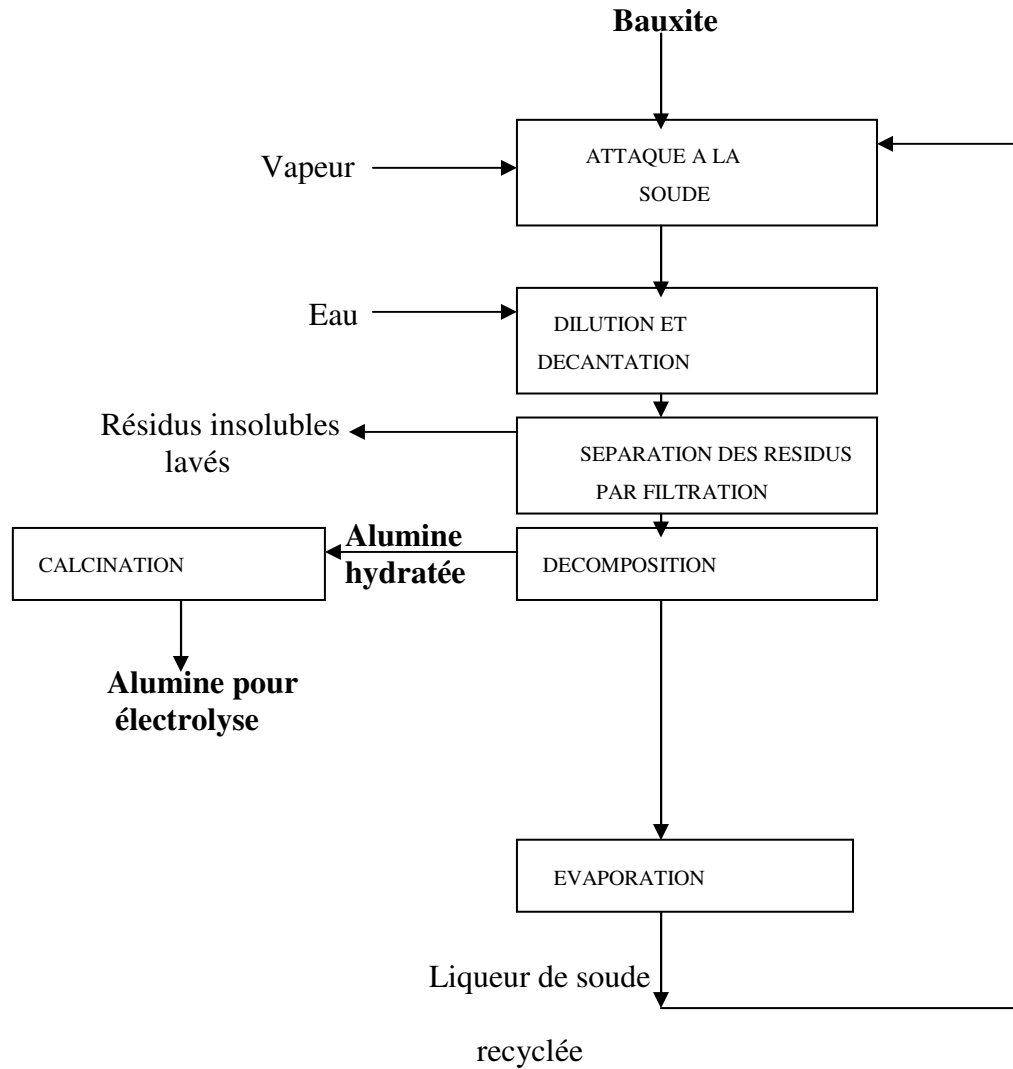


Source: M.J. PECK (éditeur): "The world Aluminium Industry in a changing

Energy Era". *Resources for the future*. Washington D.C. 1988. P.8

ANNEXE 3

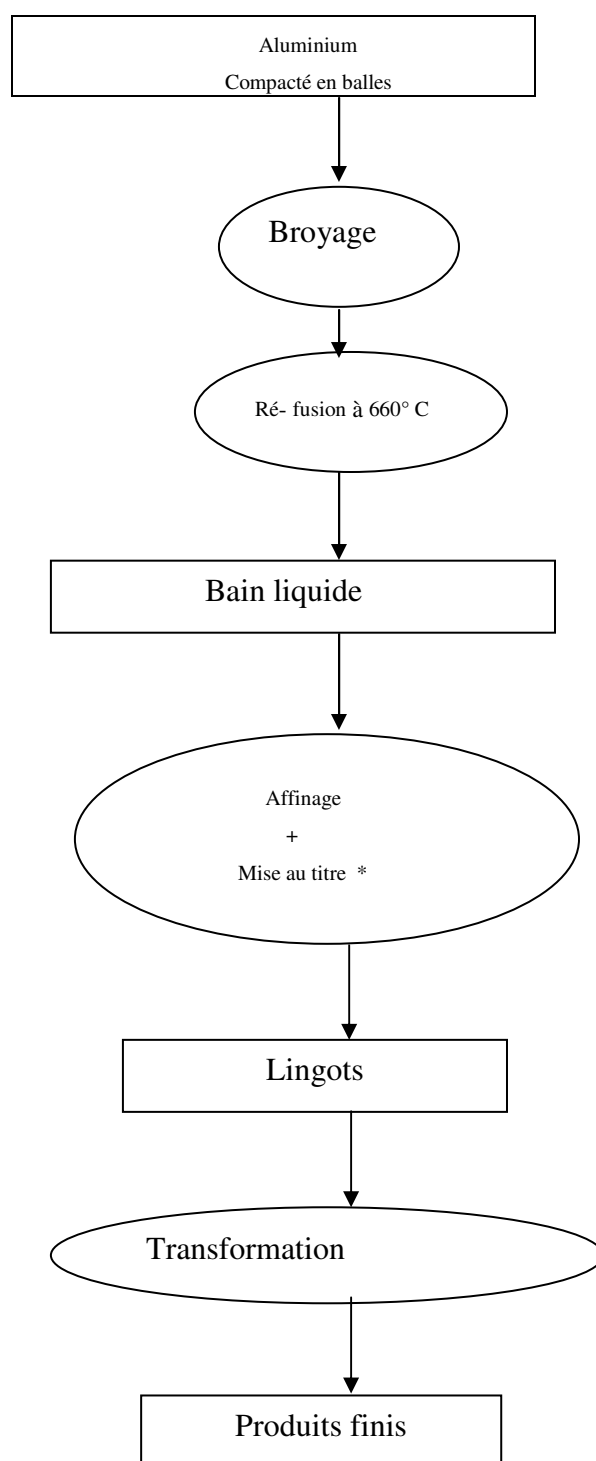
Figure I-3: Schéma simplifié du procédé Bayer



Source : Jean-yves MORLOCK dans « Cent ans d'innovations dans l'industrie de l'aluminium » p. 89 Editions L'HARMATTAN, Paris 1997

ANNEXE 4

Figure I-4 : LE RECYCLAGE DE L'ALUMINIUM

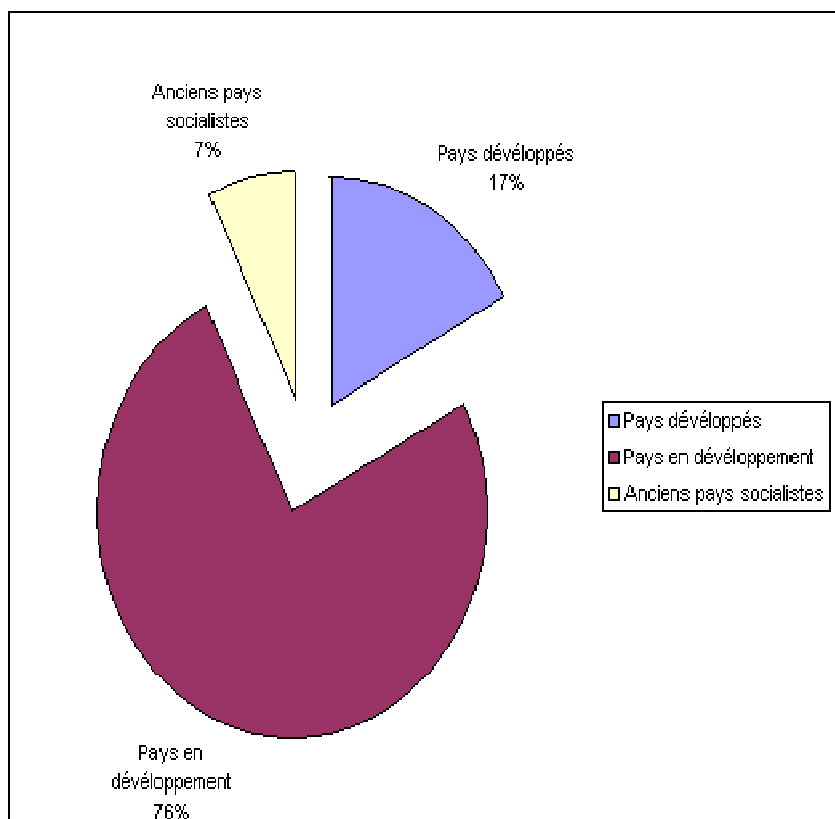


* Ajout de métaux pour obtenir des alliages aux propriétés spécifiques

Source : EcoEmballages 2004

ANNEXE 5 :

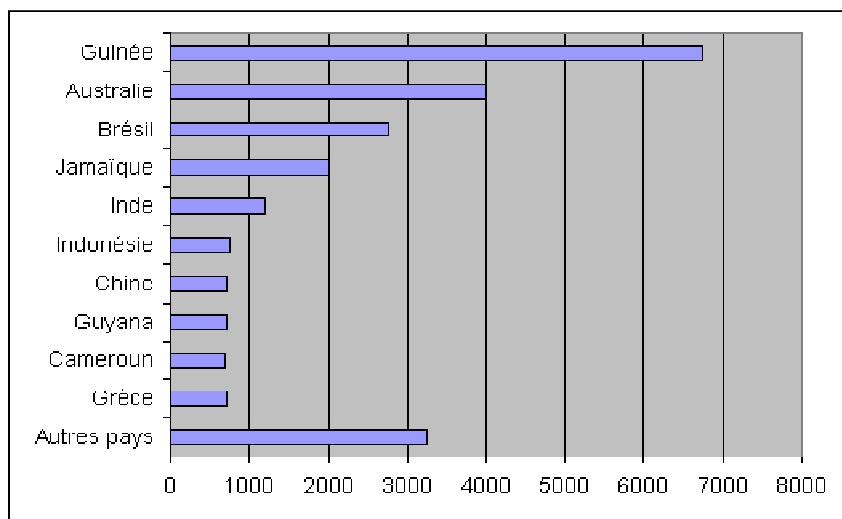
Figure 1-5 : Répartition des réserves mondiales de bauxite par catégories de pays en 2002



Sources : - World Bureau of Metal Statistics 1995-2005 93rd edition
- “States, Firms and Raw Materials: The World Economy and Ecology of Aluminum” The University of Wisconsin Press 1995

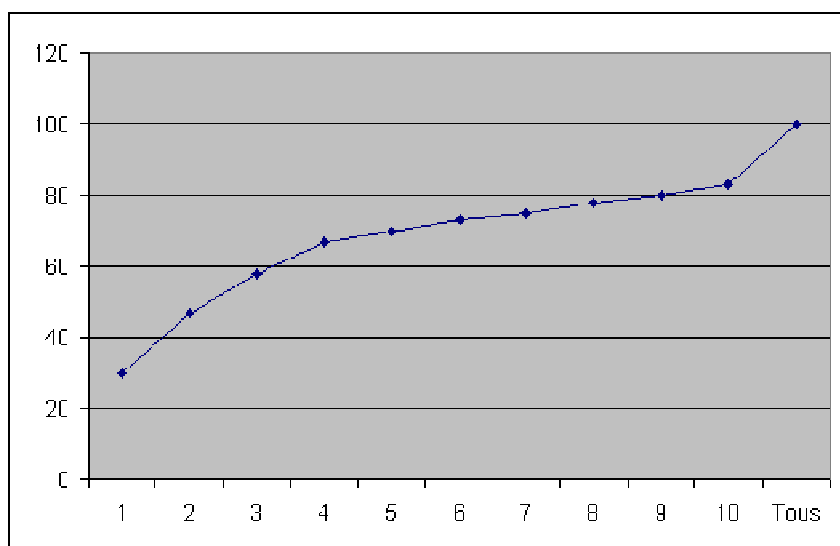
ANNEXE 6

Figure I-6: Répartition des principales réserves mondiales de bauxite dans la période 2000-2003 (en millions de tonnes)



Sources : A. COUMOUL, panaché de différentes sources *UGCS, DGEMP et divers Revue ECOMINE*, BRGM, juin 2004

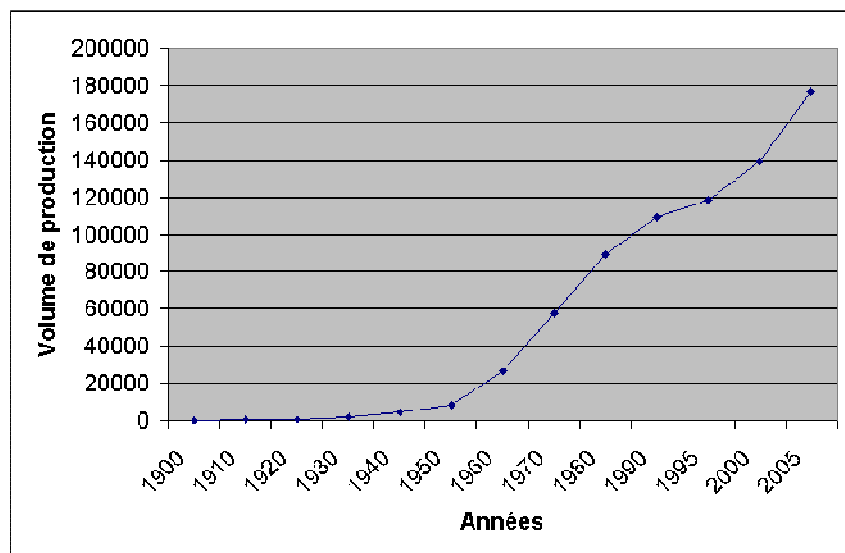
Figure I-7: Diagramme montrant l'évolution de la part mondiale des réserves de bauxite en fonction du nombre de pays retenus (cf liste de la figure I-5: 1 pays = Guinée, 2 pays = Guinée +Australie etc..)



Sources : A. COUMOUL, panaché de différentes sources *UGCS, DGEMP et divers Revue ECOMINE*, BRGM, juin 2004

ANNEXE 7

Figure I-8 Evolution de la production mondiale de bauxite de 1900 à 2005 (en milliers de tonnes)



Sources : - World Bureau of Metal Statistics 1995-2005 93 rd edition
 - “States, Firms and Raw Materials: The World Economy and Ecology of Aluminum” The University of Wisconsin Press 1995

Tableau I-2 : Production mondiale de bauxite depuis 1900 et évolution du nombre de nations productrices

Année	Production mondiale (en tonnes métriques)	Taux de croissance de la production	Nombre de nations productrices
1900	89 000		3
1910	350 227	294	5
1920	901 000	157	12
1930	1 629 000	81	14
1940	4 459 300	174	21
1950	8 160 000	83	20
1960	26 479 000	224	27
1970	57 784 000	118	28
1980	89 220 000	54	28
1990	109 118 000	22	27
2000	138 925 000	17	26
2005	176 407 000	27	26

Sources: - World Bureau of Metal Statistics 1995-2005 93 rd edition
 - “States, Firms and Raw Materials: The World Economy and Ecology of Aluminum” The University of Wisconsin Press 1995

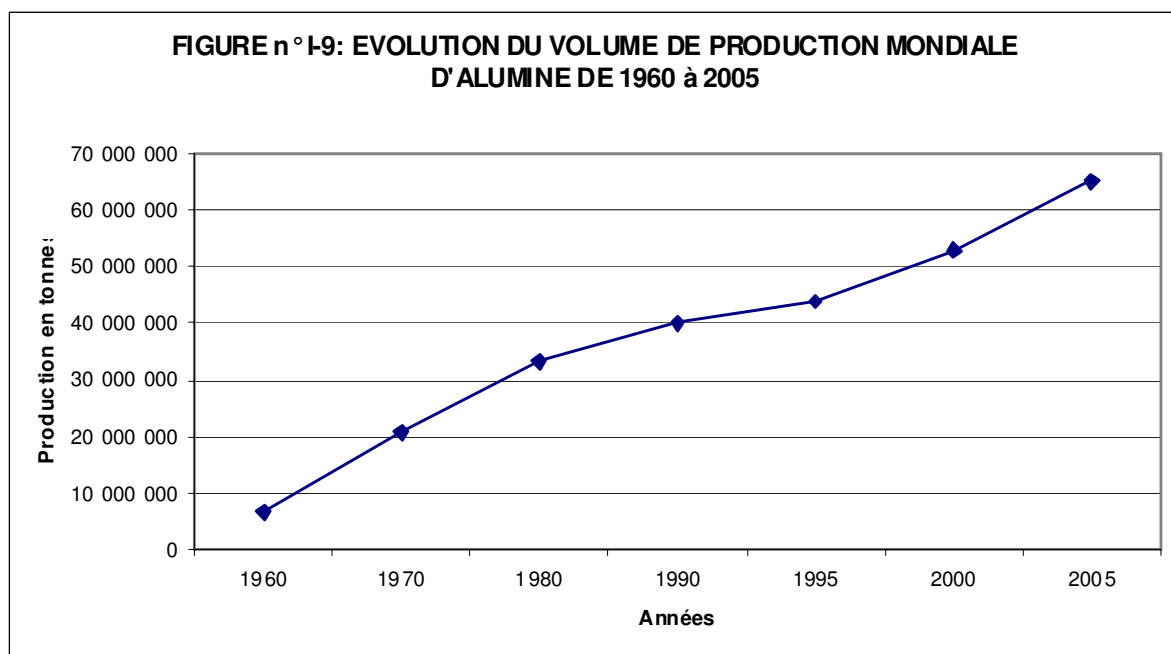
ANNEXE 8

Tableau n° I-3: Tableau de la production d'alumine de 1960 à 2005

Année	Production mondiale (en tonnes métriques)	% de croissance	Nombre de nations productrices	% de production des des 3 plus grandes nations productrices
1960	6 744 000		18	73
1970	20 766 000	208	24	50
1980	33 381 000	61	24	50
1990	40 105 000	20	25	48
1995	43 948 000	10	27	47
2000	52 945 000	20	29	46
2005	65 080 000	23	27	48

Sources: World Bureau of Metal Statistics. *Metal Statistics 1995- 2005* 93rd edition
"States, Firms and Raw materials: The world Economy and Ecology of Aluminum"
The university of Wisconsin Press 1995

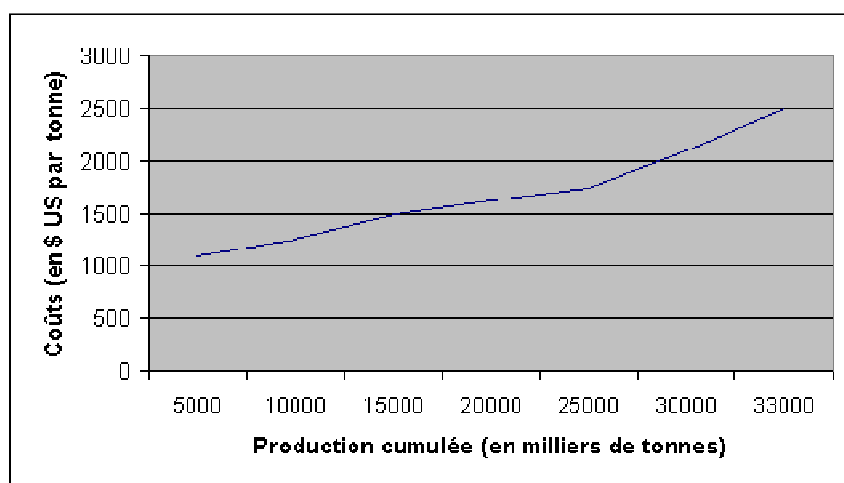
ANNEXE 9



Source: European Aluminium Association (EAA) "Sustainability of the European Aluminium Industry ; pp. 18 et 19, Bruxelles 2006

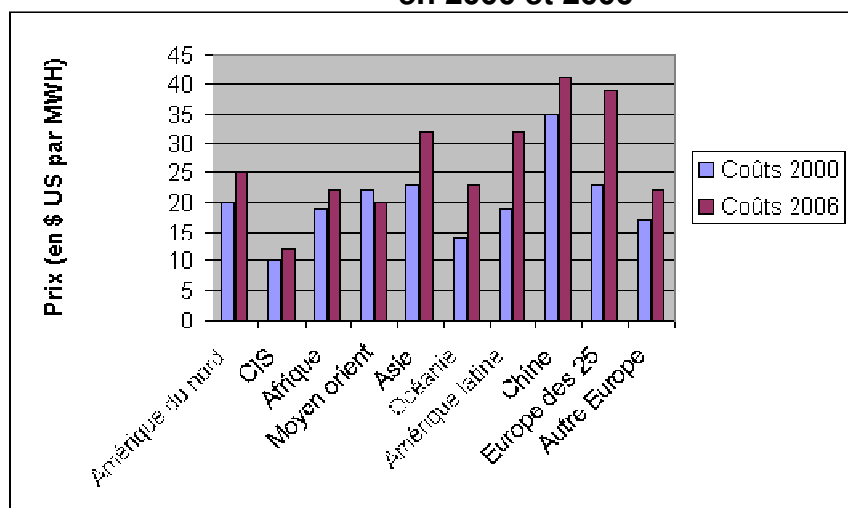
ANNEXE 10

Figure I-10: Evolution de la courbe des coûts de production dans fonderies d'aluminium de l'Europe des 25 entre 2000 et 2006



Source: European Aluminium Association (EAA) "Sustainability of the European Aluminium Industry ; pp. 18 et 19, Bruxelles 2006

Figure I-11: Les coûts mondiaux de l'énergie par région géographique en 2000 et 2006

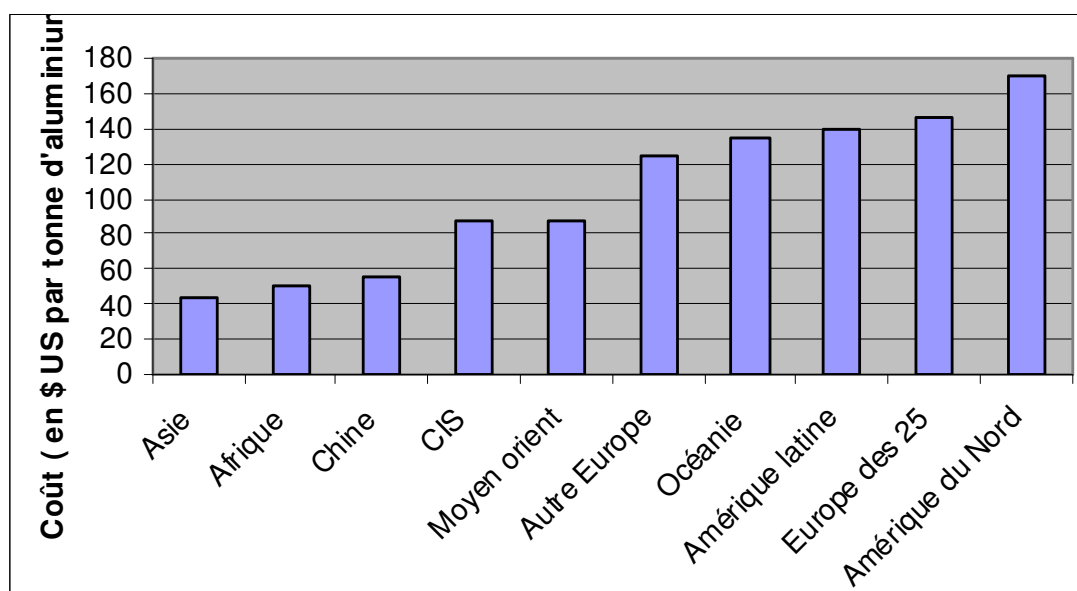


Source: "European Aluminium Association (EAA) "Sustainability of the European Aluminium Industry » ; pp. 18 et 19, Bruxelles 2006

ANNEXE 11

Figure I-12 : Les coûts mondiaux du travail par région du monde

Figure I-17: Les coûts mondiaux du travail par région géographique en 2006

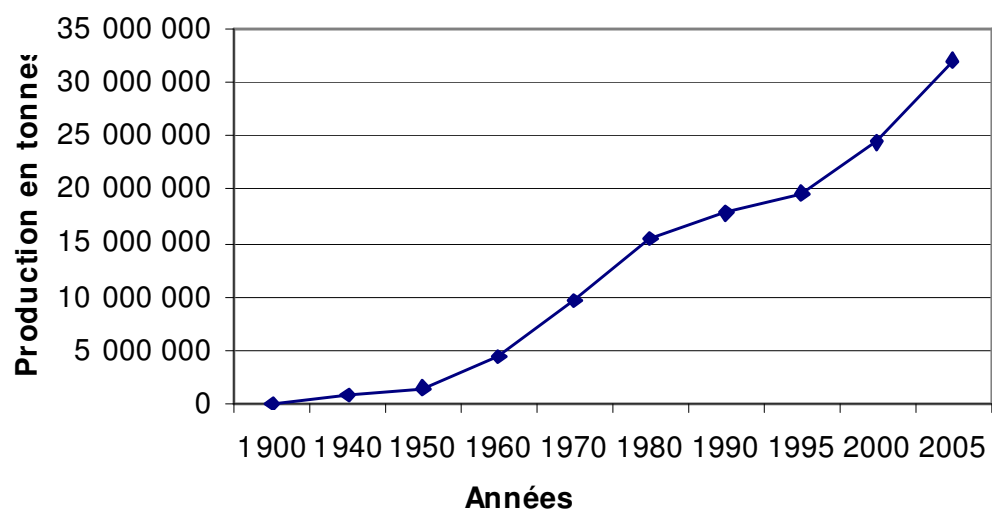


Source: European Aluminium Association (EAA) "Sustainability of the European Aluminium Industry » ; pp. 18 et 19, Bruxelles 2006

Tableau n° I-4: Tableau de la production d'aluminium de 1900 à 2005				
Année	Production mondiale (en tonnes métriques)	% de croissance	Nombre de nations productrices	% de production des des 3 plus grandes nations productrices
1900	6 139		4	90,1
1940	830 000		14	63,4
1950	1 500 000	81	18	80,1
1960	4 490 000	199	24	70,3
1970	9 654 000	115	33	58,8
1980	15 382 000	59	42	48,8
1990	17 817 000	16	41	43,9
1995	19 657 900	10	42	42,1
2000	24 418 100	24	43	39,8
2005	32 020 800	31	42	44,8
Sources: - World Bureau of Metal Statistics. Metal Statistics 1995- 2005 93rd edition				
"Firms and Raw materials: The world Economy and Ecology of Aluminum"				
The university of Wisconsin Press 1995				

ANNEXE 12

FIGURE n° I-13: EVOLUTION DU VOLUME DE PRODUCTION MONDIALE D'ALUMINIUM PRIMAIRE DE 1900 à 2005



Sources: - Selon les statistiques du *World Bureau of Metal Statistics. Metal Statistics 1995-2005* 93rd edition

ANNEXE 13

Tableau n° I-5 : Tableau de production de bauxite , d'alumine et d'aluminium primaire par pays et par région géographique en 1995, 2000 et 2005 en milliers de tonnes métriques

Pays	1995			2000						2005						
	Bauxite	Alumine	Aluminium	Bauxite	% Var. 95-00	Alumine	% Var. 95-00	Aluminium	% Var. 00-05	Bauxite	% Var.00-05	Alumine	% Var.00-05	Aluminium	% Var.00-05	
Bosnie	0			20		219		94,5		480	2300			127,7	35	
Allemagne		994	575,2			826	-17	643,5	12			830	0	647,9	1	
France	131	525	364,5	185	41	600	14	441,2	21	168	-9	600	0	442,3	0	
Grèce	2200	630	130,9	1990	-10	690	10	162,6	24	2495	25	780	13	165,3	2	
Royaume uni		108	237,9			89	-18	305,1	28					368,5	21	
Irlande		1186				1411	19					1500	6			
Islande			100,2					225,7	125					272,4	21	
Italie	11	857	177,8			1022	19	189,8	7			1100	8	192,9	2	
Yougoslavie	150	35	26	630	320	186	431	95,5	267	610	-3	235	26	120,4	26	
Hollande			215,6					301,7	40					340,7	13	
Norvège			846,8					1025,7	21					1376,5	34	
Pologne			50,8					52,4	3					53,6	2	
Roumanie	175	323	140,5			417	29	181,4	29			688	65	243,6	34	
Russie	3706	2254	2724,4	5000	35	2865	27	3247	19	6409	28	3259	14	3647,1	12	
Suède			94,5					100,1	6					102,6	2	
Suisse			20,7					35,5	71					44,5	25	
Slovaquie		654	38,1			60	-91	109,8	188			162	170	158,4	44	
Slovenie			70,2					75,6	8					138,5	83	
Espagne		1095	361,9			1123	3	365,7	1			1400	25	394,2	8	
Ukraine		1198	95,1			1365	14	103,2	9			1632	20	114,2	11	
Hongrie	1015	353	35	1046	3	357	1	33,9	-3	510	-51	300	-16	31	-9	
EUROPE	7388	10212	6306,1	8871	20	11230	10	7789,9	24	10672	20	12486	11	8982,3	15	
Argentine			185,5					261,8	41					270,7	3	
Brésil	1021	4	2143	1437	1	41	3754	75	1271,4	7	4	53	5201	39	1497,6	18
Canada			1064	2172			1197	13	2373,5	9		1400	17	2894,3	22	
Mexique			10,4					61,2	488							
Guyana	2028			2689	33					1473	-45					
Jamaïque	1085	7	3030	1112	6	2	3600	19		1411	8	27	4085	13		
Surinam	3530	1589	26,7	3610	2	1906	20			4756	32	1939	2			
Vénézuéla	5020	1742	626,6	4360	-13	1755	1	568,8	-9	5814	33	1920	9	624	10	
Etats unis	100	4533	3375,2	200	100	4786	6	3668,4	9	200	0	5215	9	2480,4	-32	
AMERIQU	3174			3635						4839						
UE	9	14101	7584,5	6	15	16998	21	8205,1	8.18248	5	33.1142	19760	16	7767	-5	

Source: World Bureau of Metal Statistics. *Metal Statistics 1995-2005* 93rd edition

ANNEXE 14

Tableau n° I-5 (suite)

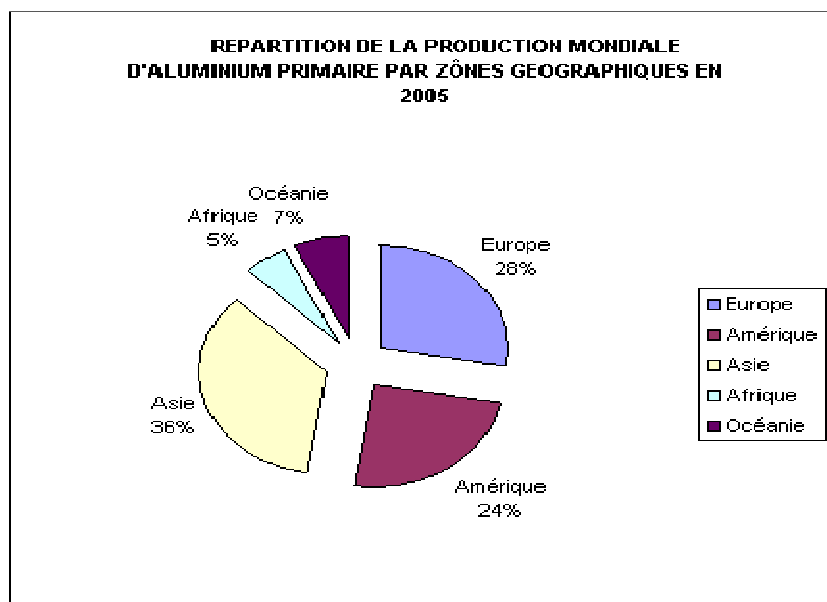
Production par pays et par région de bauxite, d'alumine et d'aluminium

Pays	1995			2000						2005					
	Bauxite	Alumine	Aluminium	Bauxite	% Var. 95-00	Alumine	% Var. 95-00	Aluminium	% Var. 00-05	Bauxite	% Var. 00-05	Alumine	% Var. 00-05	Aluminium	% Var. 00-05
Azerbaïdjan		26	6			76	192	2	-67			314	313	31,8	1490
Barheïn			453,9					509	12					708,3	39
Chine	8255	2223	1676,1	7900	-4	4328	95	2794,1	67	18000	128	8496	96	7806	179
Inde	5240	1672	536,5	7562	44	2107	26	649	21	12385	64	3045	45	942,4	45
Indonésie	899		228,1	1175	31			190,5	-16	1441	23			252,3	32
Kazakhstan	3318	1022		3729	12	1217	19			4815	29				
Malaisie	184			123	-33					2	-98	1505			
Pakistan	3			10	233					7	-30				
Vietnam															
Iran	192		114,8	485	153	440		139,5	22	323	-33	150	-66	232	66
Japon		743	18			782	5	6,5	-64			780	0	6,4	-2
Tadjikistan			230					269,2	17					379,6	41
Turquie	213		61,5	458	115			61,5	0	366	-20			59	-4
Emirats A.U.		172	248,1	16		155	-10	536	116	20	25	112	-28	850	59
ASIE	18304	5858	3573	21458	17	9105	55	5157,3	44	37359	74	14402	58	11268	118
Egypte			180,3					188,9	5					243,8	29
Ghana	530		135,4	424	-20			155,5	15	726	71			13,4	-91
Guinée	17733	630		17991	1	575	-9			19236	7	722	26		
Sierra Léone	0			0						42					
Cameroun			79,3					94,9	20					90,4	-5
Mozambique	10			8	-20			53,8		9	13			553,7	929
Afrique du sud			233,3					682,6	193					851,1	25
AFRIQUE	18273	630	628,3	18423	1	575	-9	1175,7	87	20013	9	722	26	1752,4	49
Australie	42655	13147	1292,6	53802	26	15037	14	1761,5	36	59959	11	17704	18	1903	8
Nouvelle Zél.			273,3					328,4	20					348,6	6
OCEANIE	42655	13147	1565,9	53802	26	15037	14	2089,9	33	59959	11	17704	18	2251,6	8
TOTAL															
MONDIAL	118369	43948	19657,8	138910	17	52945	20	24418	24	176398	27	65074	23	32021	31

ANNEXE 15

Figure n° I-14: Evolution de la production mondiale d'aluminium primaire par Zones géographiques

Zones	1995	2005
Europe	6306,1	8982,3
Amérique	7584,5	7767
Asie	3573	11268
Afrique	628,3	1752,4
Océanie	1565,9	2251,6
Total	19657,8	32021,3



Sources: - Selon les statistiques du *World Bureau of Metal Statistics. Metal Statistics 1995- 2005* 93rd edition

ANNEXE 16

Tableau n° I-6: Tableau de la consommation mondiale totale d'aluminium par pays et par région géographiques en 1995, 2000 et 2005 en milliers de tonnes métriques

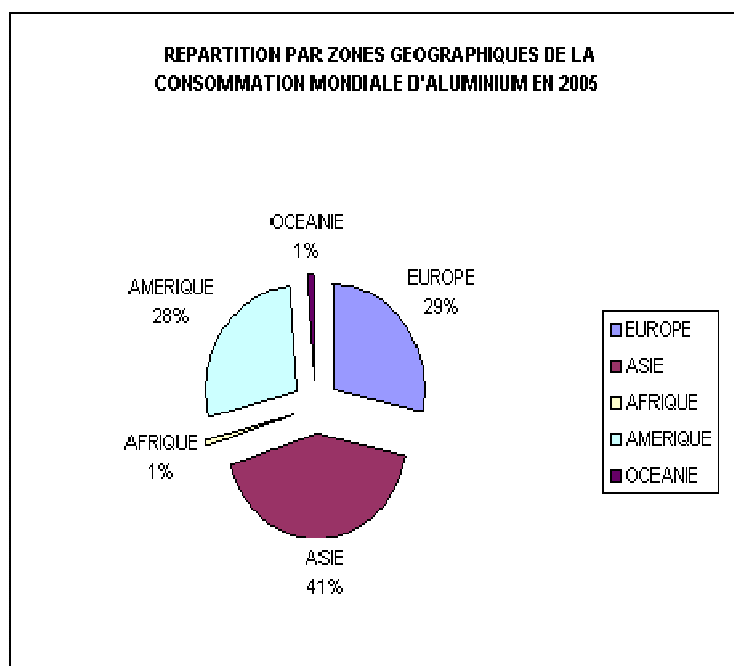
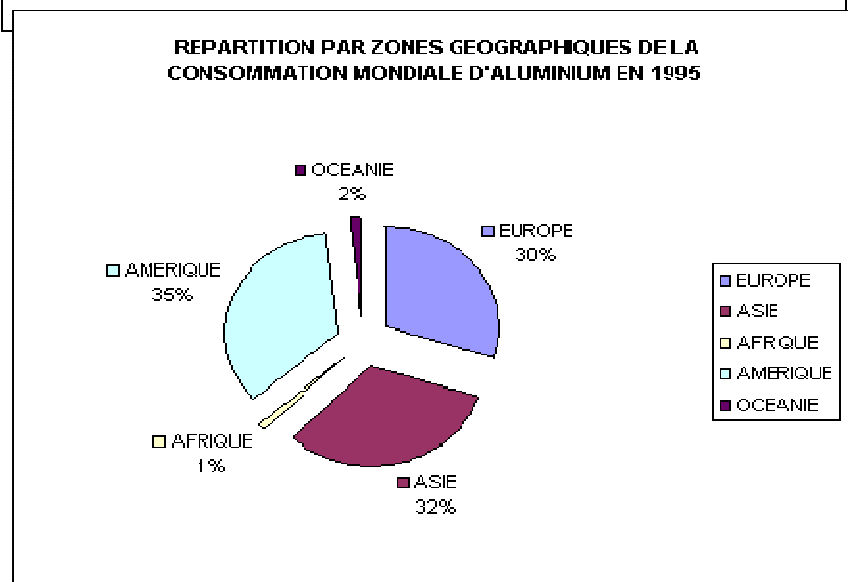
Pays	1995	2000	2005	%Var. 95-05	% C°mondiale en 2005
Belgique-Luxembourg	335,6	340,6	456,3	36	1,10
Danemark	59	73,8	77,8	32	0,19
Allemagne	2275,9	2730,4	3145	38	7,61
Finlande	64,5	81,9	65,4	1	0,16
France	997,4	1052,3	1004,5	1	2,43
Grèce	162,8	279,4	328,4	102	0,80
Royaume uni	849,7	816,8	540	-36	1,31
Italie	1380	1768,4	1901	38	4,60
Yougoslavie	26	20,9	56,8	118	0,14
Hollande	341,5	251	196	-43	0,47
Norvège	228,9	507,9	596,4	161	1,44
Autriche	243,5	326,3	315,5	30	0,76
Pologne	73	150	160	119	0,39
Portugal	80,7	96	116,1	44	0,28
Russie	496	798	1120	126	2,71
Suède	139	177	172	24	0,42
Suisse	153,3	171,2	162	6	0,39
Espagne	457	766,1	855,7	87	2,07
Autres Europe	4,4	13,3	75	1605	0,18
Autre Europe de l'est	274	392	457	67	1,11
EUROPE	8642,2	10813,3	11800,9	37	28,57
Chine	1942	3499	7119	267	17,24
Japon	3774,7	4020,7	3985,9	6	9,65
Corée du sud	725,4	872,6	1182	63	2,86
Autres Asie	2859	3308	4711	65	11,41
Autres Asie de l'est	26	43	106	308	0,26
ASIE	9327,1	11743,3	17103,9	83	41,41
Afrique du sud	157,2	229,3	230	46	0,56
Autre Afrique	150	155	160	7	0,39
AFRIQUE	307,2	384,3	390	27	0,94
Argentine	94,3	103,8	116,7	24	0,28
Brésil	617,3	743	1016,6	65	2,46
Canada	708,9	947,5	980,1	38	2,37
Mexique	168,4	374,8	374,8	123	0,91
Vénézuéla	210,5	207,5	194,9	-7	0,47
Etats-Unis	8242,8	9611,3	8780	7	21,26
Autre Amérique	70	70	86	23	0,21
AMERIQUE	10112,2	12057,9	11549,1	14	27,96
Australie	428,4	346,4	380,2	-11	0,92
Nouvelle Zélande	47,5	67,4	77,7	64	0,19
OCEANIE	475,9	413,8	457,9	-4	1,11
TOTAL MONDIAL	28864,6	35412,6	41301,8	43	100,00

Source: World Bureau of Metal Statistics. Metal Statistics 1995- 2005 93rd edition

ANNEXE 17

Figure I-15: Evolution de la répartition de la consommation mondiale d'aluminium par régions

Régions	1995
EUROPE	8642,2
ASIE	9327,1
AFRIQUE	307,2
AMERIQUE	10112,2
OCEANIE	475,9



Sources: - Selon les statistiques du *World Bureau of Metal Statistics. Metal Statistics 1995- 2005 93rd edition*

ANNEXE 18

**Figure I-16: Evolution de la consommation mondiale d'aluminium
Par régions géographiques. La Chine, une part plus importante dans un
camembert
en croissance**

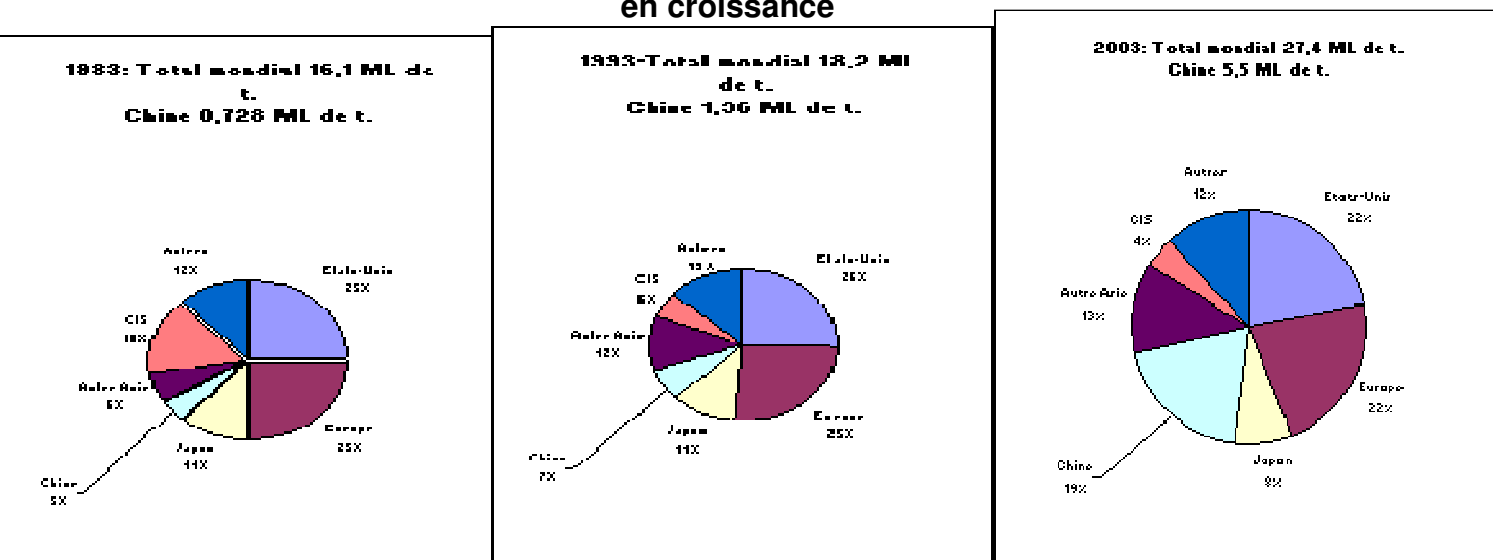
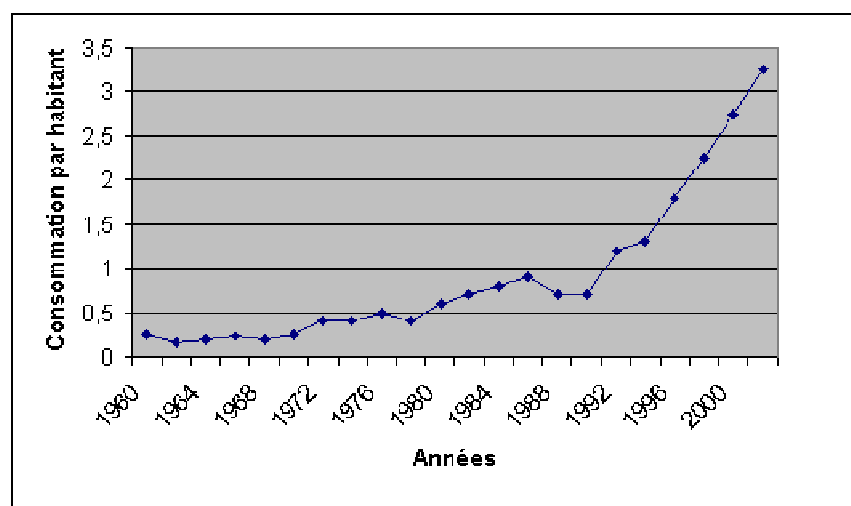


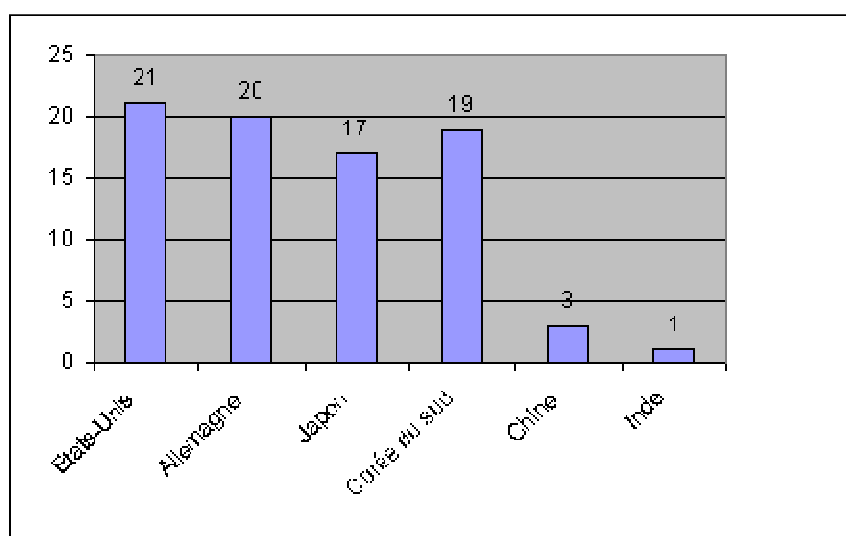
**Figure I-17: Evolution de la consommation chinoise d'aluminium
en KG par habitant**



Source: "Chinese Aluminium in the global context"
Adam Rowley Macquarie Bank Research 2004

ANNEXE 19

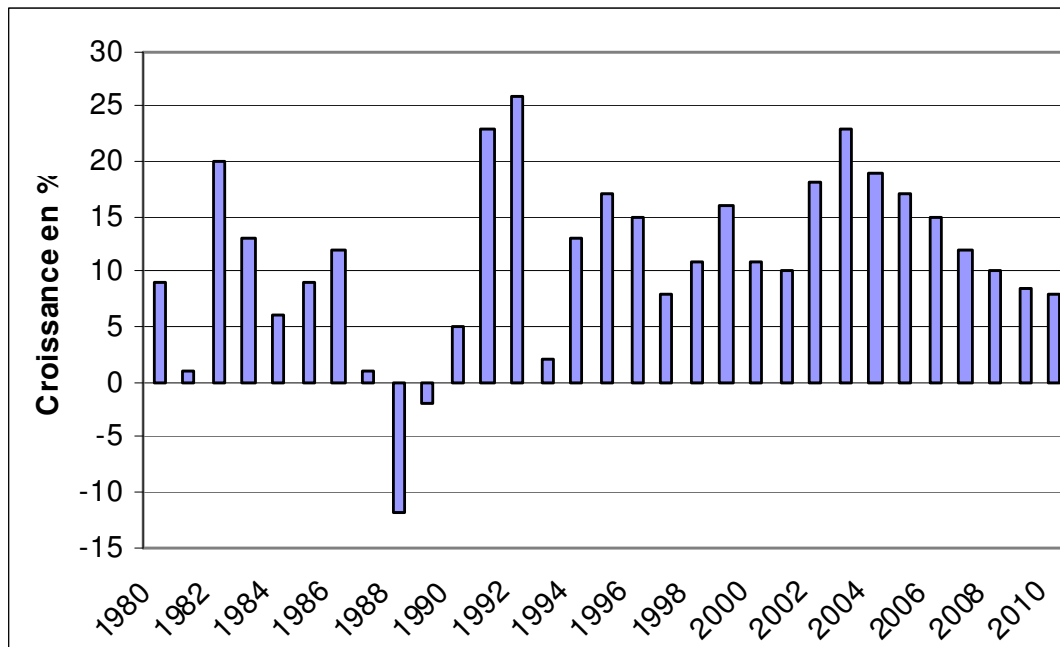
Figure I-18: Comparaison de la consommation annuelle d'aluminium en KG par habitant en 2002



Source: "Chinese Aluminium in the global context"
Adam Rowley Macquarie Bank Research 2004

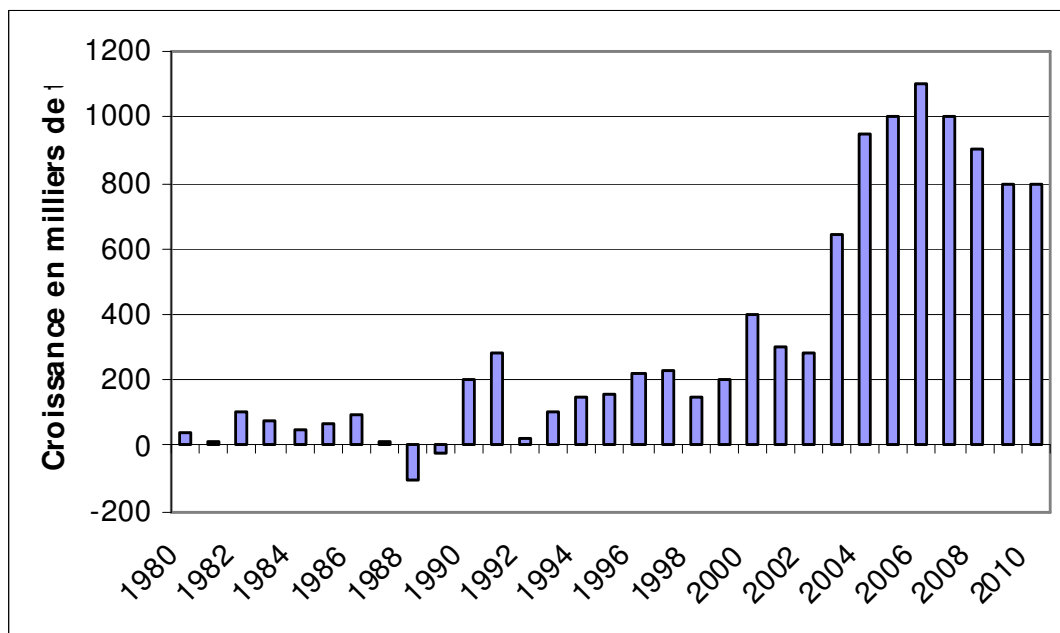
ANNEXE 20

Figure I-19 : Evolution et prévision de croissance annuelle de la demande chinoise d'aluminium en pourcentage



Source: "Chinese Aluminium in the global context"
Adam Rowley Macquarie Bank Research 2004

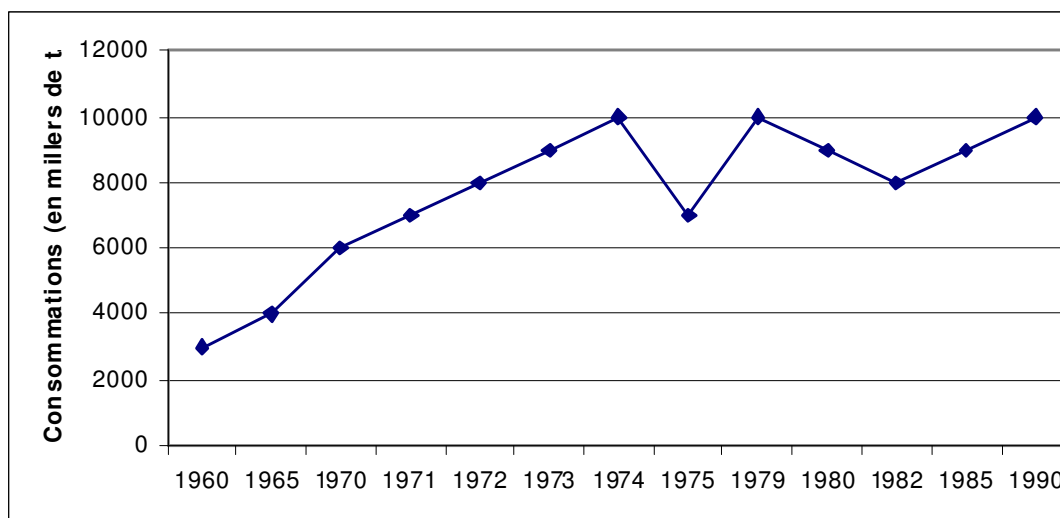
Figure I-20 : Evolution et prévision de croissance annuelle de la demande chinoise d'aluminium en milliers de tonnes



Source: "Chinese Aluminium in the global context"
Adam Rowley Macquarie Bank Research 2004

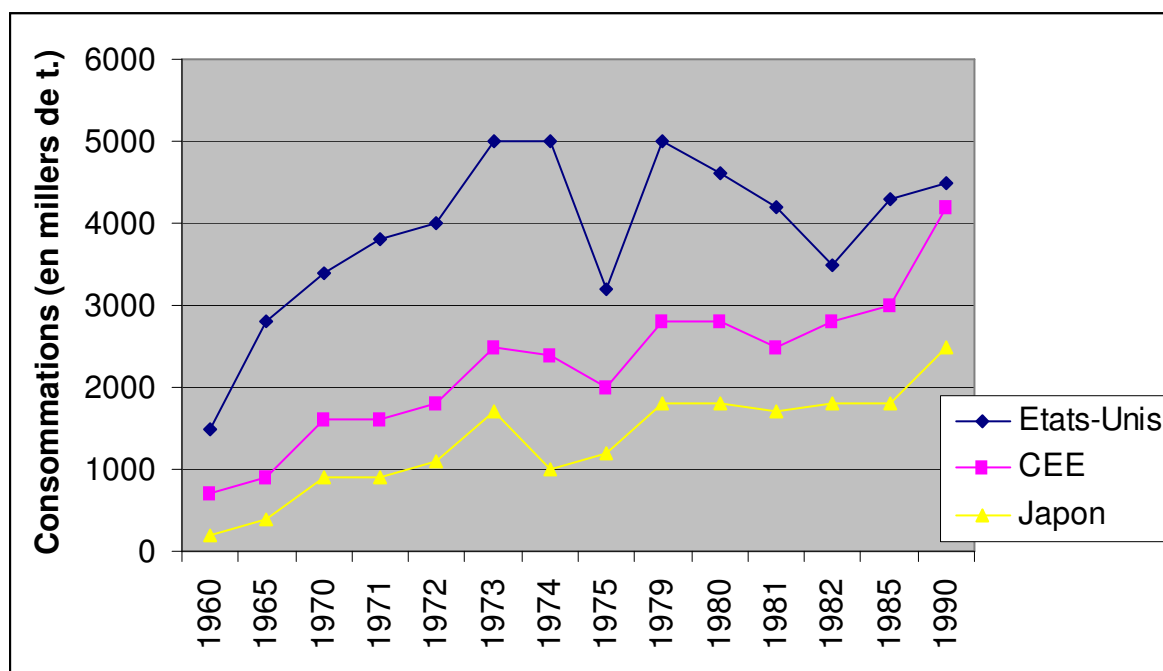
ANNEXE 21

**Figure I-21: Evolution de la consommation d'aluminium primaire de l'OCDE
Entre 1960 et 1991 (en milliers de tonnes)**



Source : « L'Aluminium » Carmine NAPPI
Economica, Paris 1994

**Figure I-22: Evolution de la consommation d'aluminium primaire des Etats-Unis,
du Japon et de la CEE entre 1960 et 1991 (en milliers de tonnes)**



Source : « L'Aluminium » Carmine NAPPI
Economica, Paris 1994

ANNEXE 22

Tableau I-7: Tableau des principales importations et exportations de bauxite. Unité :1 tonne métrique

Tableau 17: Tableau des principales importations et exportations de Guinée (11 tonne métrique)													
Pays	1995		1996		1997		1998		1999		2000		
	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	
Guinée	0	16473000	0	17038000	0	18196000	0	1600000	0	16281000	0	16841000	
Australie	0	2290540	0	2291100	0	2477300	0	2358580	0	2792800	0	3084640	
Jamaïque	0	2373000	0	2868000	0	2483800	0	3014000	0	1692000	0	1046000	
RoyaumeU	291492	0	205490	0	3294	0	648	0	13519	0	5077		
Italie	1816302	2798	2079363	17528	1949915	2623	2132204	4312	2324820	107978	2226747	255878	
France	1515996	18821	1696387	11744	1457723	2504	1578486	29577	1472094	20650	1569307	25620	
Japon	1939656	368	2079828	493	1995236	189	1977481	12	1953644	21	2096283	300	
Allemagne	2011489	30232	1354738	26252	2183173	34780	1531027	35759	2201511	42352	2170371	40558	
Canada	2623612	77724	2574205	11936	3134943	1255	3888730	783	3064151	1861	2838260	248	
Russie	2848476	0	1249488	0	1020998	0	28785	0	57415	0	299651	0	
Chine	92365	449544	213091	201126	137131	160645	148533	84258	243489	847	403516	1	
Etats-unis	11725976	121323	11646909	150533	12104877	92815	12942823	109784	11357911	161366	9141789	154595	
Pays	2001		2002		2003		2004		2005		Soldes 2005	Var. 1995-2005	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Exp-Imp	Import	Export
Guinée	0	15964000	0	17342000	0	15626000	0	17243000	0	17792000	+17792000		+8%
Australie	0	30988850	0	3271800	0	3155600	0	3290633	0	5341801	+5341801		+133%
Jamaïque	0	2451400	0	2900000	0	2383600	0	2034400	0	2856400	+2856400		+20,37%
RoyaumeU	163363	0	112467	0	ND	0	56823	984	103370	4325	-99045	-64,54%	
Italie	2256065	69646	2169206	49307	2169206	9291	2407108	40512	2602224	121029	-2481195	+43,27%	NS
France	1667959	4158	1347714	14013	1786905	253	1507504	2985	1799672	5195	-1794477	+18,71%	-72,4 %
Japon	2051014	660	1872834	400	2007166	643	1945616	915	1814103	660	-1813443	-6,92%	NS
Allemagne	1965709	35894	1950542	42524	1907966	26666	2119239	30647	2435244	28087	-2407157	+21,07%	-7,64%
Canada	2861648	249	2780179	178	797584	144	2848082	300	3385510	10491	-3375019	+29,04%	-86,5 %
Russie	324760	0	358621	0	285458	0	110569	0	121198	0	-121198	-95,75 %	
Chine	320771	145	402827	290	617529	496	882070	576	2166468	140	-2166328	+2 245,5%	-99,97 %
Etats-unis	9320196	119642	8549757	46664	13912230	81070	10427167	65006	12411865	53514	-12358351	+5,85%	-55,89 %

Source principale: World bureau of Metal Statistics *Metallstatistics 1995-2005 93rd*

ANNEXE 23

Tableau I-8 : Tableau des principales importations et exportations d'alumine. Unité : 1 tonne métrique

Pays	1995		1996		1997		1998		1999		2000	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export
Af. du sud	583250	0	1542500	0	1707250	0	1731250	0	1717250	0	1706500	0
Surinam	0	1589000	0	1643000	0	1726000	0	1772000	0	1853000	0	1906000
Jamaïque	0	3030000	0	3200000	0	3394000	0	3440000	0	3570000	0	3600000
Kazakhstan	0	1022000	0	1083000	0	1094000	0	1085000	0	1158000	0	1217000
Norvège	1576786	0	1693565	0	1733334	0	1899852	0	1920935	0	2034199	0
France	556868	267487	567788	210381	479495	219702	619321	189638	676491	178651	559621	197648
Japon	114382	234471	113696	235043	106415	223145	101216	245175	86100	307318	91769	337317
Australie	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	ND	0	12448806
Canada	3158487	0	3572570	0	3211920	0	3183263	0	3392921	0	3731413	0
Russie	ND	0	ND	0	4189225	0	3671006	0	3846091	0	3830833	0
Chine	1193967	9981	1155545	46059	1096376	57390	1577260	73165	1632792	49631	1889972	54616
Etats-unis	3917230	1036291	4232103	925609	3704110	1259607	3915692	1244578	3651193	1190610	7193740	2156264

Pays	2001		2002		2003		2004		2005		Solde 2005	Var. 1995-2005	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Export-Import	Import	Export
Af. du sud	1643500	0	1759250	0	1831750	0	2159000	0	2127750	0	-2 127 750	+265%	
Surinam	0	1893000	0	1902000	0	2004000	0	2038000	0	1939000	+1 939 000		+22%
Jamaïque	0	3542000	0	3630000	0	3843000	0	4022000	0	4085000	+4 085 000		+35%
Kazakhstan	0	1231000	0	1386000	0	1419000	0	1467000	0	1505000	+1 505 000		+47%
Norvège	1977189	0	2064000	0	2267737	0	2605266	0	2723588	0	- 2 723 588	+73%	
France	832503	283830	713773	270571	749136	314390	685700	377094	696927	395086	-301 841	+25%	+48%
Japon	88526	278155	84968	296145	80706	291183	120955	285804	136355	259759	+123 404	+19%	+11%
Australie	0	12983940	0	12891931	0	13622132	0	13603575	0	14368985	+14 368 985		ND
Canada	3970974	0	4012581	0	4047363	0	3753537	0	4364409	0	-4 364 409	+38%	
Russie	3662076	0	3637951	0	3766286	0	4114152	0	3311399	0	-3 311 399	ND	
Chine	3351335	81995	1584143	80339	5614243	118317	5890450	123993	7020376	159477	-6 860 899	+488%	+1498%
Etats-unis	2943027	1217859	2859703	1221385	2160910	1051272	1508511	1201911	1715912	1491380	-224 532	-56.20%	+44%

Source principale : World Bureau of Metal Statistics . *Metallstatistics* 1995-2005 93rd edition

ANNEXE 24

Tableau n°I- 9 : Tableau des principales importations et exportations d'aluminium primaire. Unité :1 tonne métrique

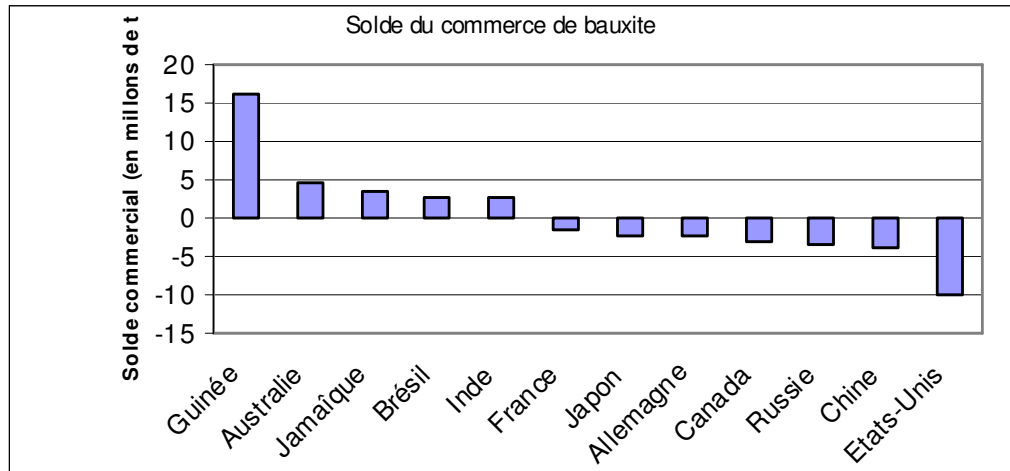
Pays	1995		1996		1997		1998		1999		2000	
	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export
Norvège	152303	810570	149543	875679	196266	915316	147934	989118	186011	987956	252453	1041817
Australie	6904	955427	13085	1067376	4164	1155045	5898	1369015	5642	1386493	6025	1381022
Corée du s	725400	ND	724300	ND	716300	ND	555700	ND	864000	ND	872600	ND
Brésil	92	570892	101	554901	101	547301	376	507076	158	600258	1030	529230
Af. du sud	643	76100	260	479000	1012	521300	1150	507700	592	528900	552	453300
France	469272	204565	490833	282494	497675	226859	475908	178672	464654	153251	527766	157447
Japon	2046422	3154	2066270	1812	2163923	1533	1859817	844	1833005	1183	1964329	1432
Allemagne	705619	173168	933017	171810	1370453	220336	1071985	117443	910965	156337	1089675	217431
Canada	133897	1718854	139536	1820450	153915	1884608	201892	1856439	246477	1862615	276292	1837311
Russie	360	2420128	25422	2618442	32361	2708823	33745	2790400	98508	3115676	152963	3177241
Chine	390292	191493	367077	110057	288891	248462	306988	326898	534004	206602	914128	209111
Etats-unis	1979828	448217	1950993	446590	2097194	373955	2484586	373415	2835997	425022	2687623	451413

Pays	2001		2002		2003		2004		2005		Solde 2005	Var.1995-2005	
	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Export	Import	Exp-Imp	Import	Export
Norvège	1187646	282181	1127847	301595	1362473	355489	1484952	370779	1513225	370779	+1142446	+143%	+87%
Australie	1484395	4424	1527236	6115	1526049	6913	1540143	5118	1587790	5118	+1582672	-35%	+66%
Corée	ND	970500	ND	1031900	ND	1168300	ND	1182000		ND		+63%	
Brésil	322542	134	487134	88	544088	1157	554047	332	481332	332	+481000	NS.	-19%
Af. du sud	423500	427	491700	205	520700	249	610500	4846	621100	4846	+616254	NS.	+716%
France	150973	474324	156671	490487	138980	513848	148059	517168	172801	517168	-344367	+10%	-18%
Japon	1987	1726805	2167	2040029	4963	2049904	18923	1987245	12936	1987245	-1974309	-3%	NS.
Allemagne	210121	1233537	209094	1475415	217360	1373299	246505	1338814	228255	1338814	-1110559	+90%	+32%
Canada	2046111	196064	2133257	137886	2233205	165493	1996898	163123	2262255	163123	+2099132	+22%	+32%
Russie	3074408	32590	2782006	44039	3107855	36286	3700195	16736	2740315	16736	+2723579	NS	+13%
Etats-unis	339311	2918224	305237	2982748	241616	3297672	344082	3690665	379024	3690665	-3311641	+86%	-18%

Source principale : World Bureau of Metal Statistics. *Metalstatistics* 1995-2005 93rd edition

ANNEXE 25

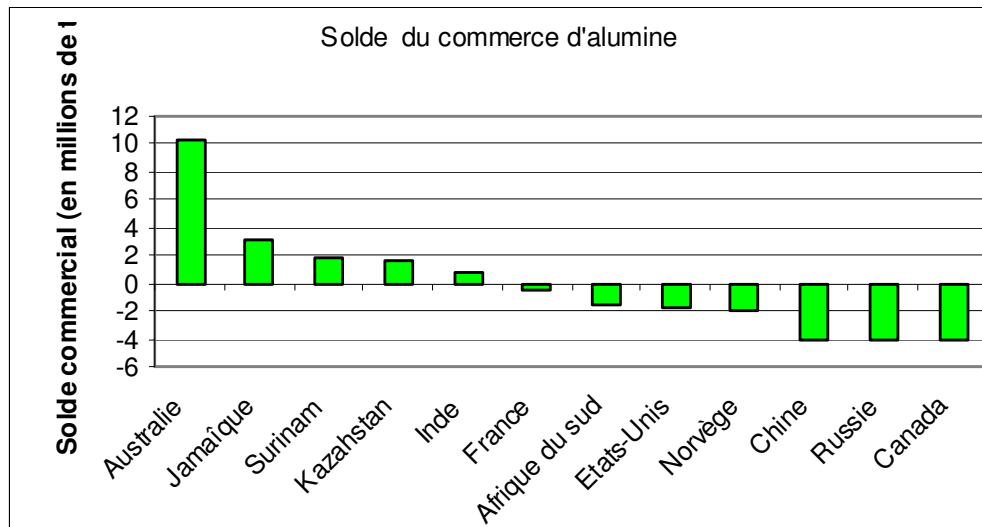
Figure I-23 : Solde en 2002 du Commerce international de bauxite pour les principaux acteurs (en millions de tonnes)



Source : A. COUMOUL .A partir des statistiques de production 2002 de l'annuaire

SIM-BRGM. Revue ECOMINE-BRGM, juin 2004

Figure I-24 : Solde en 2002 du Commerce international d'alumine pour les principaux acteurs (en millions de tonnes)

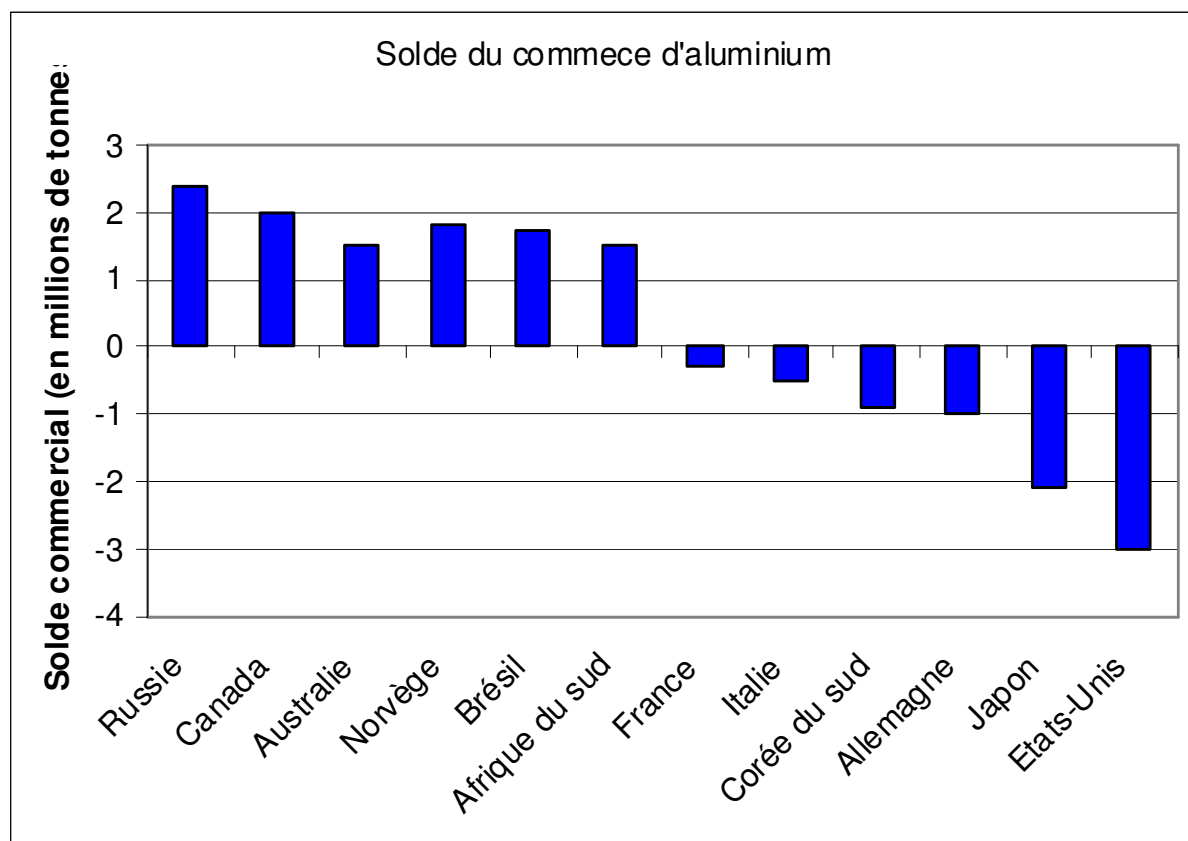


Source : A. COUMOUL .A partir des statistiques de production 2002 de l'annuaire

SIM-BRGM. Revue ECOMINE-BRGM, juin 2004

ANNEXE 26

Figure I-25: Solde en 2002 du Commerce international d'aluminium pour les principaux acteurs (en millions de tonnes)



Source : A. COUMOUL .A partir des statistiques de production 2002 de l'annuaire SIM-BRGM. *Revue ECOMINE-BRGM*, juin 2004

ANNEXE 27

Tableau II-1 : Tableau présentant la propriété (P) et le Contrôle (C)⁴⁷ de la capacité occidentale de production de bauxite (B), d'alumine (A) et d'aluminium (Al) : 1969,1980,1989 (en pourcentage)

Sociétés	1969			1980						1989					
	C			P			C			P			C		
	B	A	Al	B	A	Al	B	A	Al	B	A	Al	B	A	Al
Les 6 sociétés Majeures	72,7	84,2	77	47,3	61	53	60,8	69,5	51,8	36,1	54,3	42,4	44,3	64,8	44,7
Alcoa															
Alcan	16,6	24,1	19	17,1	20,8	13,3	23,6	27,2	14,2	14,9	18,5	12,8	19,3	26,8	13,6
Reynolds	14,3	20,5	19,7	7,6	11,2	10,8	10,3	11,7	11,1	7,7	12,5	12,4	10,1	12,8	11,7
Kaiser	15,1	12,8	13,3	5,1	8,9	8,4	7	8,9	7,9	2,6	7,8	5,8	2,2	8,1	5,6
Pechiney	19,7	14,9	10,9	9,1	9	7,8	9,1	9	7,7	3,1	6,1	3,5	4	6,3	4,8
Alusuisse	5,2	9,2	9,1	3	7,4	7,4	3,6	7,9	6,5	2	5,3	4,5	3,2	7,2	5,1
	1,8	2,7	5	5,4	3,7	5,3	7,2	4,8	4,4	5,8	4,1	3,4	5,5	3,6	3,4
Les autres grandes sociétés				9,8	2,8	4,6	10,1	2,8	7,4	16,4	8,4	11,5	19,1	8,9	15
Alumax															
Billiton															
Comalco						1,5			2,9			3,5			3,5
Hydro-Aluminium				2,8			3,1			5	4,9	1	5,4	5,2	0,3
VAW				7	2,8	0,6	7	2,8	1,9	11,4	3,5	2,6	12,2	3,7	2,9
Autres sociétés privées												4,4			5,2
						2,5			2,6				1,5		3,1
Total de secteur privé				7,6	21,6	27,3	7,6	14,1	23,9	15,6	21,4	26,7	7,9	4,6	18,6
Total du secteur public				61,7	78	74,9		74,9	78,5	74,1		66,2	78,8	73,8	
Total du monde occidental															
	100	100	100	38,3	22	25,1	25,1	21,5	25,9	33,8	21,2	26,2	33,4	28,9	29,9
				100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

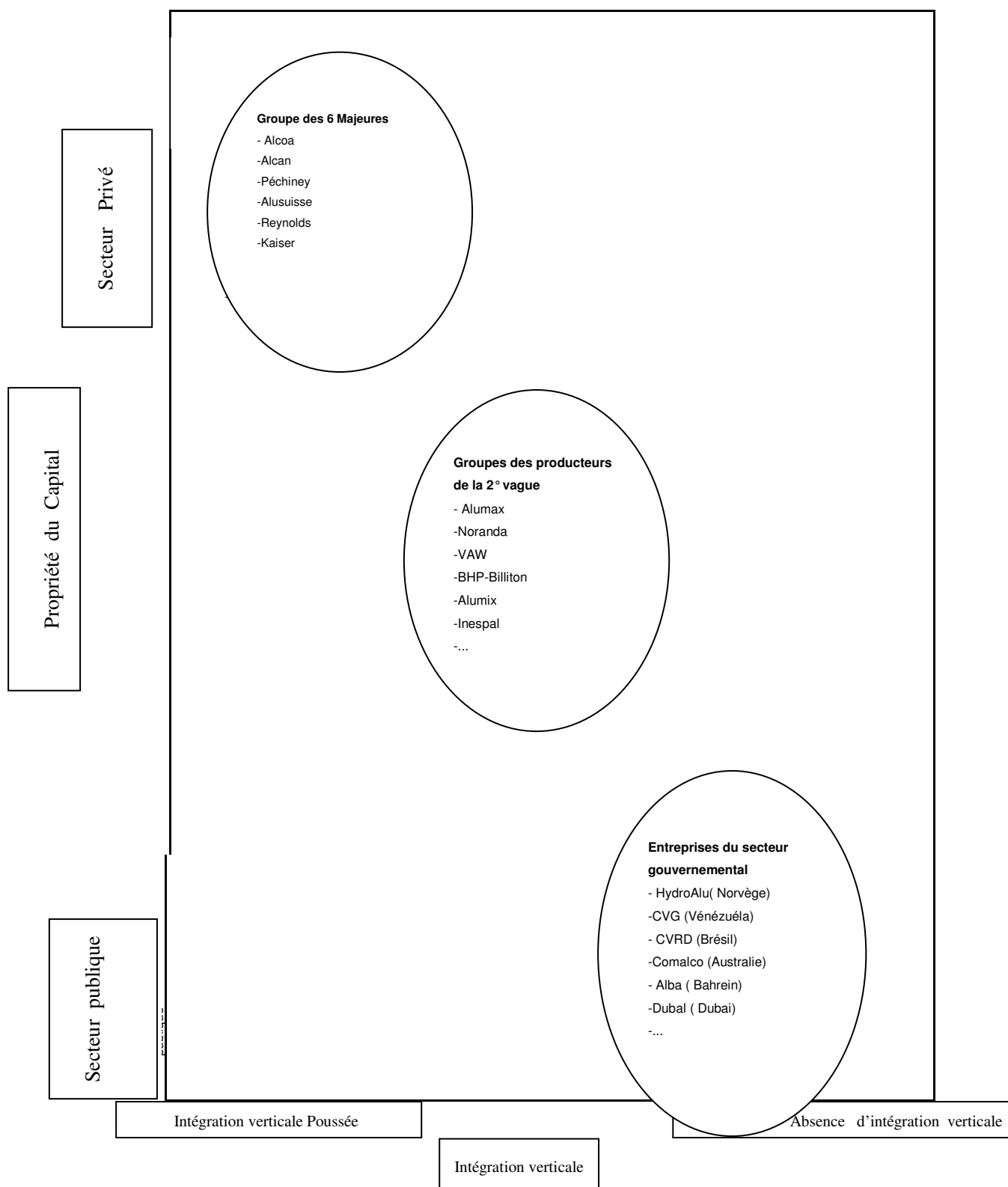
Source : C. Nappi, « L'aluminium » Collection Cyclope Economica Paris 1994 P .66

⁴⁷ Les mesures des notions de propriété et de contrôle sont différentes. En effet, le degré de propriété est calculé sur la base de la participation de chaque société au capital d'une entité donnée, tandis que le degré de contrôle s'avère être une mesure plus globale. Cette dernière mesure accorde par exemple , le plein contrôle d'une entité à une société détenant moins de 50% du capital de cette entité, si aucune autre société ne participe financièrement de façon significative dans cette entité. Bref, la propriété est calculée à travers le pourcentage d'intérêt , alors le contrôle est relatif à la propriété exclusive.

ANNEXE 28

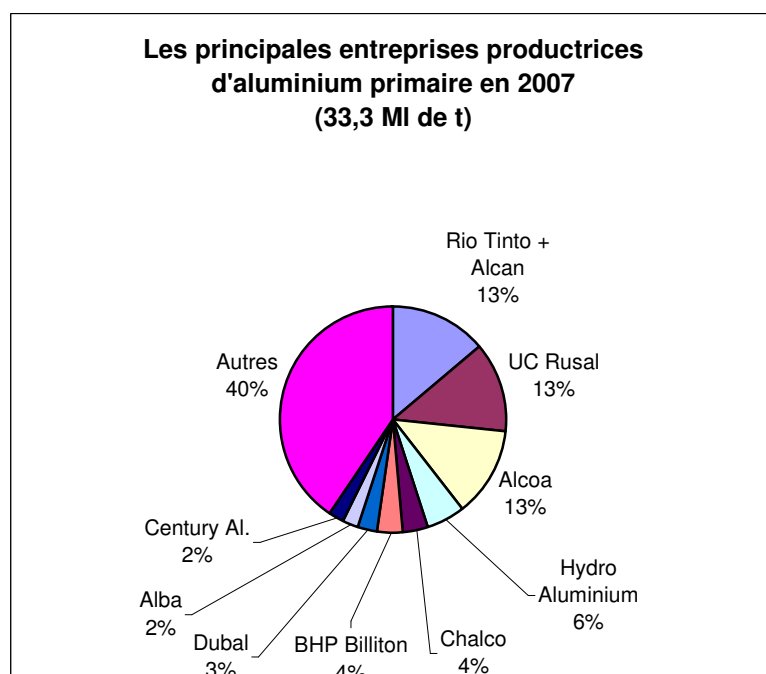
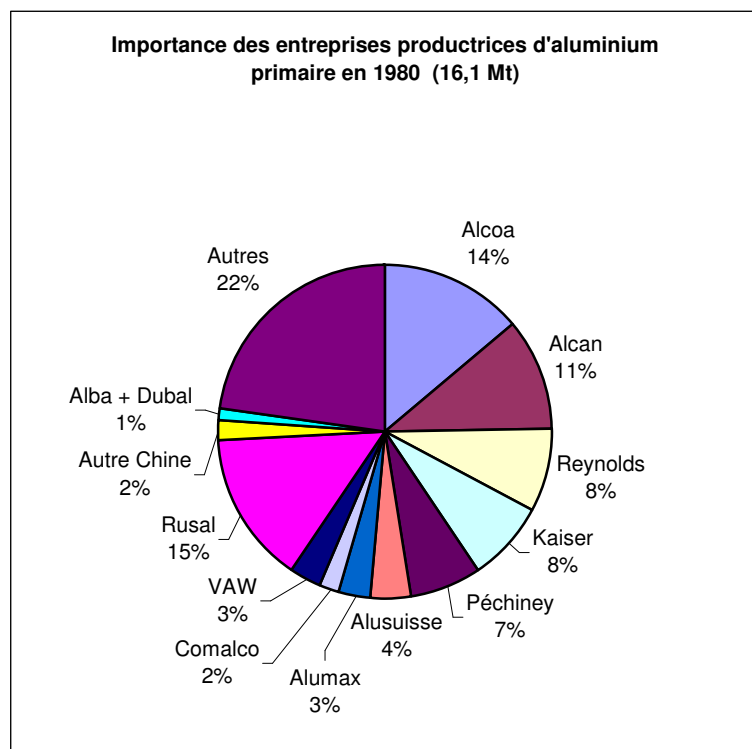
Figure II-1 : Carte des groupes stratégiques dans l'industrie de l'aluminium à la fin des années 80

L'Aluminium à la fin des années 80

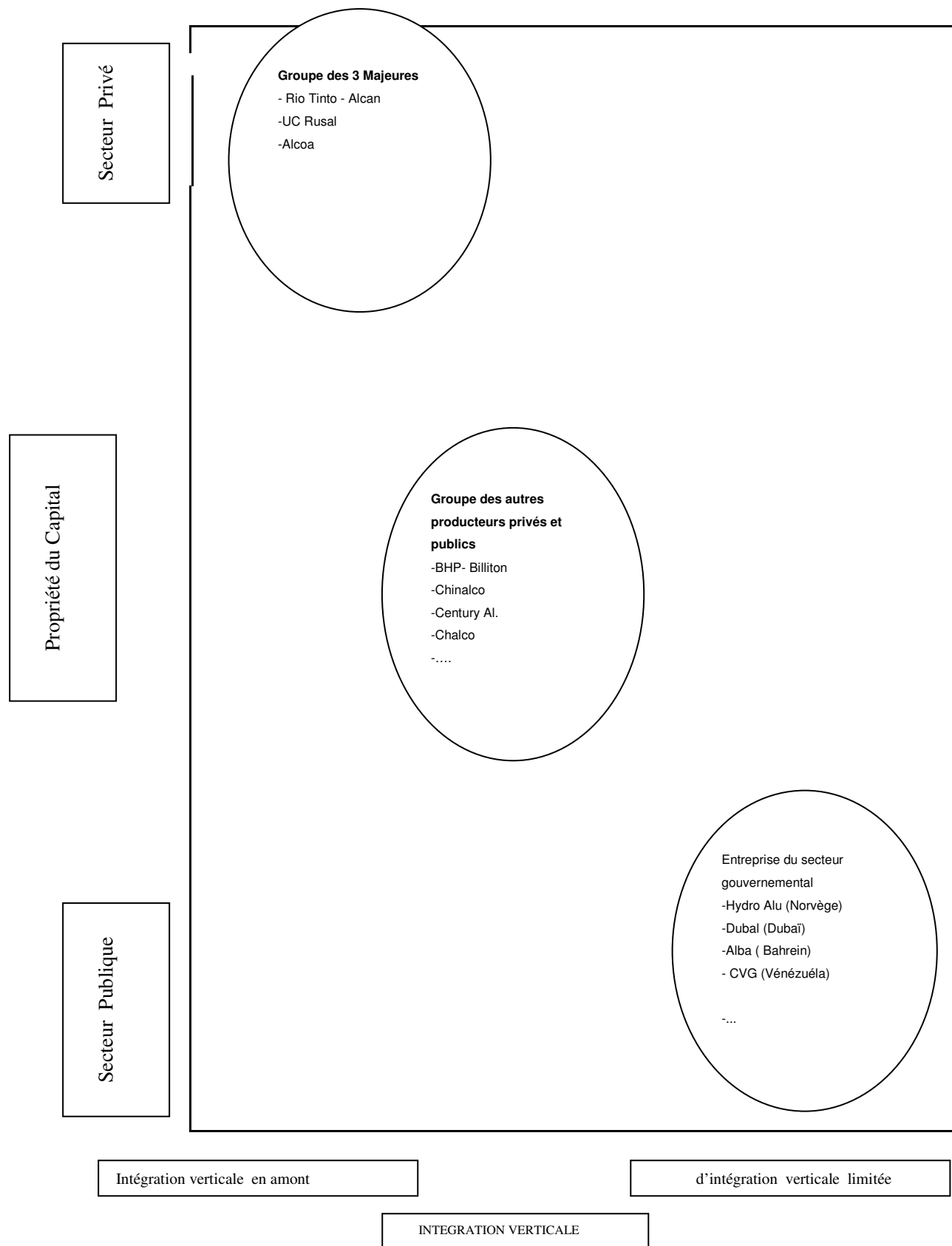


ANNEXE 29

Figure II- 2: L'évolution de la concentration des entreprises dans le secteur de l'aluminium



Source : « L'industrie Internationale de l'Aluminium, 1980-2006 : Changements structurels et perspectives »
 Carmine NAPPI Directeur, Analyse de l'industrie Alcan Inc. Présentation à IHA Paris, le 15 juin 2006



ANNEXE 31

Tableau II-3 Tableau du scénario en chiffres de la fusion Alcoa –Alcan:

Chiffres clés comparés 2006	Alcoa	Alcan	Alcoa + Alcan
Chiffres d'affaires en Mds de \$	30 379	23 641	54 020
Bénéfice net en Mds de \$	2 248	1 786	4 034
Valeur de l'entreprise	37 183	28 939	66 122
Capitalisation boursière à la veille de l'OPA	30 945	27 580	58 525
Retour sur investissement en %	13,2%	12,3%	nd
Dettes en % du capital investi	30,6%	35%	nd
Nombre de salariés	123 000	68 000	191 000
Capacité de production de bauxite	16,8	15	31,8
Capacité de production d'alumine	9,4	5,3	14,7
Capacité de production d'aluminium	4,2	3,5	7,7
Nombre d'actifs miniers bauxite	8	7	15
Nombre de raffineries d'alumine	9	11	20
Nombre de fonderies de métal primaire	26	22	48
Nombre d'unités de transformations	Environ 300	185	Environ 485

Source :A. COUMOUL revue *ECOMINE BRGM* , mai 2007

Tableau II-4 : Scénario chiffré de la fusion Alcoa – Reynolds

	Alcoa - Reynolds
Chiffe d'affaires toutes activités (en milliards de dollars)	21,2
Capitalisation boursière en milliards de \$	24
Implantation mondiale	315 sites
Ressources humaines	120 000 salariés
Aluminium	
- Production en millions de tonnes	4,4
- Chiffres d'affaires milliards de \$	15,4
- Part du marché mondial	20%

Source : « Les fusions Alcan-Péchiney-Algroup et Alcoa-Reynolds » E.Binet, R. Guiard
E. Jaclot ; *Rapport Ecole des Mines de Paris* janvier 2000

ANNEXE 32

Tableau II-4 : Scénario chiffré de la fusion Rusal – Sual - Glencore

	United Company Rusal
Valeur financière	29 milliards de dollars
Portefeuille	4 mines de bauxite ; 10 raffineries d'alumine ; 14 fonderies d'aluminium ; 3 laminoirs
Production	
- Bauxite	20,5 millions de tonnes
- Alumine	11,9 millions de tonnes
- Aluminium	4,4 millions de tonnes
Ressources humaines	100 000 salariés dans 17 pays et 5 continents

Source : ECOMINE Octobre 2006
mineralinfo@brgm.fr

La fusion Rio Tinto - Alcan donne la situation suivante

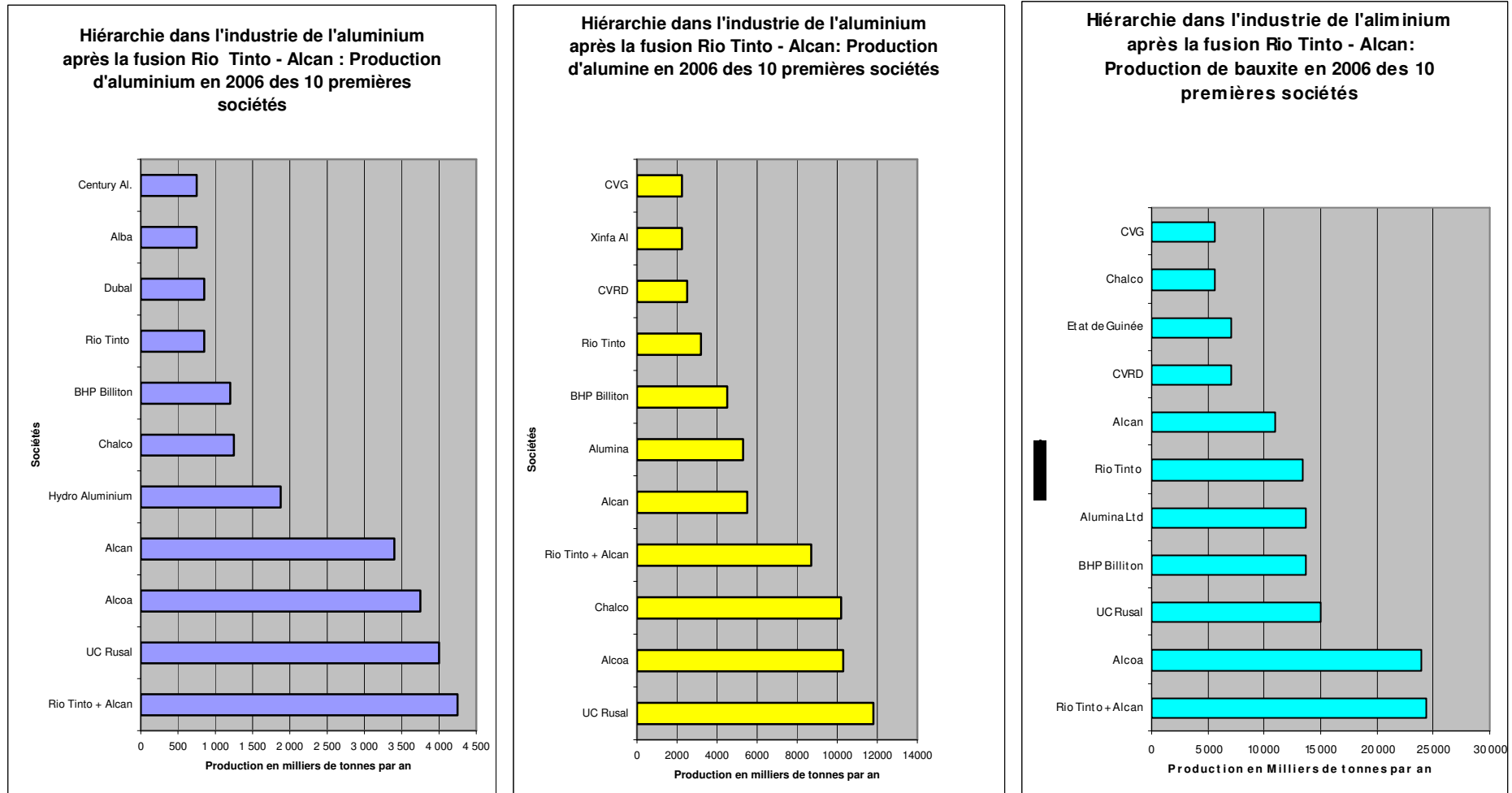
Tableau II-5 : Scénario chiffré de la fusion Rio Tinto – Alcan en 2007

	Rio-Tinto	Alcan	Rio Tinto - Alcan
Chiffre d'affaires en milliards de \$ US	25,4	23,6	49
EBITDA en milliards de \$ US	12,6	3,9	16,5
Dette nette en milliards de \$	2,4	5,8	8,2
Dette nette/ EBITDA en %	19%	149%	50%
Production d'aluminium en millions de tonnes par an	0,8	3,4	4,3
Production d'alumine en millions de tonnes par an	3,2	5,5	8,7
Ressources Humaines en nombre de salariés	30 000	68 000	98 000

Source : Alcan.com novembre 2007

ANNEXE 33

Figure n° II-8 : Hiérarchie dans les filières Aluminium – Alumine – Bauxite après la fusion en 2007 de Rio Tinto et Alcan Selon les volumes de production de 2006



Source : Selon indications Alcan 2007

ANNEXE 34

Tableau II-6 : Tableau de consommation d'aluminium secondaire et évolution de son importance par rapport à la consommation totale d'aluminium jusqu'en 1991 (en millions de tonnes et en pourcentage).

Pays et régions	1960		1970		1980		1991	
	ASV ^a	PCTA ^b	ASV	PCTA	ASV	PCTA	ASV	PCTA
Afrique					0,034	16,2	0,042	15,2
Afrique du Sud	-	-	-	-	0,027	25,7	0,027	24,2
Autres	-	-	-	-	0,007	6,7	0,015	9,1
Amérique	0,413	19,5^c	0,922	19,2	1,730	24,4	2,765	34,0
Brésil	0,003	-	0,015	-	0,050	14,7	0,066	15,7
Canada	0,008	7,3	0,032	13,2	0,065	20,8	0,080	16,4
Etats-Unis	0,402	20,7	0,868	19,9	1,577	25,9	2,501	37,3
Mexique	-	-	-	-	0,017	14,9	0,064	40,4
Autres	-	-	0,007	3,5	0,021	13,3	0,054	14,5
Asie	0,057	22,3	0,344	22,6				
Corée du Sud	-	-	-	-	0,839	28,6	1,366	23,8
Japon	0,049	24,5	0,319	25,9	0,007	9,4	0,060	13,5
Autres	0,008	14,4	0,025	8,4	0,789	36,0	1,096	30,7
					0,024	6,4	0,210	12,1
Australie et Océanie	0,004	9,1	0,015	10,2				
					0,040	13,6	0,034	9,5
Europe	0,380	23,4	0,815	24,7				
Allemagne fédérale	0,136	31,7	0,258	29,3	1,225	24,3	1,708	24,8
Espagne	0,002	8,0	0,027	17,6	0,405	27,8	0,542	25,7
France	0,044	18,3	0,087	17,7	0,038	12,6	0,096	24,4
Italie	0,042	29,4	0,154	36,7	0,170	22,6	0,226	22,1
Pays Bas	0,006	30,0	0,007	11,4	0,266	33,7	0,343	29,3
Royaume-Uni	0,129	26,8	0,220	36,7	0,054	33,7	0,114	48,7
Autres	0,021	-	0,061	-	0,178	34,3	0,205	37,3
					0,114	-	0,182	-
TOTAL^d	0, ;854	21,0	2,096	21,3	3,868	24,8	5,916	27,6

a : Aluminium secondaire en volume (mesuré en millions de tonnes)

b : Part de la consommation totale d'aluminium (en pourcentage)

c : Chaque pourcentage représente ici la part de la consommation d'aluminium secondaire dans la consommation totale d'aluminium de chaque pays ou groupe de pays considéré. La somme des pourcentages des pays individuellement pris ne correspond pas à celle du groupe de pays dans leur ensemble.

d : L'ensemble des pays occidentaux.

Source : Metallgesellschaft Aktiengesellschaft, *Metal Statistics* (Frankfurt Am Main: Matallgesellschaft AG), divers numéros. Dans Nappi (1994)

ANNEXE 35

Tableau II-7 : Tableau de quelques données récentes sur la production d'aluminium secondaire (en milliers de tonnes)

Pays	1995	2005
France	237	403
Europe des 27		8000
Etats-Unis	3200	3000
Japon	1190	950
Chine		1500

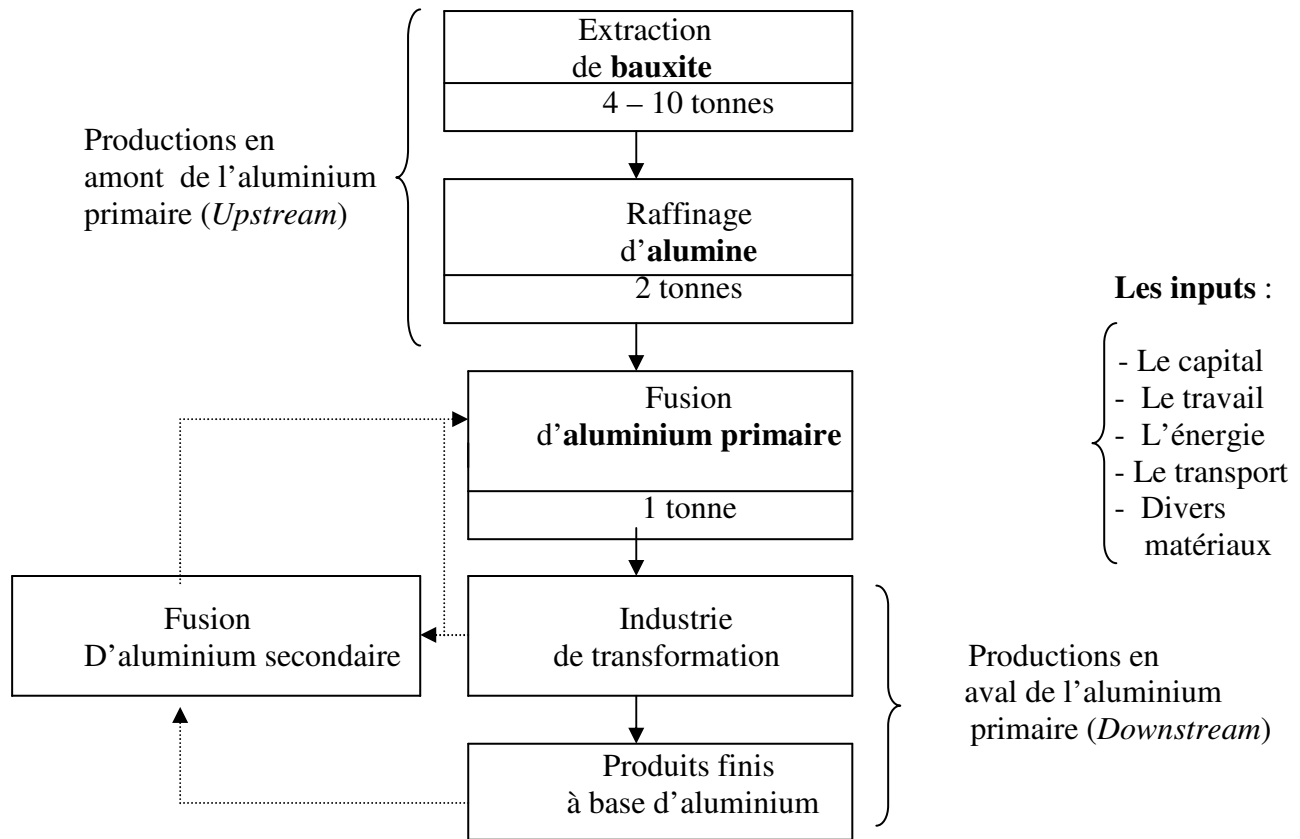
Diverses sources : www.recyclemetals.org

www.sfc.fr/Données/metaux/alum/texalu.htm

www.allbusiness.com/primary-metal-manufacturing

ANNEXE 36

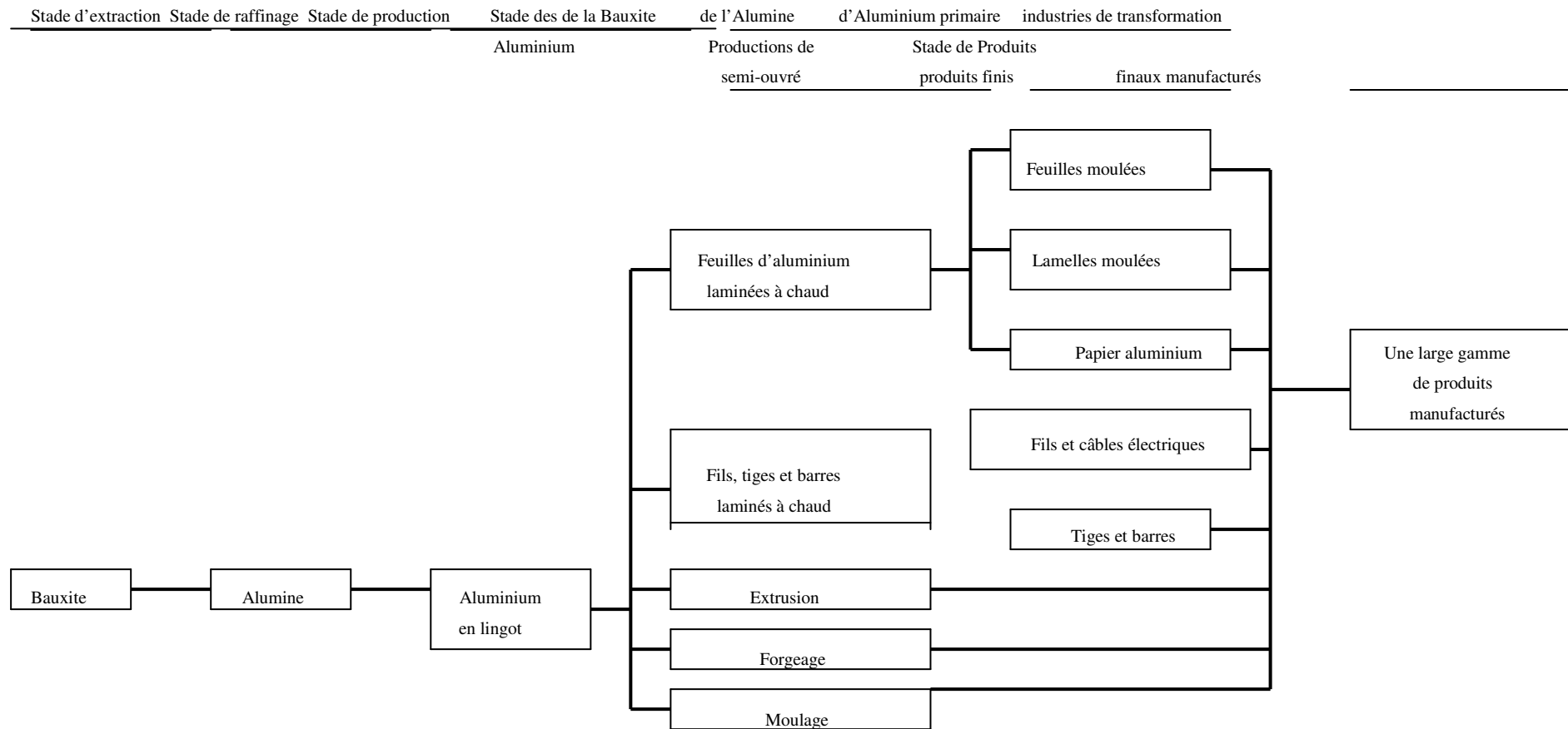
Figure n° II- 9: stades de production dans l'industrie de l'aluminium avec les principaux inputs



Source: John A. Stuckey: "Vertical integration and joint ventures in the Aluminum Industry". *Harvard University Press* 1983 p. 9

ANNEXE 37

Figure n° II-10: Détail de la production au stade aval (Downstream) dans l'industrie de l'aluminium



Source: M. J. Peck: “Competition in the aluminum industry”, 1945 – 1958 (Cambridge Mass. *Harvard University Press*, 1961). P.6

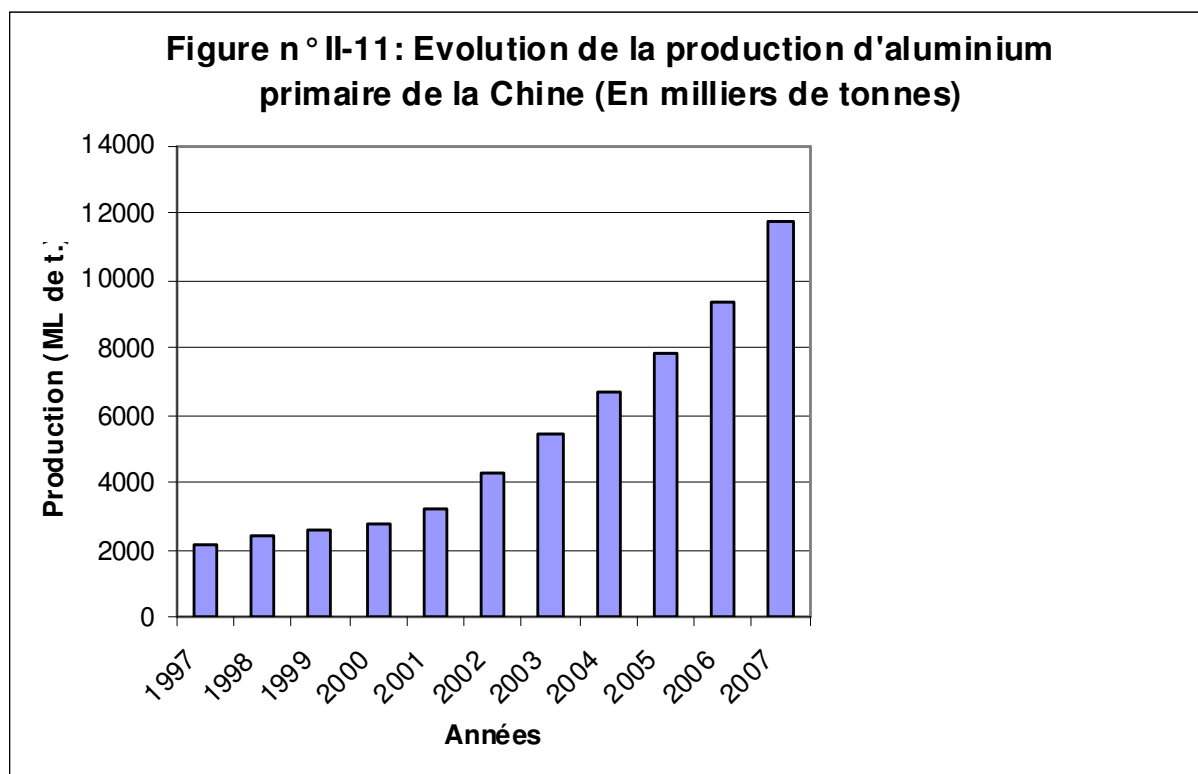
ANNEXE 38

Tableau II-8 : Etat de l'intégration verticale dans les principales sociétés de l'industrie de l'aluminium en 2007. (Production en milliers de tonnes)

Sociétés	Production d'aluminium	Production d'alumine	Production de bauxite
Rio Tinto Alcan	4 600	8 700	24 375
UC Rusal	4 300	11 800	15 000
Alcoa	4 200	10 300	24 000
Chalco	1 200	10 200	5 625
BHP Billiton	1 200	4 500	13 750

Source : Alcan 2007

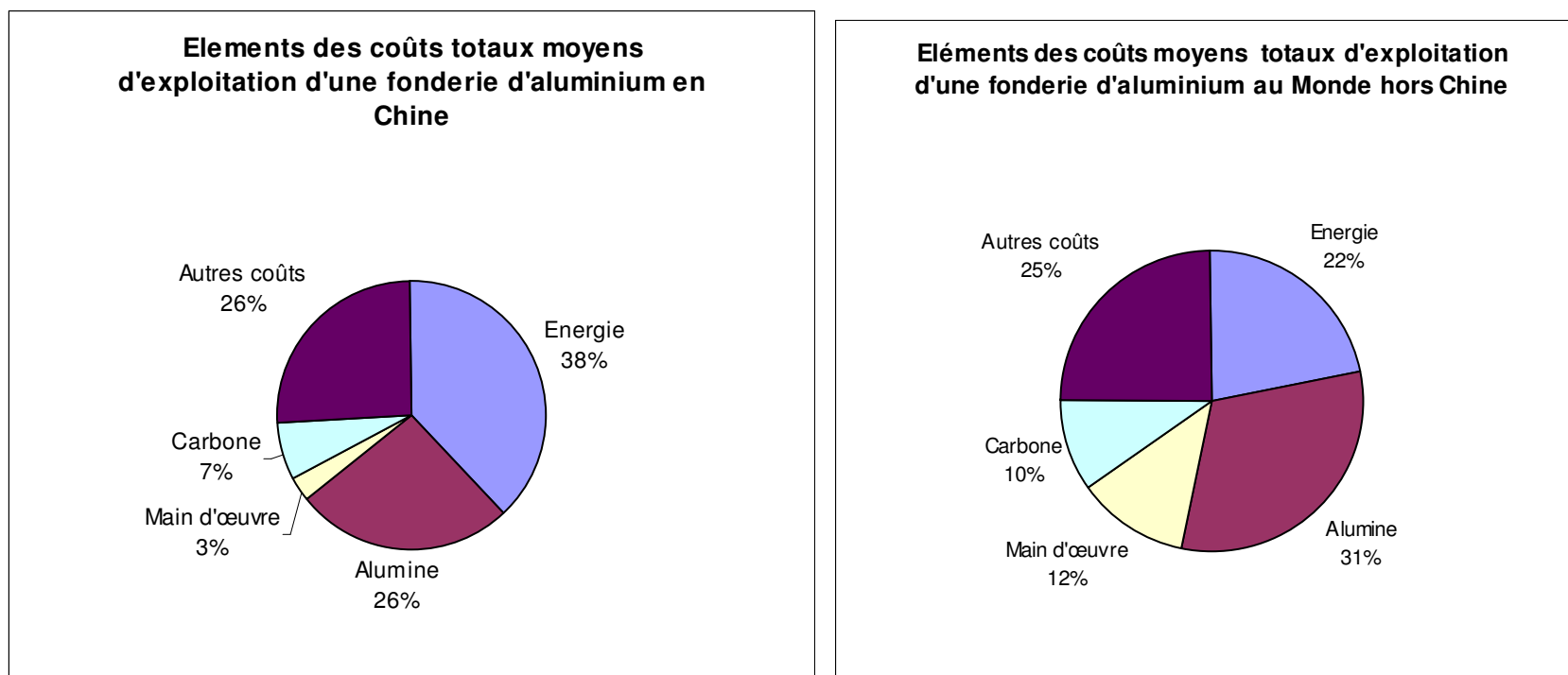
ANNEXE 39



Source : D'après www.antaik.com

ANNEXE 40

Figure n° II-12 : Comparaison des éléments de coûts d'exploitation d'une fonderie d'aluminium en Chine et hors Chine



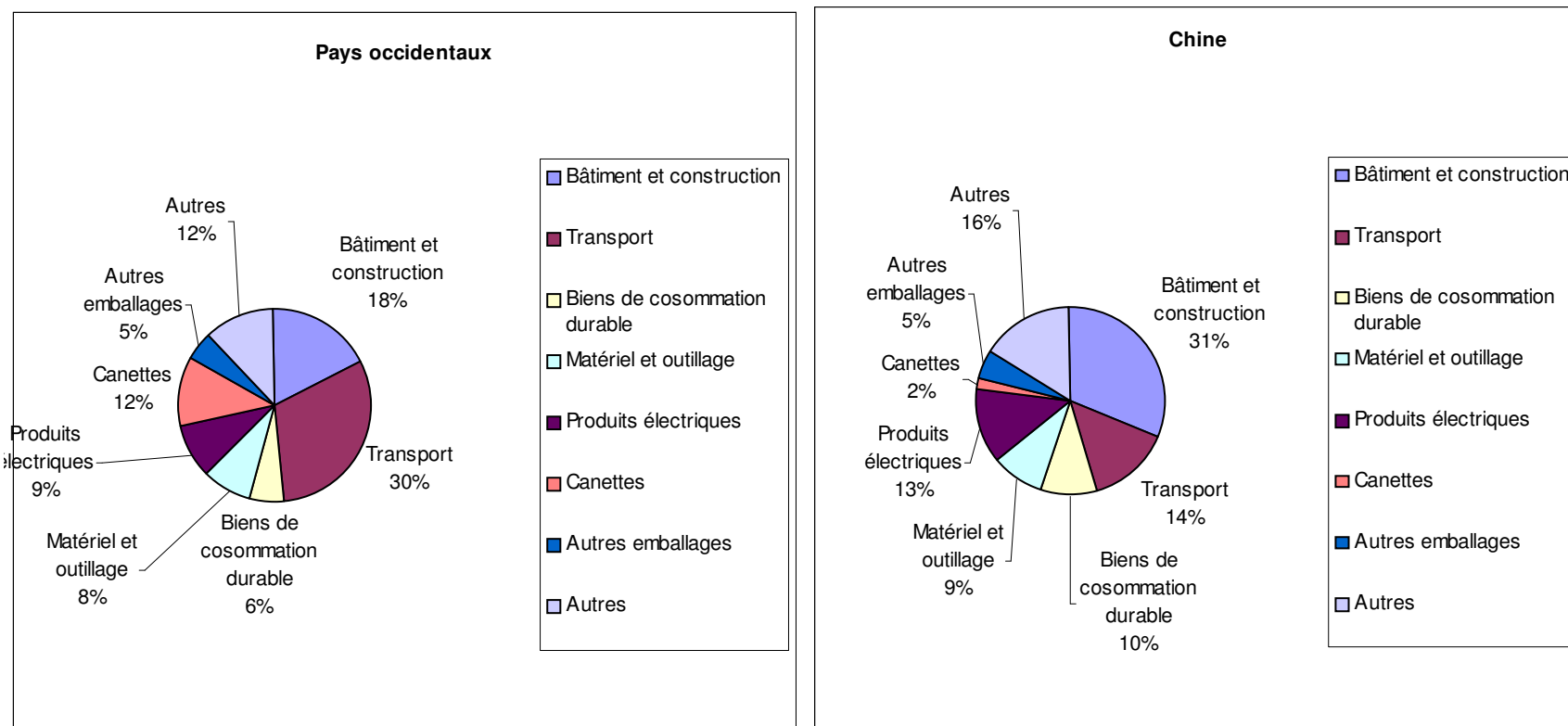
Coût total par tonne: 1 368 \$ US

Coût total moyen par tonne: 1086 \$ US

Source: CRU international Ltd 2005

ANNEXE 41

Figure n° II-13 : Comparaison de la consommation par secteurs d'utilisation de l'aluminium de la Chine et des pays occidentaux



Source : « l'industrie de l'aluminium en Chine : le point sur la situation »
Alcan 2004

ANNEXE 42

Tableau II-9 : Tableau des flux commerciaux d'aluminium chinois

Années	1997	1998	1999	2000
Importations	289	307	534	914
Exportations	248	327	207	209
Solde	-41	20	-327	-705
Années	2001	2002	2003	2004
Importations	529	582	881	
Exportations	409	788	1249	
Solde	-120	206	368	-651
Années	2005	2006	2007	
Importations				
Exportations				
Solde	-682	-700	-750	

Sources: Alcan. com 2004

www.antaik.com

Tableau II-10 : Production et consommation d'aluminium de la chine de 1995 à 2007

Années	1997	1998	1999	2000
Production	2179	2436	2618	2827
Consommation	2323	2443	2926	3532
Années	2001	2002	2003	2004
Production	3427	4400	5500	6689
Consommation	3640	4250	5200	5985
Années	2005	2006	2007	
Production	7806	9400	11700	
Consommation	7105	8670	10800	

Sources: Alcan. com 2004

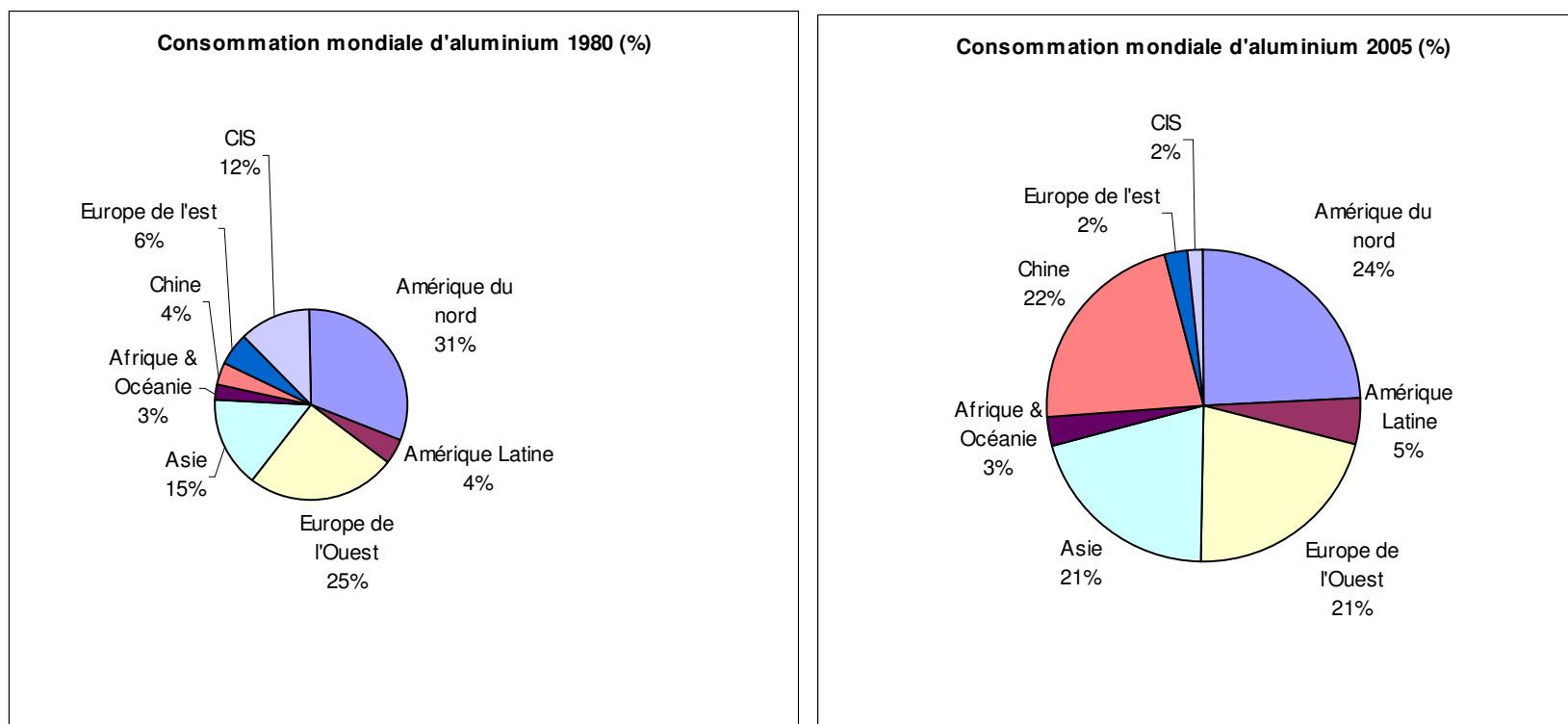
www.antaik.com

ANNEXE 43

Figure II-14 : Courbe d'évolution de la production d'aluminium depuis 60 ans.

ANNEXE 44

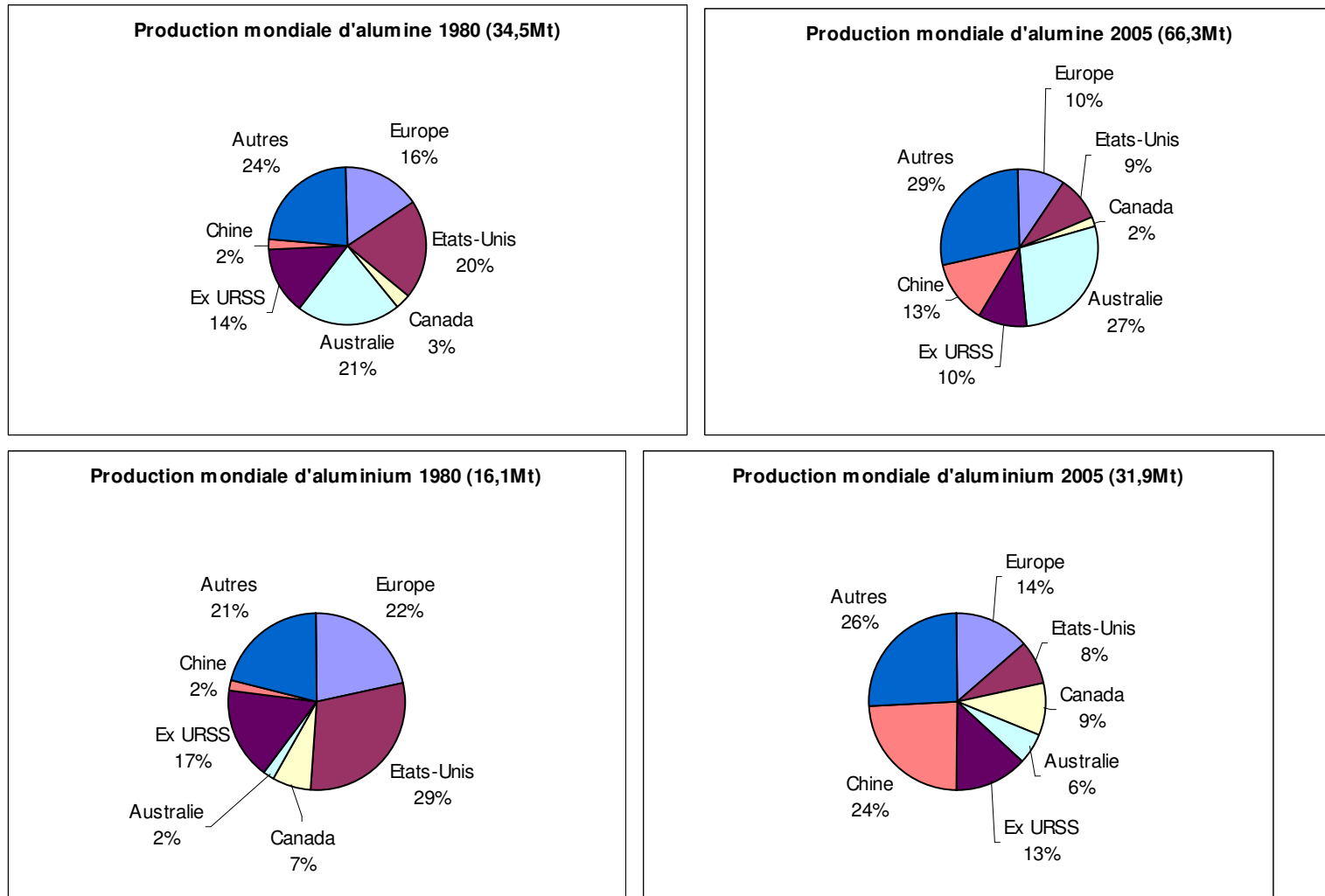
Figure II-15 : Evolution de la consommation mondiale d'aluminium entre 1980 et 2005 par régions géographiques



Source : « L'industrie Internationale de l'Aluminium, 1980-2006 : Changements structurels et perspectives »
 Carmine NAPPI Directeur, Analyse de l'industrie Alcan Inc. Présentation à IHA 15 Paris juin 2006

ANNEXE 45

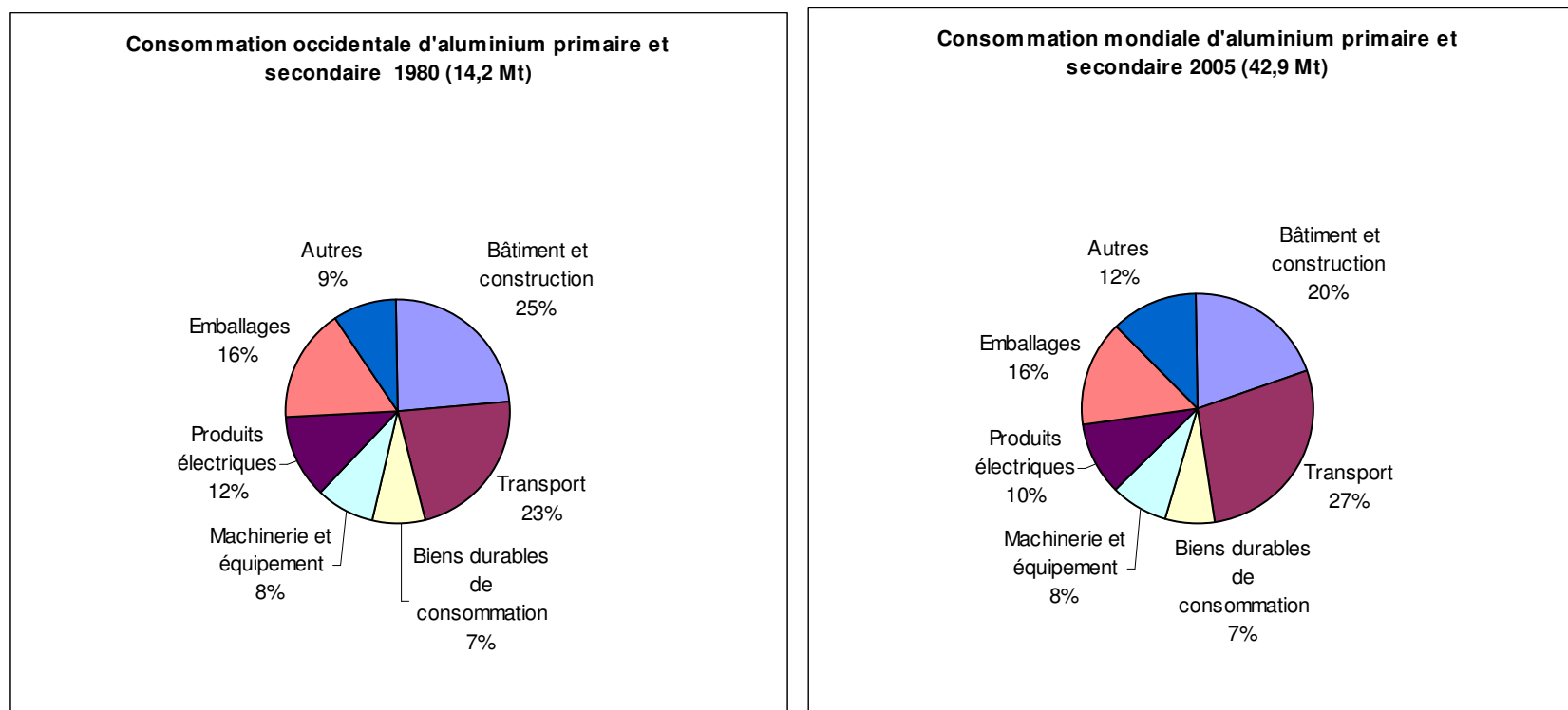
Figure II-16 : Evolution de la production mondiale d'alumine et d'aluminium entre 1980 et 2005 par régions géographiques



Source : « L'industrie Internationale de l'Aluminium, 1980-2006 : Changements structurels et perspectives »
 Carmine NAPPI Directeur, Analyse de l'industrie Alcan Inc. Présentation à IHA 15 Paris juin 2006

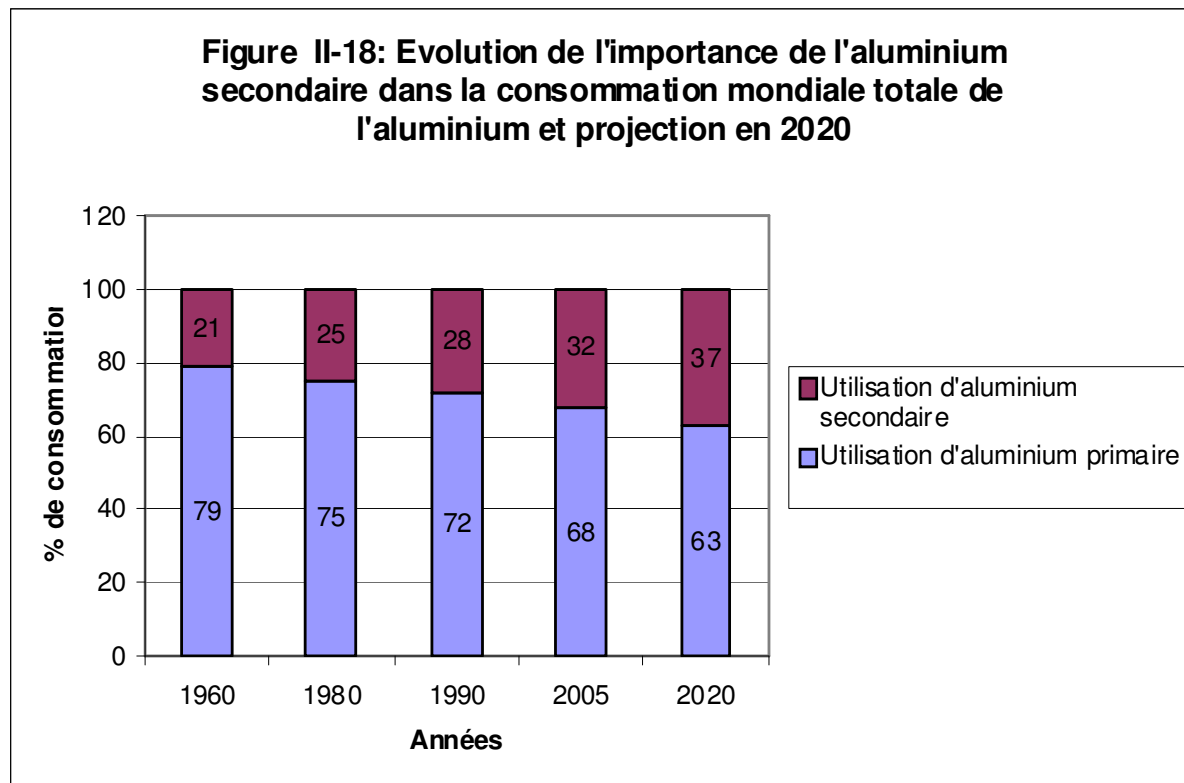
ANNEXE 46

Figure II-17 : Evolution de la consommation occidentale et mondiale d'aluminium primaire et secondaire entre 1980 et 2005 par secteurs utilisateurs



Source : « L'industrie Internationale de l'Aluminium, 1980-2006 : Changements structurels et perspectives »
 Carmine NAPPI Directeur, Analyse de l'industrie Alcan Inc. Présentation à IHA 15 Paris juin 2006

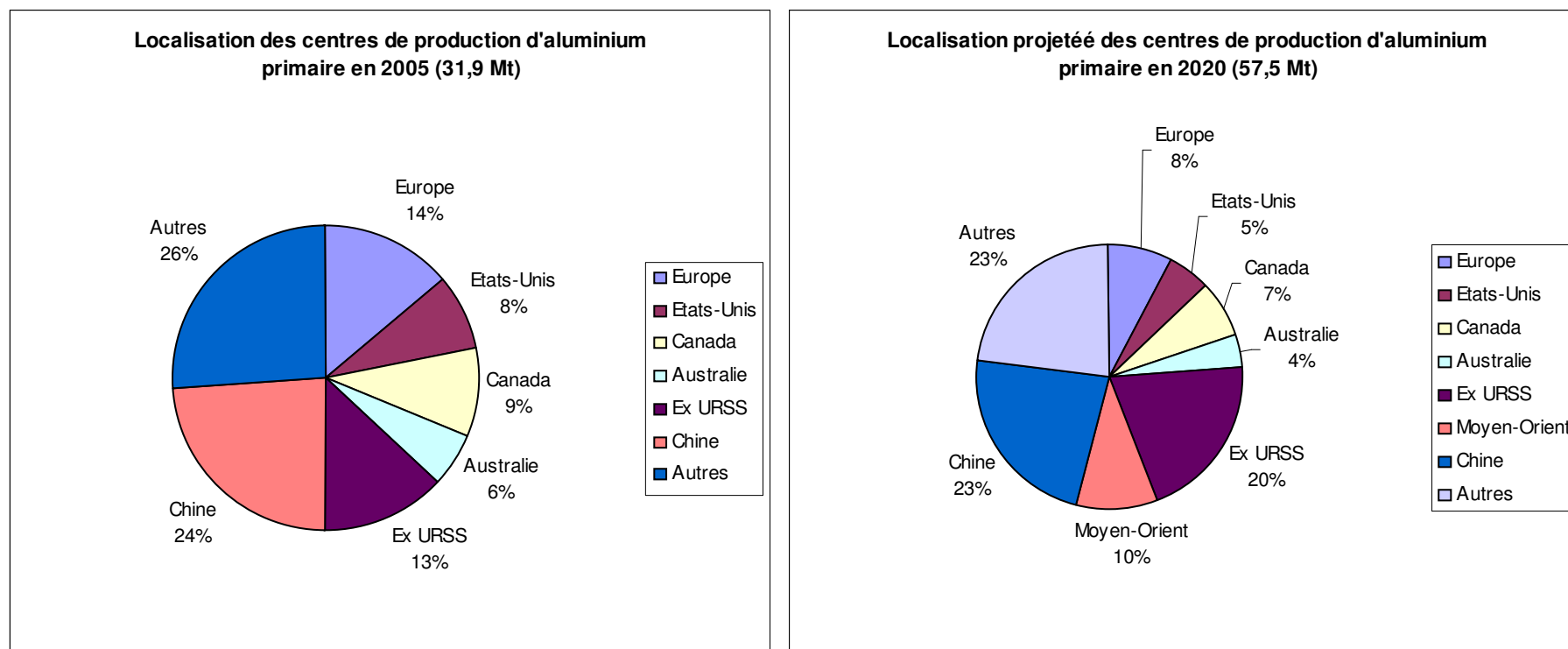
ANNEXE 47



Source : « L'industrie Internationale de l'Aluminium, 1980-2006 : Changements structurels et perspectives ». Carmine NAPPI Directeur, Analyse de l'industrie Alcan Inc. Présentation à IHA 15 Paris juin 2006

ANNEXE 48

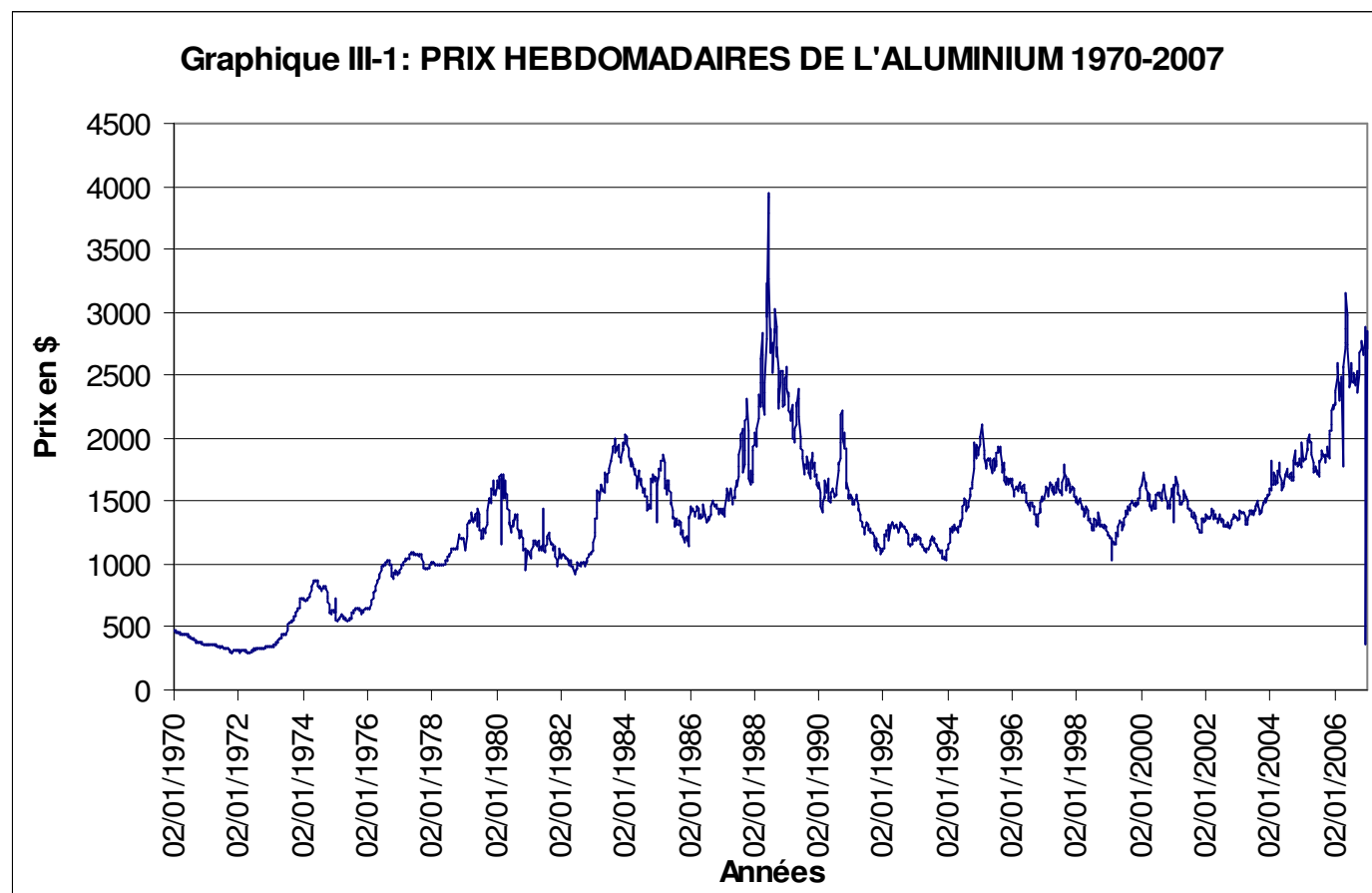
Figure II- 19 : Projection de la localisation géographique des centres de production de l'aluminium à l'horizon 2020



Source : « L'industrie Internationale de l'Aluminium, 1980-2006 : Changements structurels et perspectives »
 Carmine NAPPI Directeur, Analyse de l'industrie Alcan Inc. Présentation à IHA 15 Paris juin 2006

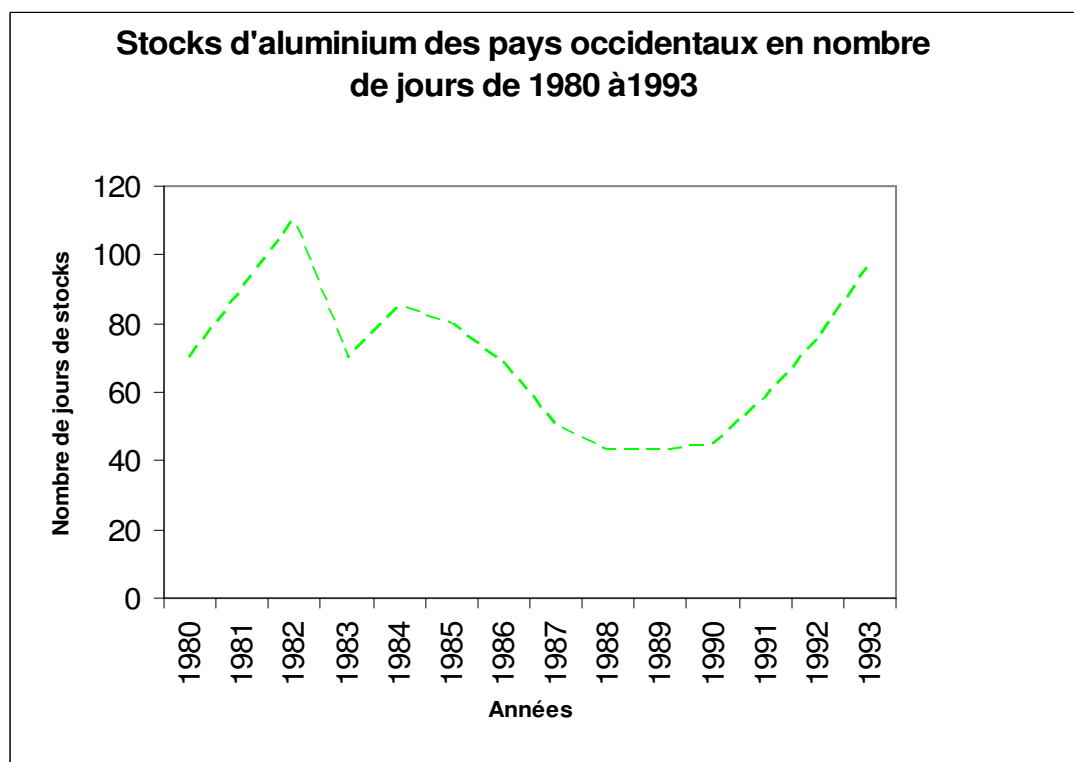
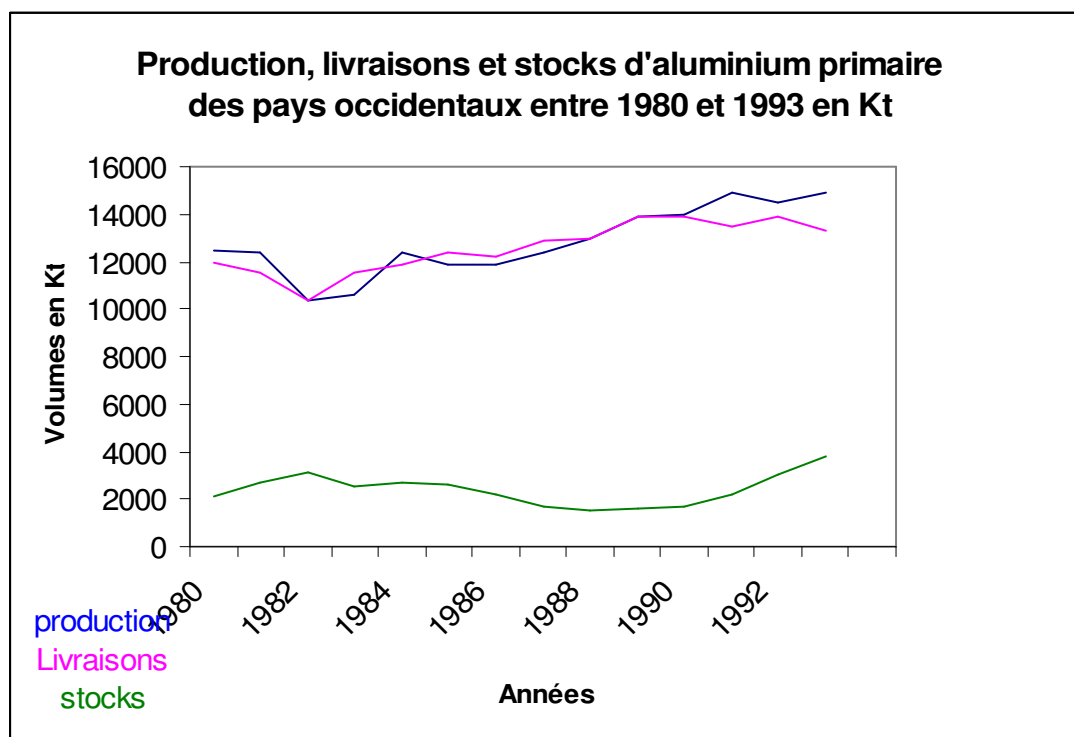
ANNEXE 49

Graphique III-1: Evolution des prix de l'aluminium de 1970 à 2007



ANNEXE 50

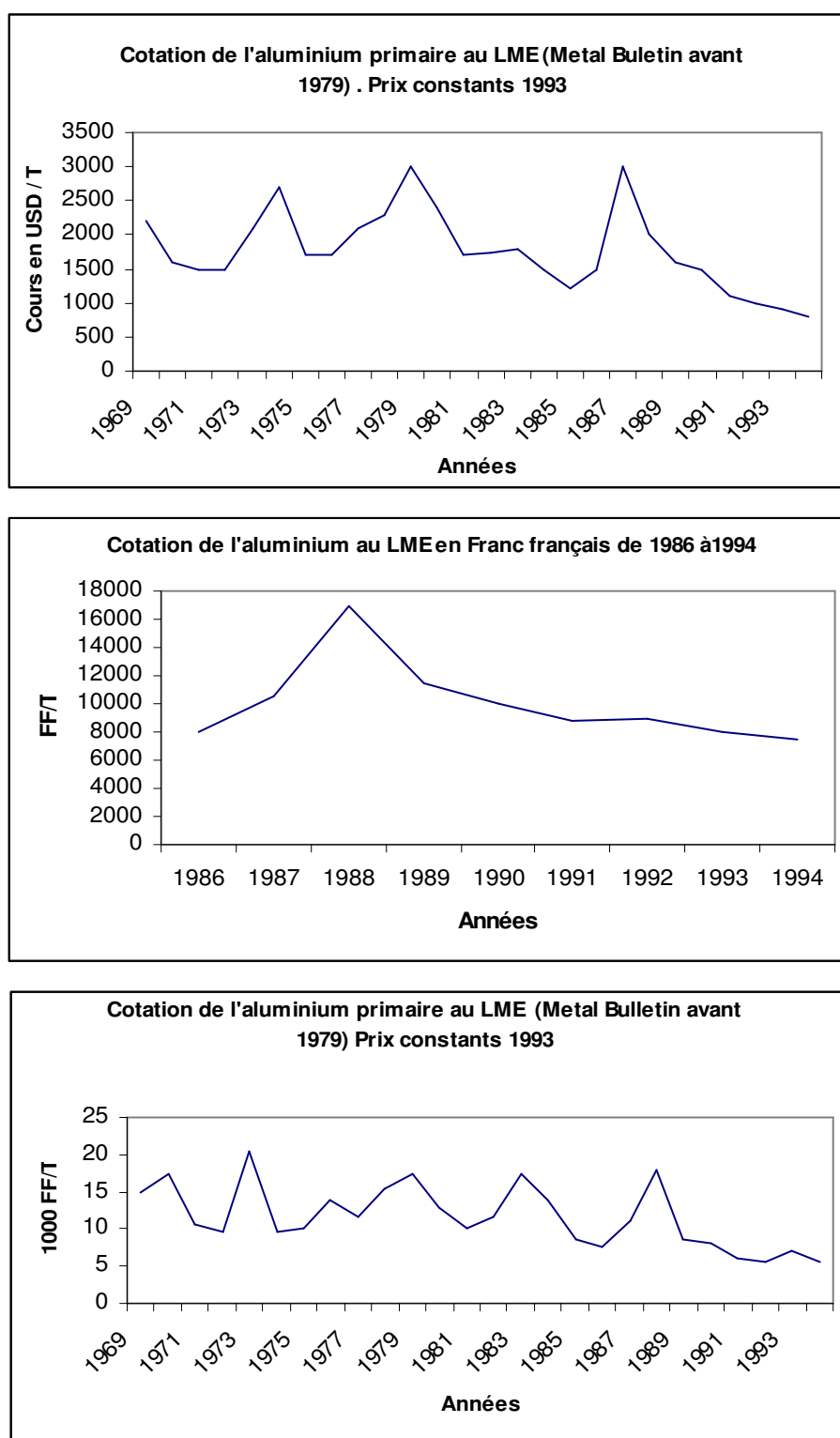
Graphique III-2 et III-3 : Production et stocks d'aluminium occidentaux 1980-1992



Source : Direction des études de marchés Aluminium Pechiney 1993

ANNEXE 51

Graphique III-4 à III-6 Cotation de l'aluminium primaire au LME en dollars et en francs français à prix constants 1969-1993



Source : Direction des études de marchés Aluminium Pechiney 1993

ANNEXE 52

Graphique III- 7 : Représentation de la baisse tendancielle des prix réels de l'aluminium entre 1973 et 2005

Source : Alcan inc. dans Nappi (2006)

ANNEXE 53

Graphique III-8: Représentation de l'évolution des prix des éléments de coûts moyens de production de l'aluminium (énergie et alumine entre 1980 et 2006)

Source.: Alcan inc. dans Nappi (2006)

ANNEXE 54

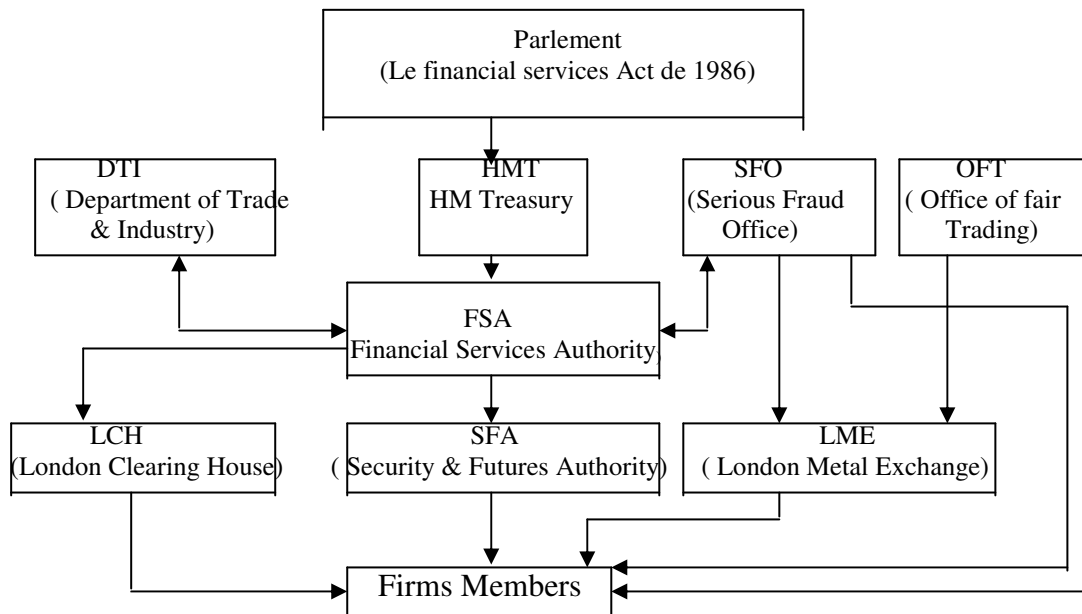
Graphique III-9 : Représentation du taux de change réel et pondéré du dollar américain entre 1980- 2002 et entre 2002- 2006

NOMMER LES AXES

Source : Alcan inc. dans Nappi (2006)

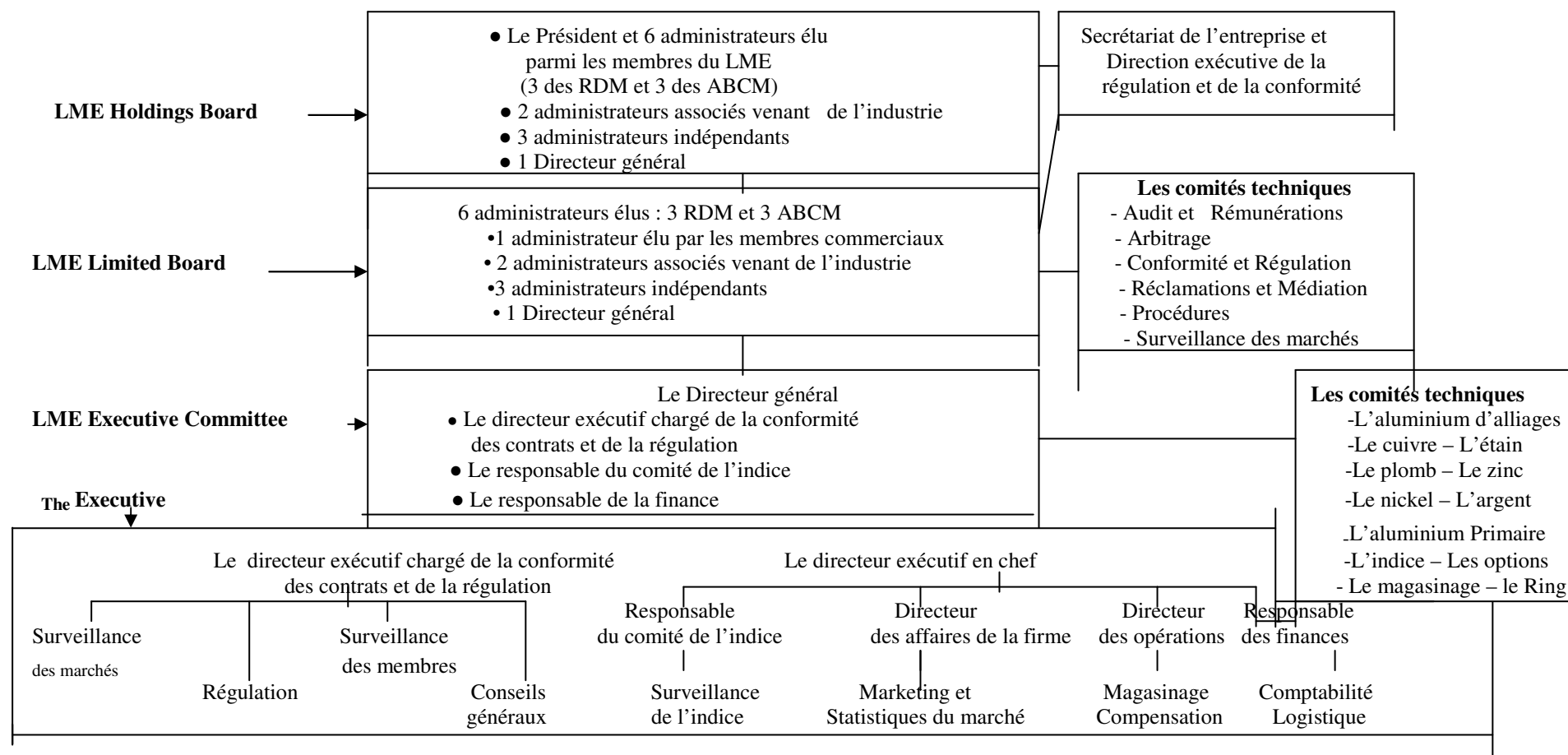
ANNEXE 55

Figure IV-1 : Schéma de l'environnement de la régulation financière au Royaume-Uni



Source: "Managing Metals Price Risk with the London Metal Exchange"
P. Crowson 2001 p. 49

Figure IV-2 : Schéma de la structure organisationnelle du LME



Source: "Managing Metals Price Risk with the London Metal Exchange" P. Crowson 2001 p. 45

ANNEXE 57

Figure IV-7 Carte des entrepôts de livraison agréés du LME dans le monde

ANNEXE 58

Figure V – 1 : Corrélogramme de la série des prix au comptant de l'aluminium de 1995 à 2005

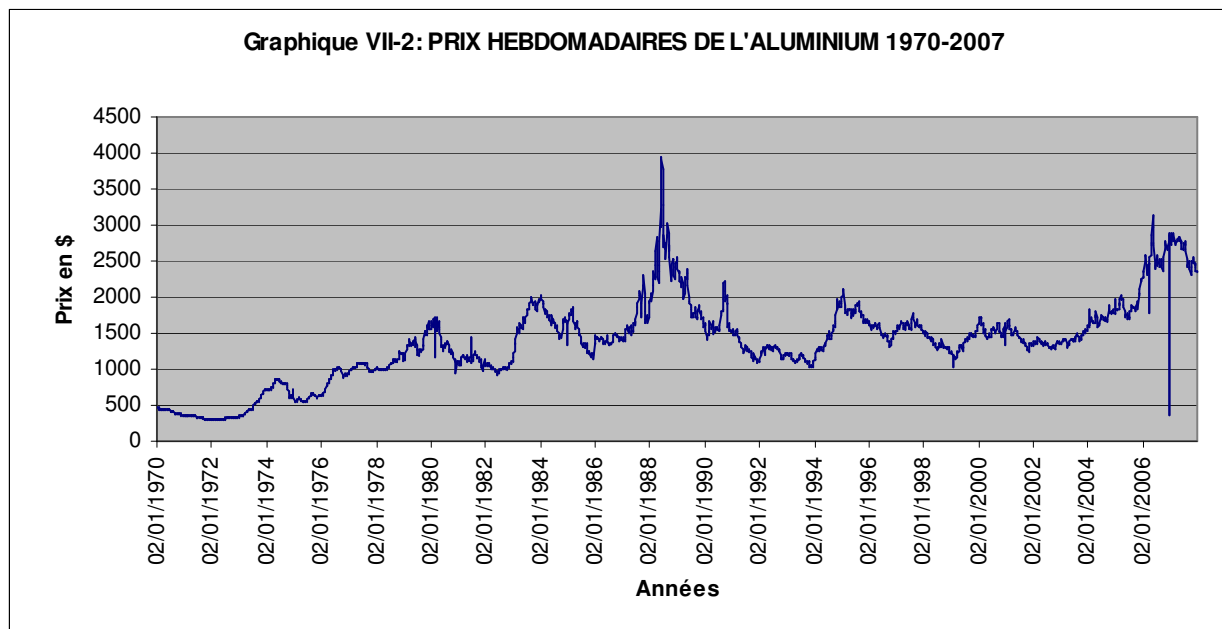
ANNEXE 59

Figure V- 2 : Corrélogramme de la série des prix au comptant de l'aluminium de 1995 à 2005 en différences premières

ANNEXE 60

Graphique VII-1 : Les différents régimes de prix et de l'évolution du cours de l'aluminium de 1970 à 2007

Prix producteurs	Création du contrat à terme Aluminium au LME	Coexistence des prix producteurs et des prix de marché	Période de règne des seuls prix de marché	
			Période d'instabilité exceptionnelle des prix	
1977 et avant	1978	1978-1985	1985- 1990	1990-2007



ANNEXE 61

Figure VII-8 : Corrélogramme des différences premières de la série des prix au comptant avant la création du marché à terme de l'aluminium (1970-1978).

Figure VII-9 : Corrélogramme des différences premières de la série de la série des prix au comptant après la création du marché à terme de l'aluminium (1979-2007).

ANNEXE 62

Figure VII-10: Corrélogramme des différences premières de la série de la série des prix au comptant après la création du marché à terme de l'aluminium (1991-2007), période « normale ».

ANNEXE 63

Figure VII-11 : Corrélogramme des résidus de la série 1970-1978 pour le processus AR(5)

Figure VII-12: Corrélogramme des résidus de la série 1970-1978 pour le processus MA(2)

ANNEXE 64

**Figure VII-13 : Corrélogramme des résidus de la série 1979-2007 pour le processus
AR(1)**

**Figure VII-14 : Corrélogramme des résidus de la série 1979-2007 pour le processus
MA(4)**

ANNEXE 65

Figure VII-15: Corrélogramme des résidus de la série 1970-1978 pour le processus ARMA (1,1)

ANNEXE 66

La notion de stationnarité

Jusqu'à la fin des années 70, la majeure partie des analyses économétriques se basaient sur l'hypothèse que les processus suivis par les données analysées étaient stationnaires. Les tests portaient uniquement sur des séries brutes. Pourtant beaucoup de variables économiques et financières ont vu leur moyenne et leur variance varier fortement (« trend in mean and trend in variance »), de ce fait la plupart des tests proposés n'étaient pas pertinents.

Pour résoudre ce problème, quelques auteurs ont proposé de différencier les variables de façon à enlever les tendances associées à ces variables.

Une série est dite stationnaire si sa moyenne et sa variance sont constantes, finies et indépendantes de l'intervalle de temps utilisé pour les mesurer. A ces conditions de stationnarité viennent également s'ajouter les mêmes propriétés concernant les autocorrélations et les covariances de la série. Johnson (1985) résume ces quatre conditions dans le cas le plus simple de stationnarité : celui d'un processus de bruit blanc (ε_t) où les ε_t sont indépendantes du temps et de même loi $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$. Un tel processus est dit intégré d'ordre 0 et possède les propriétés suivantes :

$$E(\varepsilon_t) = 0 \text{ pour tout } t$$

$$\text{Var}(\varepsilon_t) = E(\varepsilon_t^2) = \sigma_\varepsilon^2 \text{ pour tout } t$$

$$\gamma_k = \text{cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-k}) = E(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-k}) = 0 \text{ pour tout } t \text{ et } k \text{ différent de } 0$$

$$\rho_k = \gamma_k / \gamma_0 = 1 \quad \text{Pour } k = 0$$

$$\rho_k = \gamma_k / \gamma_0 = 0 \quad \text{Pour } k \text{ différent de } 0$$

Plus généralement, une série intégrée d'ordre 0 peut s'écrire en faisant référence à un processus autorégressif d'ordre 1 de type :

$$(1) \quad X_t = \theta X_{t-1} + \varepsilon_t \text{ avec } \theta < 1$$

On peut dire d'une telle série qu'elle a une tendance permanente à retourner à la moyenne et à la croiser sans cesse. Chaque valeur de la série qui est éloignée de la moyenne sera en principe suivie d'une valeur qui se rapproche de celle-ci. La moyenne est alors une sorte « d'aimant permanent ».

Une série non stationnaire est dite intégrée d'ordre d s'il faut la différencier d fois pour parvenir à une série stationnaire. La plupart des séries financières de prix sont intégrées d'ordre 1, c'est à dire qu'elles deviennent stationnaires dès la première différence. Une série intégrée d'ordre 1 n'a pas d'aimant, c'est à dire qu'elle ne retourne pas à une valeur particulière. L'expression la plus simple d'un processus intégré d'ordre 1 est la marche au hasard.

$$(2) \quad X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Dans l'équation (1), on pourra dire que la série est intégrée d'ordre 1 c'est à dire qu'elle suit une marche au hasard si $\theta = 1$. On retombe alors sur l'équation (2).

a) Les équations de Dickey et Fuller

Dickey et Fuller (1981) proposent de tester une équation légèrement différente de la précédente de type :

$$(3) \quad X_t - X_{t-1} = \theta X_{t-1} + \varepsilon_t$$

Pour tester la marche au hasard et pour retomber sur l'équation (2) il faut tester ici $\theta = 0$

L'équation de Dickey et Fuller (équation de base) intègre une constante permettant d'observer une tendance linéaire d'évolution ainsi qu'un trend temporel dont il faudra tester la significativité. L'équation finale est la suivante :

$$(4) \quad \Delta X_t = \alpha + \beta t + \theta X_{t-1} + \varepsilon_t$$

avec

$$\Delta X_t = X_t - X_{t-1}$$

Dans cette équation (4) si $\theta = 0$ il y'a existence d'une racine unitaire, on retrouve une marche au hasard et la série est dite intégrée d'ordre (1).

Dans la plupart des séries, et ne constitue pas un « bruit blanc ». Dans un tel cas, les résidus de l'équation (4) apparaissent autocorrélés, ce qui signifie que l'on a affaire à un processus autorégressif d'ordre P. Dickey et Fuller proposent alors une solution paramétrique qui consiste à ajouter dans le membre de droite de l'équation(4) des valeurs retardées de la variable expliquée. Le principe consiste à ajouter autant de retards qu'il en faut pour s'assurer que les résidus deviennent un « bruit blanc ». L'équation de Dickey et Fuller Augmentée (DFA) est alors la suivante :

$$(5) \quad \Delta X_t = \alpha + \beta t + \theta X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \rho_i \Delta X_{t-i} + \varepsilon_t$$

b- sélection de l'équation de Dickey et Fuller

Un des problèmes importants posés par l'équation de Dickey et Fuller Augmenté est le nombre de retards à inclure dans l'équation (5). Ce nombre de retards est à priori inconnu. Il est généralement conseillé de prendre un nombre de retards assez élevé. En effet si le nombre de retard est trop élevé la régression est libre de le fixer à 0 en contrepartie d'une perte d'efficience. En revanche si le nombre de retards est trop faible, il restera une autocorrélation des résidus dans l'équation (5) et les tables de valeurs critiques seront inutilisables.

On peut cependant effectuer des tests d'autocorrélation des résidus de l'équation (5). Il est alors préconisé d'inclure des retards jusqu'à ce que la valeur du coefficient du dernier retard soit égale à 0. Si le nième retard remplit cette condition, l'équation de DFA sélectionnée sera la précédente, c'est à dire l'équation DAF n-1. Certains auteurs préconisent la même démarche mais en sens inverse c'est à dire, partir d'un DFA à 12 retards et les laisser tomber un à un de manière à observer l'égalité à 0 du dernier retard. Les deux méthodes peuvent s'avérer lourdes, surtout quand le nombre de séries à tester pour la stationnarité est assez élevé.

Un consensus semble se dégager pour dire que le nombre de retards utilisés n'influence pas significativement les résultats des tests de stationnarité.(A moins que le nombre de retards soit trop petit). Il semble par ailleurs, que le nombre de retards choisis ne soit pas forcément compatible avec les tables de valeurs critiques existant. C'est pourquoi la plupart des auteurs décident du nombre de retards de manière arbitraire.

Pour notre étude, nous avons utilisé les équations de type (4) et (5) avec constante puis avec trend et constante puis enfin sans constante et trend. Nous avons choisi 1,2,3,4 et 5 retards

c- Interprétation des tests

La première étape de la procédure pour tester la stationnarité d'une série donnée consiste à le faire sur les équation (4) et (5). Les conclusions sont tirées en fonction de la valeur du ratio-t du coefficient θ . Si le ratio t est supérieur en valeur absolue à la valeur critique, on rejette l'hypothèse d'existence d'une racine unitaire. Dans un tel cas la série de données brute de données est stationnaire. Si en revanche, le ratio-t est inférieur en valeur absolue à la valeur critique, le coefficient θ est considéré comme statistiquement égal à 0 au seuil de 5% et l'hypothèse de racine unitaire est acceptée. On retombe ainsi sur une marche au hasard et la série est dite au moins intégrée d'ordre 1 Il est possible cependant que la série soit intégrée d'un ordre supérieur à 1. Il faut alors dans ces conditions tester l'intégration d'ordre 2. Ce qui revient à reconduire les équations (4) et (5) en prenant la différence seconde de la série.

Les tables de valeurs critiques sont intégrées au logiciel d'économétrie EVIEWS que nous avons utilisé. Ces tables ont permis de tester θ dans les équations (4) et (5). Elles donnent aussi les valeurs critiques permettant de tester la significativité des coefficients de la constante et du trend temporel dans les équations (4) et (5).

ANNEXES 67

Résultats des tests de stationnarité sur les séries brutes Période de janvier 2001 à décembre 2005

Nous avons observé que les séries brutes des cours ne sont pas stationnaires, alors que leurs différences premières sont par contre elles, stationnaires. C'est donc ces différences premières des séries brutes qui ont été utilisées dans les tests.

St : Série brute des cours au comptant

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	0,677901	-2,8728	Non	-1,550632	-3,4284	Non	1,375338	-1,9408	Non
DFA(1)	0,719694	-2,8728	Non	-1,862946	-3,4285	Non	1,249291	-1,9408	Non
DFA(2)	0,666653	-2,8728	Non	-2,131198	3,4285	Non	1,149525	-1,9408	Non
DFA(3)	0,539793	-2,8729	Non	-2,417810	-3,4286	Non	1,041887	-1,9408	Non
DFA(4)	0,715626	-2,8729	Non	-2,347353	-3,4286	Non	1,118700	-1,9409	Non
DFA(5)	0,802675	-2,8730	Non	-2,053234	-3,4287	Non	1,240338	-1,9409	Non

F3 : Série brute des cours à terme d'échéance 3 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	0,794504	-2,8728	Non	-1,427975	-3,4284	Non	1,459047	-1,9408	Non
DFA(1)	0,968642	-2,8728	Non	-1,472780	-3,4285	Non	1,460425	-1,9408	Non
DFA(2)	1,075250	-2,8728	Non	-1,512420	-3,4285	Non	1,462101	-1,9408	Non
DFA(3)	1,019792	-2,8729	Non	-1,702141	-3,4286	Non	1,370408	-1,9408	Non
DFA(4)	1,159031	-2,8729	Non	-1,575710	-3,4286	Non	1,450402	-1,9409	Non
DFA(5)	1,233775	-2,8730	Non	-1,533341	-3,4287	Non	1,489747	-1,9409	Non

F15: Série brute des cours à terme d'échéance 15 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	0,720974	-2,8728	Non	-1,404435	-3,4284	Non	1,315798	-1,9408	Non
DFA(1)	1,244967	-2,8728	Non	-0,978445	-3,4285	Non	1,565568	-1,9408	Non
DFA(2)	1,486880	-2,8728	Non	-0,720889	-3,4285	Non	1,720853	-1,9408	Non
DFA(3)	1,562536	-2,8729	Non	-0,758564	-3,4286	Non	1,703200	-1,9408	Non
DFA(4)	1,515560	-2,8729	Non	-0,805133	-3,4286	Non	1,653097	-1,9409	Non
DFA(5)	1,514852	-2,8730	Non	-0,912216	-3,4287	Non	1,591802	-1,9409	Non

F27 : Série brute des cours à terme d'échéance 27 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	1,044130	-2,8728	Non	-0,990506	-3,4284	Non	1,431598	-1,9408	Non
DFA(1)	1,688915	-2,8728	Non	-0,457381	-3,4285	Non	1,739000	-1,9408	Non
DFA(2)	2,033645	-2,8728	Non	-0,166645	-3,4285	Non	1,875825	-1,9408	Non
DFA(3)	2,102471	-2,8729	Non	-0,055202	-3,4286	Non	1,905456	-1,9408	Non
DFA(4)	2,03796	-2,8729	Non	-0,223274	-3,4286	Non	1,771299	-1,9409	Non
DFA(5)	1,970678	-2,8730	Non	-0,275532	-3,4287	Non	1,707845	-1,9409	Non

**Résultats des tests de stationnarité sur les différences premières des séries de prix
Janvier 2001 à juin 2005**

ΔSt : Différences premières des cours au comptant

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-16,19993	-2,8728	Oui	-16,50751	-3,4285	Oui	-16,14792	-1,9408	Oui
DFA(1)	-11,16977	-2,8728	Oui	-11,54453	-3,4285	Oui	-11,11597	-1,9408	Oui
DFA(2)	-8,814061	-2,8729	Oui	-9,247887	-3,4285	Oui	-8,76187	-1,9408	Oui
DFA(3)	-8,089550	-2,8729	Oui	-8,599984	-3,4285	Oui	-8,022736	-1,9409	Oui
DFA(4)	-7,252339	-2,8730	Oui	-7,747061	-3,4287	Oui	-7,158572	-1,9409	Oui
DFA(5)	-7,128401	-2,8730	Oui	-7,687146	-3,4288	Oui	7,011545	-1,9409	Oui

ΔF3 : Différences premières des prix à terme d'échéance 3 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-16,78985	-2,8728	Oui	-17,09463	-3,4285	Oui	-16,71070	-1,9408	Oui
DFA(1)	-11,86340	-2,8728	Oui	-12,24055	-3,4285	Oui	-11,77140	-1,9408	Oui
DFA(2)	-9,299782	-2,8729	Oui	-9,744413	-3,4286	Oui	-9,206289	-1,9408	Oui
DFA(3)	-8,291530	-2,8729	Oui	-8,794292	-3,4286	Oui	-8,176328	-1,9409	Oui
DFA(4)	-7,403747	-2,8730	Oui	-7,962537	-3,4287	Oui	-7,271145	-1,9409	Oui
DFA(5)	-7,021468	-2,8730	Oui	-7,662229	-3,4288	Oui	-6,866889	-1,9409	Oui

ΔF15 : Différences premières des prix à terme d'échéance 15 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-18,30216	-2,8728	Oui	-18,65667	-3,4285	Oui	-18,20650	-1,9408	Oui
DFA(1)	-12,81171	-2,8728	Oui	-13,21712	-3,4285	Oui	-12,67735	-1,9408	Oui
DFA(2)	-9,955588	-2,8729	Oui	-10,44989	-3,4286	Oui	-9,807067	-1,9408	Oui
DFA(3)	-7,999835	-2,8729	Oui	-8,542686	-3,4286	Oui	-7,839103	-1,9409	Oui
DFA(4)	-6,923045	-2,8730	Oui	-7,550916	-3,4287	Oui	-6,758215	-1,9409	Oui
DFA(5)	-6,440189	-2,8730	Oui	-7,155760	-3,4288	Oui	-6,258775	-1,9409	Oui

ΔF27 : Différences premières des prix à terme d'échéance 27 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-19,01532	-2,8728	Oui	-19,43393	-3,4285	Oui	-18,89053	-1,9408	Oui
DFA(1)	-13,08895	-2,8728	Oui	-13,59899	-3,4285	Oui	-12,92712	-1,9408	Oui
DFA(2)	-10,06658	-2,8729	Oui	-10,62804	-3,4286	Oui	-9,876328	-1,9408	Oui
DFA(3)	-7,920867	-2,8729	Oui	-8,582507	-3,4286	Oui	-7,732133	-1,9409	Oui
DFA(4)	-6,586990	-2,8730	Oui	-7,303650	-3,4287	Oui	-6,387486	-1,9409	Oui
DFA(5)	-5,895642	-2,8730	Oui	-6,682858	-3,4288	Oui	-5,682105	-1,9409	Oui

Résultats des tests de stationnarité sur les séries brutes Sous-période Juillet 2001 à décembre 2003

St :Série brute des prix au comptant

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-2,170395	-2,8838	Non	-2,034687	-3,4450	Non	-0,565795	-1,9424	Non
DFA(1)	-2,696787	-2,8840	Non	-2,300456	-3,4452	Non	-1,180525	-1,9424	Non
DFA(2)	-3,472818	-2,8842	Oui	-3,045933	-3,4455	Non	-1,110385	-1,9424	Non
DFA(3)	-3,828151	-2,8844	Oui	-3,337183	-3,4458	Non	-1,030791	-1,9425	Non
DFA(4)	-3,699446	-2,8845	Oui	-2,983415	-3,4461	Non	-0,886593	-1,9425	Non
DFA(5)	-3,265442	-2,8847	Oui	-2,663117	-3,4463	Non	-0,978281	-1,9425	Non

F 3 : Série brute des prix à terme d'échéance 3 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-2,326767	-2,8838	Non	-2,325726	-3,4450	Non	-0,697345	1,9424	Non
DFA(1)	-2,034018	-2,8840	Non	-1,978553	-3,4452	Non	-0,680606	-1,9424	Non
DFA(2)	-2,387035	-2,8842	Non	-2,241791	-3,4455	Non	-0,820631	-1,9424	Non
DFA(3)	-2,687949	-2,8844	Non	-2,452069	-3,4458	Non	-0,942536	-1,9425	Non
DFA(4)	-2,842978	-2,8845	Non	-2,250676	-3,4461	Non	-1,183057	-1,9425	Non
DFA(5)	-2,776295	-2,8847	Non	-2,162932	-3,4463	Non	-1,144844	-1,9425	Non

F 15 : Série brute des prix à terme d'échéance 15 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-2,317861	-2,8838	Non	-2,992097	-3,4450	Non	-0,711243	1,9424	Non
DFA(1)	-1,914056	-2,8840	Non	-2,400217	-3,4452	Non	-0,759861	-1,9424	Non
DFA(2)	-2,070118	-2,8842	Non	-2,522248	-3,4455	Non	-0,824670	-1,9424	Non
DFA(3)	-2,148289	-2,8844	Non	-2,599742	-3,4458	Non	-0,852689	-1,9425	Non
DFA(4)	-2,130761	-2,8845	Non	-2,126959	-3,4461	Non	-1,110689	-1,9425	Non
DFA(5)	-2,177693	-2,8847	Non	-2,172827	-3,4463	Non	-1,106971	-1,9425	Non

F 27: Série brute des prix à terme d'échéance 27 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-2,517727	-2,8838	Non	-3,874070	-3,4450	Oui	-0,650377	1,9424	Non
DFA(1)	-2,078050	-2,8840	Non	-3,132802	-3,4452	Non	-0,749274	-1,9424	Non
DFA(2)	-2,046983	-2,8842	Non	-3,169202	-3,4455	Non	-0,739978	-1,9424	Non
DFA(3)	-1,994386	-2,8844	Non	-3,251526	-3,4458	Non	-0,701816	-1,9425	Non
DFA(4)	-1,931876	-2,8845	Non	-2,594258	-3,4461	Non	-1,005564	-1,9425	Non
DFA(5)	-1,967378	-2,8847	Non	2,621423	-3,4463	Non	-1,026953	-1,9425	Non

Résultats des tests de stationnarité sur les différences premières des séries de prix
Sous- période Juillet 2001 à décembre 2003

ΔSt : Différences premières des prix au comptant

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-12,030071	-2,8840	Oui	-12,14155	-3,4452	Oui	-12,03515	-1,9424	Oui
DFA(1)	-7,402543	-2,8842	Oui	-7,600375	-3,4455	Oui	-7,370835	-1,9424	Oui
DFA(2)	-6,339371	-2,8844	Oui	-6,625079	-3,4458	Oui	-6,286480	-1,9425	Oui
DFA(3)	-6,706265	-2,8845	Oui	-7,114733	-3,4461	Oui	-6,636703	-1,9425	Oui
DFA(4)	-5,623064	-2,8847	Oui	-5,966221	-3,4463	Oui	-5,572791	-1,9425	Oui
DFA(5)	-5,180075	-2,8849	Oui	-5,549010	-3,4466	Oui	-5,129289	-1,9425	Oui

ΔF3 : Différences premières des prix à terme d'échéance 3 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-12,84731	-2,8840	Oui	-12,85171	-3,4452	Oui	-12,86964	-1,9424	Oui
DFA(1)	-8,115788	-2,8842	Oui	-8,179720	-3,4455	Oui	-8,104155	-1,9424	Oui
DFA(2)	-6,594497	-2,8844	Oui	-6,718104	-3,4458	Oui	-6,558728	-1,9425	Oui
DFA(3)	-6,996464	-2,8845	Oui	-7,244621	-3,4461	Oui	-6,922035	-1,9425	Oui
DFA(4)	-6,033414	-2,8847	Oui	-6,312112	-3,4463	Oui	-5,950618	-1,9425	Oui
DFA(5)	-5,267367	-2,8849	Oui	-5,593013	-3,4466	Oui	-5,172868	-1,9425	Oui

ΔF15 : Différences premières des prix à terme d'échéance 15 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-13,88079	-2,8840	Oui	-13,84957	-3,4452	Oui	-13,89404	-1,9424	Oui
DFA(1)	-8,555064	-2,8842	Oui	-8,558668	-3,4455	Oui	-8,539150	-1,9424	Oui
DFA(2)	-6,759532	-2,8844	Oui	-6,782284	-3,4458	Oui	-6,728669	-1,9425	Oui
DFA(3)	-7,257677	-2,8845	Oui	-7,335145	-3,4461	Oui	-7,186121	-1,9425	Oui
DFA(4)	-6,019163	-2,8847	Oui	-6,118147	-3,4463	Oui	-5,932735	-1,9425	Oui
DFA(5)	-4,945965	-2,8849	Oui	-5,047194	-3,4466	Oui	-4,859781	-1,9425	Oui

ΔF27: Différences premières des prix à terme d'échéance 27 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-14,19748	-2,8840	Oui	-14,15411	-3,4452	Oui	-14,21133	-1,9424	Oui
DFA(1)	-8,908233	-2,8842	Oui	-8,883934	-3,4455	Oui	-8,902281	-1,9424	Oui
DFA(2)	-6,972530	-2,8844	Oui	-6,950877	-3,4458	Oui	-6,960158	-1,9425	Oui
DFA(3)	-7,524106	-2,8845	Oui	-7,537530	-3,4461	Oui	-7,469922	-1,9425	Oui
DFA(4)	-6,278344	-2,8847	Oui	-6,307033	-3,4463	Oui	-6,206874	-1,9425	Oui
DFA(5)	5,212506	-2,8849	Oui	-5,249914	-3,4466	Oui	-6,206874	-1,9425	Oui

**Résultats des tests de stationnarité sur les séries brutes
Sous période 2003- 2005**

St :Séries brutes des prix au comptant

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-0,316592	-2,8837	Non	-1,952112	-3,4447	Non	1,798603	-1,9424	Non
DFA(1)	-0,176876	-2,8838	Non	-1,940535	-3,4450	Non	1,714166	-1,9424	Non
DFA(2)	-0,184772	-2,8840	Non	-1,872496	-3,4452	Non	1,802641	-1,9424	Non
DFA(3)	-0,099438	-2,8842	Non	-2,073640	-3,4455	Non	1,583151	-1,9424	Non
DFA(4)	-0,029152	-2,8844	Non	-2,110256	-3,4458	Non	1,547033	-1,9425	Non
DFA(5)	-0,037860	-2,8845	Non	-2,009628	-3,4461	Non	1,645579	-1,9425	Non

F 3 : Série brute des prix à terme d'échéance 3 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-0,533884	-2,8837	Non	-2,285103	-3,4447	Non	1,792881	-1,9424	Non
DFA(1)	-0,506683	-2,8838	Non	-2,249637	-3,4450	Non	1,842568	-1,9424	Non
DFA(2)	-0,241057	-2,8840	Non	-2,016503	-3,4452	Non	1,894230	-1,9424	Non
DFA(3)	-0,303746	-2,8842	Non	-2,130209	-3,4455	Non	1,856897	-1,9424	Non
DFA(4)	-0,115444	-2,8844	Non	-2,051442	-3,4458	Non	1,783381	-1,9425	Non
DFA(5)	-0,026801	-2,8845	Non	-1,914022	-3,4461	Non	1,845970	-1,9425	Non

F 15 Série brute des prix à terme d'échéance 15 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	0,106514	-2,8837	Non	-1,963071	-3,4447	Non	2,133091	-1,9424	Oui
DFA(1)	0,341180	-2,8838	Non	-1,499288	-3,4450	Non	2,427846	-1,9424	Oui
DFA(2)	0,697273	-2,8840	Non	-1,063701	-3,4452	Non	2,565932	-1,9424	Oui
DFA(3)	0,724484	-2,8842	Non	-1,009786	-3,4455	Non	2,551119	-1,9424	Oui
DFA(4)	0,688589	-2,8844	Non	-1,380464	-3,4458	Non	2,117707	-1,9425	Oui
DFA(5)	0,630560	-2,8845	Non	-1,362854	-3,4461	Non	2,156479	-1,9425	Oui

F 27: Série brute des prix à terme d'échéance 27 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	0,298499	-2,8837	Non	-1,982885	-3,4447	Non	2,249951	-1,9424	Oui
DFA(1)	0,627672	-2,8838	Non	-1,354978	-3,4450	Non	2,608829	-1,9424	Oui
DFA(2)	1,111133	-2,8840	Non	-0,623223	-3,4452	Non	2,915382	-1,9424	Oui
DFA(3)	1,223313	-2,8842	Non	-0,447564	-3,4455	Non	2,910221	-1,9424	Oui
DFA(4)	1,059163	-2,8844	Non	-1,027738	-3,4458	Non	2,280592	-1,9425	Oui
DFA(5)	0,885863	-2,8845	Non	-1,168427	-3,4461	Non	2,232853	-1,9425	Oui

Résultats des tests de stationnarité sur les différences premières des séries de prix Sous- période Juillet 2003 à décembre 2005

ΔSt : Différences premières des prix au comptant

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-11,34654	-2,8838	Oui	-11,36178	-3,4450	Oui	-11,12366	1,9424	Oui
DFA(1)	-8,274281	-2,8840	Oui	-8,296461	-3,4452	Oui	-7,994814	-1,9424	Oui
DFA(2)	-6,329644	-2,8842	Oui	-6,392623	-3,4455	Oui	-6,085776	-1,9424	Oui
DFA(3)	-5,505772	-2,8844	Oui	-5,591794	-3,4458	Oui	-5,250556	-1,9425	Oui
DFA(4)	-5,104781	-2,8845	Oui	-5,181910	-3,4461	Oui	-4,793707	-1,9425	Oui
DFA(5)	-5,021490	-2,8847	Oui	-5,083536	-3,4463	Oui	-4,631459	-1,9425	Oui

ΔF3 : Différences premières des prix à terme d'échéance 3 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-11,71784	-2,8838	Oui	-11,69637	-3,4450	Oui	-11,44469	-1,9424	Oui
DFA(1)	-8,612170	-2,8840	Oui	-8,620646	-3,4452	Oui	-8,304198	-1,9424	Oui
DFA(2)	-6,723824	-2,8842	Oui	-6,738053	-3,4455	Oui	-6,383839	-1,9424	Oui
DFA(3)	-5,721278	-2,8844	Oui	-5,757247	-3,4458	Oui	-5,379904	-1,9425	Oui
DFA(4)	-5,275459	-2,8845	Oui	-5,314146	-3,4461	Oui	-4,888505	-1,9425	Oui
DFA(5)	-5,083570	-2,8847	Oui	-5,113713	-3,4463	Oui	-4,611893	-1,9425	Oui

ΔF15 : Différences premières des prix à terme d'échéance 15 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-12,87410	-2,8838	Oui	-12,89945	-3,4450	Oui	-12,41820	-1,9424	Oui
DFA(1)	-9,280843	-2,8840	Oui	-9,356356	-3,4452	Oui	-8,751692	-1,9424	Oui
DFA(2)	-7,120852	-2,8842	Oui	-7,209864	-3,4455	Oui	-6,534806	-1,9424	Oui
DFA(3)	-4,835900	-2,8844	Oui	-4,948049	-3,4458	Oui	-4,322369	-1,9425	Oui
DFA(4)	-4,346185	-2,8845	Oui	-4,445024	-3,4461	Oui	-3,763428	-1,9425	Oui
DFA(5)	-4,171721	-2,8847	Oui	-4,257710	-3,4463	Oui	-3,500069	-1,9425	Oui

ΔF27: Différences premières des prix à terme d'échéance 27 mois

	Régression avec constante			Régression avec trend et constante			Régression sans trend ni constante		
	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?	Ratio t	Valeur critique à 5%	Stat ?
DFA(0)	-13,22719	-2,8838	Oui	-13,28254	-3,4450	Oui	-12,70222	-1,9424	Oui
DFA(1)	-9,842924	-2,8840	Oui	-9,967108	-3,4452	Oui	-9,172743	-1,9424	Oui
DFA(2)	-7,491935	-2,8842	Oui	-7,647338	-3,4455	Oui	-6,754411	-1,9424	Oui
DFA(3)	-4,595553	-2,8844	Oui	-4,771877	-3,4458	Oui	-3,980312	-1,9425	Oui
DFA(4)	-3,873856	-2,8845	Oui	-4,024003	-3,4461	Oui	-3,192361	-1,9425	Oui
DFA(5)	-3,478240	-2,8847	Oui	-3,621501	-3,4463	Oui	-2,752559	-1,9425	Oui

BIBLIOGRAPHIE

- ACAR H., BERTIN C, LEQUEUX P.(1994): « Tests de marche aléatoire basés sur la profitabilité des indicateurs techniques » *analyse financière n° 100*
- ACKERMANN C., MC ENALLY R. et RAVENSCRAFT D. (1999) : « The performance of hedge funds : Risk return and incentives», *The Journal of finance* , 54, pp 833-874
- AGARWAL et NAIK (2004):« Risks and portofolio decisions involving hedge funds » *Review of financial studies* 17, pp. 63-98.
- AGLIETTA M, (1995) : « Macroéconomie financière », *La découverte* Paris
- AHN H., CAI J. et CHEUNG J.L. (2002) «What moves German Bund Futures Contracts on the EUREX», *journal of the futures markets*, 22 pp. 679-696
- AKIHITO T., AKIRA Y. (2009):“A new scheme for static hedging of European derivatives under stochastic volatility models” *The Journal of Futures Markets* (p 397-413) Mar 3 2009
- ALAMAGNY F, (1993.):« Le bruit source de volatilité » *cahiers de recherche*, CEREG, Université d Paris Dauphine
- ALBOUY M, (2005) « Peut-on encore croire à l’efficience des marchés financiers ? » *revue française de gestion* vol. 31, n° 137, pp 169-188
- ALBUQUERQUE R. (2007): « Optimal currency hedging», *Global Finance Journal* (March 2007)
- ALEXANDER SS, (1961): « Price movements in speculative markets: trends or random walks? » *Industrial management review* vol.5 pp 25 – 46
- ALEXANDER C. et DIMITRU A. (2004): « The art of investing in hedge funds: fund selection and optimal allocation » *IGMA Center Discussion Papers in Finance, University of Reading*
- ALEXANDRE H, (1993) : « La quasi marche aléatoire » *Finance*, vol. 13 pp 5-21
- ALEXANDRE H (1993) : « Le bruiteur démasqué » *Unpublished paper* LATEC Université de Bourgogne, Dijon
- ANDERSEN T. G. et BOLLERSLEV T. (1997a), «Intraday periodicity and volatility persistence in financial markets», *Journal of Empirical Finance*, 4, pp. 115-158
- ANDERSEN T. G. et BOLLERSLEV T. (1997b), «Heterogenous Information Arrivals and Return Volatility Dynamics:Uncovering the Long-run in High Frequency Returns», *Journal of Finance*, 52, pp. 975-1005

ANDERSEN T. G. et BOLLERSLEV T. (1998a), «Deutsche Mark-Dollar Volatility: Intraday Activity Patterns, Macroeconomics Announcements, and Longer Run Dependencies», *Journal of Finance*, 53, pp. 219-265

ANDERSEN T. G., BOLLERSLEV T., DIEBOLD F. X. et LABYS P. (2003), «Modeling and Forecasting Realized Volatility», *Journal of Empirical Finance*, 4, pp. 115-158

ANDERSON, R. W. et DANTHINE J.P. (1981): « Cross hedging » *Journal of Political Economics* 81, pp. 1182-1196

ANDERSON, R. W. (1985): « Some determinants of the volatility of futures prices », *Journal of futures markets* 5, pp. 332-348

ANDREASEN P, KRAUS S, (1988): « Judgmental prediction by extrapolation », *unpublished paper Department of psychology*, Harvard University.

ANTONIOU A. et FOSTER A. J. (1992): « The effect of futures trading on spot price volatility: Evidence from Brent crude oil using GARCH », *Journal of Business, Finance and Accounting* Vol. 19 n° 4 pp. 473-484

ARIEL R, (1987): « A monthly effect in stock returns » *Journal of financial economics* Mars 1987

ARLYUK B. I. et FITERMAN M. Y. (2001): « A model for short and medium term aluminium price forecasting », *Light Metals*, Vol. 77 n° 5 pp 405 à 411 Düsseldorf

ARLYUK B. I. et FITERMAN M. Y. (2001) « Long term model for forecasting aluminium prices » *Light Metals*, Vol. 77 n° 5 pp 405 à 411 Düsseldorf

ARROW K. (1975) : « Vertical integration and communication » *The Rand Journal of Economics* vol. 6 n° 1 pp. 173-183

ARTUS P, (1995) : « Anomalies sur les marchés financiers » *Economica*, Paris.

BADILLO D. et DALOZ J.P. (1985): « Marché, Spéculation, Stabilisation », *Economica* Paris

BACHELIER I, (1900) « Théorie de la spéculation » *Gauthier Villars* Paris 1900

BAILLIE, R. MYERS, R. (1991): « Bivariate GARCH estimation of the optimal commodity futures hedge », *Journal of applied econometrics*, 6 pp. 109-124

BAKER M, LITOV L, WACHTER J, and WURGLER J, (2004): « Can mutual funds managers pick stocks? Evidence from the trades prior to earning announcements » *NBER working paper* n° W10685.

BANKS F. E. (1979): « Bauxite and Aluminium, an introduction to the economics of non fuel minerals » *Lexington Books, D. C. Heath and Co. Lexington Mass.*

BANZ R, (1981): « The relationship between return and market value of common stock», *Journal of financial economics*, 9.

BARBERIS N, THALER R, (2002): « A survey of behavioral finance», working paper, National Bureau of Economics research.

BARBERIS N. et THALER R. (2003): « A survey of behavioral finance » *Handbook of the Economics of Finance G. Harris M. et Stulz R. (ed.) Elsevier*

BARHAM B., BUNKER S.G., O'HEARN D.(1994) : « Raw materials Industries in Resource Rich Regions” in “States, firms and raw materials»,. *The university of Wisconsin Press*.

BAUMOL W. J (1957): « Speculation, profitability and stability», *Review of Economics and Statistics*, pp. 263-271

BAUMOL W. J. (1957): « Speculation, profitability and stability», *Review of Economics and Statistics* pp.263-271

BECHU T, BERTRAND E, (2002) « L'analyse technique: pratiques et méthodes» 5^o édition *Economica Paris*

BENNINGA, S. ELDOR, R. et ZILCHA, I. (1984): « The optimal hedge ratio in unbiased futures markets», *Journal of Futures Markets*, 4 pp. 155-159

BERTONECHE M (1979): « An empirical analysis of the interrelationships among equity markets under changing exchange rate systems » *Journal of banking and finance*, 3, pp 397-405

BERTRAND E, (1997) : « Analyse technique: Fondements théoriques et méthodes » in Y. Simon ed. *Encyclopédie des marchés financiers Economica Paris*

BERT B., BAUD M., RUPTHY T (1999): «Concentration refusée de Alcan – Péchiney-Algroup » *Rapport Ecole des Mines de Paris*

BESSLER D.A et COVEY Ted (1991): « Cointégation: some results on US cattle prices » *The journal of futures markets*, vol. 11 n° 4, pp 461-474

BILET J. (1984): “Marché à terme et gestion de l'économie pétrolière” *Economica Paris*

BINET E., GUIARD R., JACLOT E. (2000) : « Les fusions Alcan-Péchiney et Alcoa-Reynolds » *Rapport Ecole des Mines de Paris* janvier.

BODIE Z, (1976) «Common stocks as a hedge against inflation » *Journal of finance* , 31, pp459-470

BOLLERSLEV, T (1986): « Generalized Autoregressive Heteroscedasticity», *Journal of econometrics*, 31 pp. 307-327

BROQUET C, CAPIAU-HUART M-C, DEWINNE R, (1992) : « L'effet mardi à la bourse de Bruxelles » *Analyse financière* avril.

BROWN P, KEIM D, KLEIDON A, MARSH T, (1983):« Stock returns seasonalities and the tax-loss-selling hypothesis .Analysis of the arguments and Australian Evidence», *Journal of financial economics*, 12, juin.

BLAU, G. (1944): « Some aspects of the theory of futures trading», *Review of Economics Studies*, PP. 1-30

BRENNAN M. J. (1958): « The supply of storage », *American Economic Review*, vol. 48, PP. 50-72

BRITTO R. (1984): « The simultaneous determination of spots and futures prices, a simple model of risk » *Quarterly Journal of Economics*. Vol. 99 n° 2 pp. 251- 265

BROIHANNE M. H., MERLI M. et ROGER P. (2004) : « Finance comportementale » *Economica* Paris

BROOKS, C HENRY O. T., PERSAND, G. (2002): « Optimal hedging and the value of news», *Journal of Business* 75, PP 333-352

BROSEN B. W. et LUKAC L. P. (1989): « The live cattle futures market and daily cash prices movements » *The Journal of futures markets*. vol. 10 n° 3 pp. 247-258

BRUNETTI, C et GILBERT, C.L. (1995): « Metal prices volatility, 1972- 95 » *Resources Policy* 21, pp. 237-254

BRUNETTI, C et GILBERT, C.L. (1996): « Are metals' prices become more volatile? » *Proceedings of the Mineral Economics and Management Society*, pp. 58-72

BUNKER S., CICCANTEL P. S (1994). «The evolution of the World Aluminium Industry», in "States, firms and raw materials". *The university of Wisconsin Press*.

BUTTERWORTH, D. et HOLMES P. (2001): « The hedging effectiveness of stock index futures: Evidence of the FTSE- 100and FTSE-mid 250 indexes traded in the UK», *Applied Financial Economics* 11, pp. 57-68

CABY J. (2003) :« STIC et Ethique du capitalisme contemporain », *Entreprise et éthique*, Octobre, n° 19, pp. 109-117.

CABY J. (2002) :« Investisseurs institutionnels et gouvernance de l'entreprise », *Revue du financier*, n° 133, pp. 26-40.

CABY J., PINEIRO CHOUA J. et TAMAZIAN A.(2007):« Les fusions & acquisitions comme système de restructuration des entreprises : le cas européen », in *Regards croisés sur les restructurations d'entreprises* J. Allouche et J. Freiche (eds), Le Seuil

CANARELLA G. POLLARD S. K. (1986): « The efficiency of the London Metal Exchange: A test with overlapping and non overlapping data», *Journal of Banking and Finance* N° 10 pp 575-593

CARTER C. A., ESTRIN A. J. (2001): « Market Reforms versus Structural Reforms in Rural China » *Journal of Comparative Economics* n° 20, pp527-547

CECCHETTI, S. CUMBY, R. FIGLEWSKI, S. (1988): « Estimation of the optimal futures hedge», *Review of Economics and Statistics* 70, pp. 623-630

CHALLE E. (2004): « Equilibres multiple et volatilité boursière». *Revue d'Economie Financière* n° 74 pp. 105-123 Mars

CHAMBRE SYNDICALE DE L'ALUMINIUM (Editeur) (2004): « Regards sur une industrie : L'aluminium »

CHARREAUX G, (1993) : « Gestion financière : principes, études de cas, solutions » *Litec* Paris

CHAPUT J. C. et EDERINGTON L. H. (2005): « Volatility Trade Design», *The Journal of Futures Markets* vol.25, n° 3, pp.243- 279

CHARREAUX G, (1993) : « Gestion financière : principes, études de cas, solutions » *Litec* Paris

CHEN, S. S. LEE, C. F. et SHRESTHA, K (2004): « Empirical analysis of the relationship between the hedge ratio and hedging horizon: A simultaneous estimation of the short- and long – run hedge ratio » *Journal of futures markets*, 24, pp. 359-386

CHEUNG C S., KWAN C Y. et YIP (1990): « The hedging effectiveness of options and futures, a mean-Gini approach », *Journal of Futures Markets*, vol. 10, pp. 61-73

CHOE H. E. , CHRISSOS J. et LEVASSEUR M. (1988) : « Les marchés à terme sont-ils déstabilisateurs ? » *Revue d'Economie financière* n° 5/6 pp. 223-237

CHOUDHRY, T.(2003): « Short run deviations and optimal hedge ratio: evidence from stock futures», *Journal of Multinational Financial Management*, 13, pp. 171-192

CHOWDHURY A.R (1991) « Futures markets efficiency: evidence from cointegration tests», *The journal of futures markets*, vol. 11 n° 5, pp 577-589

CICHETTI P., DALE C. et VIGNOLA A. J.(1981) : « Usefulness of treasury bill futures as hedging instruments » *Journal of Futures Markets*, 1 (3), PP.379-387

COLLINS R. A. (2000): « The risk management effectiveness of multivariate hedging models in the U. S. soy complex» *The Journal of Futures Markets*, vol. 20, pp. 189-204

CONSEIL DES MARCHES FINANCIERS (2002) : « L'augmentation de la volatilité des marchés des actions » *CMF* décembre 54 p.

- COOTNER P. (1964): « The random character of stock market prices», *MIT press Cambridge*
- COOTNER P. H. (1967): « Speculation and hedging» *Food Research Institute*, Supplement au volume 7, PP; 98-103
- COPELAND L (1991): « Cointegration tests with a daily exchange rate data » *Oxford bulletin of economics and statistics*, pp 185-198
- COUMOUL A. (2004): « La place de l'Australie dans l'offre mondiale de bauxite-alumine sur le moyen terme » *Revue Ecomine BRGM*
- COUMOUL A. (2007) : « Alcoa lance une OPA hostile de 33 Mds de \$ sur son voisin Nord-Américain Alcan le 2 mai 2007 » *Revue Ecomine BRGM*
- COX CC. (1976): « Futures Trading and market information», *Journal of Political Economy* Vol. 84 n° 6 pp. 1215-1237
- COX J., INGERSOLL J. et ROSS S. A. (1981): « The relation between forwards prices and futures prices», *Journal of Financial Economy* vol. 9 pp. 321-346
- CROWSON P. (Editor) (2001): « The Mineral Yearbook»,
- CROWSON P. et SAMPSON R (2001): « Managing metals price risk with the London Metal Exchange», *London Metal Exchange Editor*
- CROWDER W. J., HAMED A. (1993): « A Cointegration Test for Oil Futures Markets » *The Journal of Futures Markets* n° 11 pp.933-941
- CVITANIC, J. LAZRAC, A. MARTELLINI L et ZAPATERO F. (2003) « Optimal allocation to hedge funds: an empirical analysis » *Quantitative finance* 3, PP 1-12
- DANN L., MAYERS D, RAAB R, (1977): « “Trading rules, large blocks and the speed of adjustment » *Journal of financial economics*, pp 3-22
- DAL C ;(1981): « The hedging effectiveness of currency futures markets» *The Journal of futures markets*, vol. 2 (1) PP; 77-88
- DANTHINE J. P. (1978): « Information, Futures prices and stabilizing speculation», *Journal of Economic Theory* VOL; 17 PP 79-98
- DARRAT A. F. et RAHMAN S. (1995) : « Has futures trading activity caused stock price volatility ? » *The Journal of Futures Markets* vol. 15 n° 5, pp. 537-557
- DA SILVA R. (1986): « Le marché au comptant et à terme de l'huile de palme : une analyse économique et financière » *Thèse de Doctorat d'Etat en gestion* 381 p. Orléans.
- DEBONDT J, THALER R, (1987): « Further evidence of investors overreaction and the stock market seasonality», *Journal of finance*, 42, pp557-587

DELONG J.B., SCHLEIFER A., SUMMERS L. H., WADSMANN R. J. (1990): « Noise trader risk in financial markets», *Journal of political economy*, Vol. 98. n° 4, pp 703-708

DIARRA M ; (1994) : « Les marchés au comptant et à terme du café sur la place de Paris : une analyse économique et financière » *Thèse de doctorat en sciences de gestion* Orléans.

DICKEY D. A. et FULLER W. A. (1981): « Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with an unit root», *Econometrica* vol. 49 pp. 1057-10

DICKEY D. A., PANTULA S. (1987): « Determining the order of differencing an Autoregressive Processes», *Journal of Business and Economics Statistics* n° 15 pp. 455-461

DUMONTIER P.(1989) « Analyse chartiste: le marché financier parisien à l'épreuve des moyennes mobiles » *Revue du financier* n°69, juin.

DUPUIS R. (1993) :« Efficience de marché et cointégration : Le prix du contrat à terme CAC 40 est-il un estimateur sans biais de l'indice à l'échéance ? » *Memoires Université d'Orléans*

EDERINGTON. L. H. (1979): « The hedging performance of the new futures markets » *Journal of Finance*, vol.34, pp. 164-170

EDERINGTON L. H. et GUAN W. (2005): « Forecasting volatility», *The Journal of Futures Markets*. vol. 25 n° 25 pp. 465-490

EDWARDS F. R. (1988): « Does futures trading increase stock market volatility? » *Financial Analysis Journal*. Pp. 63-69

EGGERT, RODERICK G. (1990): « The passenger cars industry: Faithful to steel», in *J. E. TILTON* .

ELAN E., DIXON D.B. (1988): « Examining the validity of a test of Futures Markets Efficiency » *The Journal of Futures Markets* Vol. 8, pp. 365-372

ENGLE, R. F. (1982) “ « Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation», *Econometrica*, 50 pp.987-1007

ENGLE R. F et LEE G.G (1999): « A permanent and transitory component of stock return volatility » *Oxford University Press*

EUROPEAN ALUMINIUM ASSOCIATION (2006): « Sustainability of the European Aluminium Industry», EAA. Brussels.

FACKLER, P. L. (1986): « Futures prices volatility: modeling non-constant variance», *Paper presented at the annual meeting of the American Agricultural Economics Association* Reno, Nevada July 27- 30

FAMA E F, BLUME M, (1970): « Filter rules and stock market trading profits » *Journal of finance*, pp. 226-241

FAMA E F. (1965): « The behavior of stock market prices», *Journal of business*” pp 34-105

- FAMA E.F. (1965) « Random walk in stock market prices», *Financial analysis journal* .
- FAMA E. F, (1970): « Efficient capital markets: a review of theory and empirical work», 1970 pp 383-417
- FAMA E; F., (1991): « Efficient capital market II“*Journal of finance*”
- FAMA E. F, FRENCH K (1988): «Permanent and temporary components of stock prices», *Journal of political economy*, 96, pp 246-276
- FAMA E., FRENCH K. (1987): « Commodity Futures Prices, Some evidence on forecast power, premiums and the theory of storage», *Journal of Business* n° 60 pp. 55-73
- FARREL M. J. (1966): « Profitable speculation”, *Economica*, Vol. 33, pp. 183-193
- FERGUSON R. LEISTIKOW D. (1998): « Are regression approach futures hedge ratios stationary? “ *The journal of futures markets* “, vol.18 N° 7 pp. 851-866
- FISHER L. A. ET OWEN A. D. (1981): « An econometric model of the US aluminium market » *Resources Policy* Vol. 7 PP 150- 160. 1981
- FIGLEWSKI S. (1984): « Hedging performance and Basis Risk in stock index futures” *Journal of Finance*, vol.39 N° 3
- FIGLEWSKI S. (1981): « Futures trading and volatility in a GNMA market», *Journal of Finance*, vol. 36 may
- FIGUEROLA F. I. et GILBERT C. L. (2000) : « Price variability and marketing method in the non ferrous metals industry » *Journal of Financial Economy* vol. 27 n° 3 pp. 169-177
- FIGUEROLA F. I. et GILBERT C. L. (2001): « Has futures Trading affected the volatility of aluminium transaction prices? » *Queen Mary College University of London. Working Paper* n° 432
- FIGUEROLA F. I. et GILBERT C. L. (2005): «Price discovery in the aluminium market » *The Journal of Futures Markets*. Vol. 25 n° 10 pp. 967-988
- FIGUEROLA-F. I et GILBERT C. L.(2008) “Commonality in the LME aluminum and copper volatility processes through a FIGARCH lens” *The Journal of Futures Markets* (p 935-962) Aug 7 2008
- FONTAINE P. (1990) : « Les cours des marchés des actions suivent-ils une marche au hasard ? » *Finance* vol. 11, pp107-121
- FRANKLE C. T. (1980): « The hedging performance of the new futures markets: comment », *Journal of Finance*, vol. 35, n°5
- FRENCH D., (1984): « “The weekend effect on the distribution of stock prices», *Journal of financial economics*”, 1984 pp 547-560

FRENCH K., (1980) « Stock returns and the weekend effect», *Journal of financial economics*”, pp 55-60

FRIEDMAN M. (1953): «Essay in positive Economics», (Chicago).

FRINO A., BJURSELL J, WANG G. H. K., LEPONE A (2008):”Large trades and Intraday futures Price behavior “(p 1147-1181) *The Journal of Futures Markets* Oct 17 2008

FUNG W. et HSIEH D. A. (1997): « Empirical characteristics of dynamic trading strategies: the case of hedge funds», *Review of financial studies*, 10 pp.275-302

GAGNON L., MENSAH S; et BLINDER E. H. (1989): « Hedging Canadian corporate debt: a comparative study of the hedging effectiveness of Canadian and US bond futures»,*The Journal of Futures Markets*, vol. 9 n° 1 pp. 29-39

GALESNE A, (1975) «Performance and validity of Filter Test Rules on the Paris bourse», in B. Jacquillat (ed) *European France Association Proceedings*, North Holland.

GALLAIS-HAMONNO G., DIARRA M., et NJIKI R. ; «Démonstration complète de la mesure de l’efficacité de la couverture (Modèle standard de EDERINGTON) », *Revue Economie Financière*, 1991-4

GALLAIS-HAMONNO G., DIARRA M., et NJIKI R. ; « Déclin d’un marché à terme : l’exemple du café et du cacao à Paris », *Revue Economie Financière* n° 20, 1992-1

GEMAN H. (2005): « Commodities and commodity derivatives: Modeling and pricing for agricultural, Metals and Energy», *John Wiley and sons ltd.*

GERALD D. GAY, BETTY J. SIMKINS, MARIAN TURAC (2009):“Analyst forecasts and price discovery in futures markets: The case of natural gas storage” *The Journal of Futures Markets* (p 451-477) Mar 3 2009

GERHARD P. et HAUTSCH N. (2002): « Volatility on the basis of price intensity», *Journal of empirical finance* n° 9 pp. 57-89

GIAMOURIDIS D. et VRONTOS L. D. (2007): « Hedge fund portfolio construction: a comparison of static and dynamic approaches», *Journal of Banking and Finance*, Vol. 31 1 pp. 199-217

GIBSON-JARVIE R. (1976): « The London Metal Exchange, a commodity market » *Woodhead-Faulkner Ltd Cambridge.*

GILLET P, (2006) « L’efficience des marchés financiers » *Economica*, Paris 2° édition

GILLET P, SABATIER E. (1996) :« Pour en finir avec l’analyse technique ? » *Analyse financière.*

GNEEZY U. et POTTERS J. (1997): «An experimental test of risk taking and evaluation periods » *Quarterly Journal of Economics* 112, pp. 631-645

GNEEZY U. KAPTEYN A. et POTTERS J. (2003) « Evaluation periods and market asset prices in a market experiment » *Journal of Finance* 58, pp. 821-837

GOSS B. A. et YAMEY B. S. (1976): « The Economics of futures trading » *London, Mac Millan*.

GOSS B. A. (1981): « The forward pricing function of the London Metal Exchange, » *Applied Economics* n° 13 pp. 133-150

GRAMMATIKOS T; et SAUNDERS A. (1983): « Stability and hedging performance of foreign currency futures, » *The journal of futures markets* vol. 3, pp; 295-305

GRANGER C, MORGENSTERN O,(1970): « Predictability of stock market prices » *Heath Lexington books*, Lexington mass .

GRANGER C. et HYUNG .N. (2004) : «Occasional structural breaks and long memory with an application to the S&P 500 absolute stock returns » *Journal of Empirical Finance*, 11 pp. 399-421

GRANT, D. et EAKER M; (1989): « Complex hedges: How well do they work? » *The Journal of Futures Markets* 9, pp. 15-27

GREENING T. (1976): «Oil wells, pipelines, refineries and gas station: a study of vertical Integration, » *PH. D. Harvard University*.

GRINBERG I., GRISET P. et LE ROUX M. (Sous la direction de) (1997): « Cent ans d'innovations dans l'industrie de l'aluminium », *L'harmattan*. Paris.

GROSS B.(1981): « The Forward Pricing Function of the London Metal Exchange, » *Applied Economics* N° 13 pp 133-150

GROSS B (1983): « The semi strong form efficiency of the London Metal Exchange, » *Applied Economics* N° 15 pp 681-698

GROSS B. (1985): « The Forward Pricing Function of the London Metal Exchange, » in Goss B. A. ed. *Futures Markets, their Establishment and Performance*. London: Groom Helm pp 157-173

GROSS B. (1988): « A semi strong test of efficiency of the Aluminium and Copper market at the LME, » *The Journal of Futures Markets* n° 8 pp67-77

GROSSMAN S. J., STIGLITZ J. (1981): « On the impossibility of the informationally efficient markets, » *American Economic Review* Vol. 70.

GUIVARCH A. (1996) : « Conséquence des opérations d'initiés sur la composante d'asymétrie d'information de la fourchette, » *Cahier de recherche du CEREQ* Université de Paris Dauphine.

GUPTA S., MAYER T. (1981): « A test of efficiency of Futures Markets in Commodities», *Weltwirtschaftliches Archiv*, n° 117 pp 661-671

GOURIEROUX C. (1992): « Modèles ARCH et applications financières», *Economica* Paris

HACHEZ-LEROY F. (1999), « L'aluminium français, l'invention d'un marché 1911-1983 » *CNRS EDITIONS*

HAMON J. (1975): « Prédiction des cours boursiers et méthodes points croix » *Analyse financière* 24, 3^e trimestre.

HAMON J. (1976): « L'efficacité des marchés boursiers : étude du marché parisien (1957-1971) » *Thèse de doctorat, université de Rennes*.

HAMON J., (1995): « Marchés d'actions : architecture et microstructure » *Economica*.

HAMON J. (2005) « Bourse et gestion de portefeuille » 2^e édition *Economica* Paris.

HAMON J., JACQUILLAT B (1991): « Saisonnalités dans la semaine et la séance à la bourse de Paris » *Finance*.

HAMON J., JACQUILLAT B.(1992): « Le marché français des actions : étude empirique 1977-1991 » *PUF* Paris

HAMORI S., HAMORI N. , ANDERSON D. A. (2001) « An Empirical Analysis of the Efficiency of the Osaka Rice Market During Japan's Tokugawa Era » *The Journal of Futures Markets* Vol. 21 n° 9 pp. 861-874

HAKKIO C, RUSH, M, (1989): « Market efficiency and cointegration: an application to the Sterling and Deutsche mark exchange money», *journal of international money and finance*, pp 75-88

HARDY C (1940): « Risk and risk bearing» *University of Chicago Press*.

HAWTREY R. G. (1939) « Mr. Kaldor and the forward market», *Review of Economics studies* "pp. 202-205

HICKS J. R., (1946): « Value and Capital», second edition, *London University Press*.

HILL J; et SCHEEWEISS T. (1981): « A note on the hedging effectiveness of foreign currency futures», *The Journal of Futures Markets* vol. 1, n° 4, pp. 659-664

HILL J., LIRO J. et SCHEWEISS T. (1983): « Hedging performance of GNMA Futures under rising and falling interest rates», *The Journal of futures Markets*, vol. 3, n° 4, pp. 403

HIRSCHLEIFER, D. (1988): « Risk, Futures pricing and the organization of production in commodities markets" *Journal of Political Economy* 96, pp. 1206-1220

HILLIARD J. (1979): « The relationship between indices on world exchanges», *Journal of finance*, pp103-113

HOLTAUSEN R., LEFTWICH R. (1990): « Large block transaction, the speed of response and temporary and permanent stock price effects», *journal of financial economics*, pp 71-95

HOGARTH R. M. et KUNREUTHER H.(1989): « Risk, ambiguity and insurance » *Journal of risk and uncertainty* 2 , pp. 5-35

HOUTHAKKER H. S.: (1957): « Restatement of the theory of normal backwardation » *Cowles Foundation Discussion Paper n° 44*.

HUMPPHREYS D. (2009): "Unravelling the causes of the mineral price boom" *Resources policy* sept 2009 Volume 34, Issue 3, September 2009, Pages 103-104

HUSSON B. (1987): « La prise de contrôle des entreprises » *PUF*, Paris

IBBOTSON R., (1975): « Price performance and common stock new issues » *Journal of financial Economics*, t 2, pp 235-272

IBBOTSON R. (1984): « Stock, bonds, bills and inflation » *McGraw Hill*, New York.

IRWIN H. S.(1937): « The nature of Risk Assumption in the trading on organized Exchanges», *American Economic Review* .

JACQUILLAT B., SOLNIK B., (2004) : « Marchés financiers : gestion du portefeuille et des risques », 4^e édition *Dunod* Paris.

JAFFE J., (1974): « Special information and insider trading» *Journal of business*.

JEGADEESH N. KIM J. KRISHE S.D., (2004): « Analysing the analysis: when do the recommendations add value? » *Journal of finance*, Vol. 48, 2004

JENSEN M C., (1978): « Some anomalous regarding market efficiency», *Journal of financial Economics*, 6, pp 95-101

JERRETT D, T. CUDDINGTON J. T.(2008) "Broadening the statistical search for metal price super cycles to steel and related metals" *Resources Policy*, August 2008

JOHNSON L. L. (1960) : « The Theory of Hedging and Speculation in Commodity Futures » *Review of Economic Studies*, pp. 139-151

KAHL, K. H. (1983): « Determination of the recommended hedging ratio», *American Journal of Agricultural Economics* n° 65 pp. 603-605

KAHNEMAN D., TVERSKY A. (1979): « Prospect theory: An analysis of decision under risk», *Econometrica* vol. 46, pp 171-185

KAHNEMAN D., TVERSKY A. (1982): « Intuitive predictions: biases and corrective procedures» *Judgement under uncertainty: Heuristics and biases*, Kahneman, Slovic, and Tversky *Cambridge University Press*.

KALDOR N.(1939): « Speculation and economic stability» *Review of Economic Studies*, pp. 1-27

KALDOR N. (1940): « A note on the theory of the forward market», *Review of Economic Studies*, pp. 196-201

KAMDEM D (1986) : « Marchés à terme de marchandises et stabilisation du revenu des producteurs de matières premières: application au cacao et au café sur la place de Paris», *Thèse de doctorat d'Etat Rennes*.

KENOURGIOS D.F. (2004): « Testing efficiency of the copper futures markets: New evidence from LME», *Global Business and Economic Review*.

KENOURGIOS D.F., SAMITAS A.G. (2005): « Testing efficiency of the unbiasedness hypothesis of the emergency Greek futures markets » *European Review of Economics and Finance*.

KEYNES J. M. (1923): « Some aspects of commodity markets», *Manchester Guardian Commercial, European reconstruction series* march 29, pp. 784-786

KEYNES J. M. (1930): « A treatise on money» vol. 2 *London Mac Millan*

KUMAR S. (2004): « Price Discovery and Market Efficiency: Evidence from Agricultural Commodity Futures Markets», *South Asian Journal of Management*.

KUBEREK R. C. et PEFLEY G. N.(1983): « Hedging Corporate debt with US treasury bond futures», *The Journal of Futures Markets* vol. 3 n° 4 , pp. 345-353

KUNREUTHER H. et PAULY M. (2004): « Neglecting disaster: why does people insure against large losses » *Journal of Risk and Uncertainty* n°28, pp. 5-21

LABYS W.C. et GRANGER C. W. J. (1970): « Speculation hedging and commodity forecasts » *Lexington Books*

LABYS W.C. et THOMAS H. C. (1975): « Speculation, hedging and the commodity price behavior: an international comparison » *Applied Economics* n° 7, pp. 297-301

LAMONT O., THALER R. H. (2003) « Can the market adds and subtracts? Mispricing in tech stock Carve-outs» , *Journal of political economy*, vol. 111.

LARDIC S et MIGNON V (2002) « Econométrie des séries temporelles macroéconomiques et financiers», *Economica*, Paris

LARDIC S et MIGNON V (2003) « Analyse intra quotidienne des news sur le marché boursier français», *Economie appliquée LVI*, pp 205-237

LAUTIER D. (2003): « The informational value of the crude oil prices » *working paper*, 6 CEREG University of Paris 9

- LEUTHOLD R. M. (1979): « An analysis of the futures and cash prices basis for live beef cattle. » *North Central Journal of Agricultural Economics* n°1 pp. 47-52
- LEVASSEUR M. et SIMON Y. (1980): « Marchés de capitaux : Options et nouveaux contrats à terme », *Dalloz*, Paris
- LIEN D. (2005 – a): « The use and abuse of the effectiveness ratio measure», *International Review of Financial Analysis*, 14, pp.277-282
- LIEN D. (2005 – b): « A note on the superiority of the OLS hedge ratio», *The Journal of Futures Markets*, 25 pp.1121-1126
- LIEN D. (2006): « A note on the hedging effectiveness off GARCH models», *Working paper College of Business, University of Texas at San Antonio*
- LIEN D. et SHRESTHA K. (2007): « Hedging effectiveness comparisons: A note » *International Review of Economics and Finance* January 2007 –
- LILTI JJ (2002) : « Modèles à facteurs et rentabilités d’actions », (en coll A. Miloudi), in *Sciences de Gestion et Pratiques Manageriales*, Economica, 2002.
- LILTI JJ (2007) : « Capital humain et CAPM conditionnel: une comparaison internationale des rentabilités d’actions », (avec Y. Gouzerch), *Banque et Marchés*, mars-avril, 2007.
- LILTI JJ (2008): « L’évolution des modèles d’évaluation d’actifs », in *Mélanges P Spiteri*, *Presses Universitaires de Toulouse*, 2008.
- LIU, S. M., BRORSEN, W. B., OELLERMANN C. M. et FARRIS, P. L (1994): : « Forecasting the nearby Basis of Live Cattle», *The Journal of Futures Markets* , 14 pp. 259-273
- LO A. GRAIG-MACKINLAY A. (1988): « Stock market prices do not follow random walks: evidence for a simple specification test», *Review of financial studies*, 1, pp 41-66
- MAC NICOLL D. L. (1978): « Commodity Agreements and Price Stabilization», Lexington (Mass.) *Lexington Books DC Heath and C°*.
- MC DONALD R. TAYLOR M. P.: (1989): « Rational expectations, Risk and efficiency in the London Metal Exchange: An empirical Analysis», *Applied Economics* n° 21 pp 143-153
- MC FALL LAMM R. (2003): « “Asymmetric returns and optimal hedge fund portfolios», *Journal of alternative investments* 6, pp. 9-21
- MC MILLAN D. G. et SPEIGHT A. E. H. (2001): « Non ferrous metal prices volatility: a component analysis » *Resources Policy* n° 27 pp.199-207
- MC MILLAN D. G. (2005): « Time-varying hedge ratios for non-ferrous metals prices», *Ressources Policy*, pp. 186-193

- MAILLET B et MICHEL T. (2002) : « Mise en perspective des dernières turbulences de marché à l'aide d'un indice de crise » *Bulletin mensuel de la COB* n° 373 pp 107-115
- MALLIARIS A. et URRITIA J. (1991) : « Test of Random walk of hedge ratios and measure of Hedging effectiveness for stock indexes and foreign currencies » *The Journal of futures markets* » , 11 pp. 55-68
- MANDELBROT, B. (1963): « The variation of certain speculative prices» »
Journal of Business, 36 pp. 394-419
- MARKOWITZ H. (1952): « Portfolio selection», *Journal of Finance*.
- MARKOWITZ H. M. (1959): « Portfolio selection: efficient diversification of investments», *John Wiley* New York.
- MARQUET Y. (1976) : « Le marché spéculatif des marchandises » *Thèse complémentaire en Sciences économiques Université de Bordeaux I*
- MEULBROECK L. K. (1992): « An empirical analysis of illegal insider trading», *Journal of finance* Vol. 47 (5) , pp 1661-1699
- MIYAMOTO M.(1988): « Market Economy in the early modern period of Japan», *Tokyo Yohikaku* (En japonais)
- MONSIGNY L.(1991) : « L'efficacité de la couverture sur les marchés à terme : l'exemple de l'indice CAC 40 » *Mémoire DEA Université d'Orléans* .
- MOREL P.(Sous la direction de) (1992) : « Histoire technique de la production de l'aluminium » *Presse Universitaire de Grenoble* .
- MORTON D. P., POPOVA E., et POPOVA I. (2006): « Efficient fund of hedge funds construction under downside risk measures » *Journal of Banking and Finance* 30, pp.503-518
- MOUAK P. (2006) : « L'analyse de l'efficacité et de l'optimalité des opérations de couverture sur le marché à terme de l'aluminium de Londres(LME) » Présentation aux 4^o journées du tutorat des thèses du LOG à l'IAE d'Orléans 17 janvier 2006
- MOUAK P. (2007) : « La fonction d'information des marchés à terme commerciaux : application au LME pour l'aluminium » Présentation aux 5^o journées du tutorat des thèses du LOG à l'IAE d'Orléans 17 janvier 2007
- MOUAK P. (2009) : « La fonction d'information des marchés financiers à terme : une application au London Metal Exchange (LME) pour l'aluminium » Cahier de recherche numéro 2009-02 Laboratoire Orléanais de Gestion (EA 2635) Octobre 2009.
- MYERS R. J.(2000) « Estimating Time-varying optimal hedge ratios on future markets», *The Journal of futures markets*, vol. 20, n°1 , pp. 73-87

- NAIK, G. et LEUTHOLD, R. M. (1988): « Cash and Futures price relationship for nonstorable commodities: An empirical analysis using a general theory » *Western Journal of Agricultural Economics*, 13 pp. 327-338
- NAPPI C.(1989): « Metal demand and the Canadian metal industry (1989): Structural changes and policy implications » *Center for Resources Studies Kingston* (Ontario) .
- NAPPI C. (1990): « The food and beverage container industries: Change and diversity,» in *TILTON*.
- NAPPI C. (1992): « Aluminium» in *PECK J. M., LANGSBERG H. H., TILTON* editors.
- NAPPI C. (1994): « L'aluminium» . Collection Cyclope *Economica* Paris.
- NAPPI C. (2006): « L'industrie internationale de l'aluminium, 1980-2006, changements structurels et perspectives » *Cahiers de l'IHA* n° 36.
- NELSON R. D. et COLLINS R. (1985): « A measure of hedging's performance » *The Journal of Futures Markets* 1985, vol. 5 n° 1 pp. 45-55
- NEWBERRY D. M. G. ET STIGLITZ J. E. (1981): « The theory of Commodity Price Stabilization, A study of the Economics Risk, » Oxford. *Oxford University Press*.
- NJIKI R. (1994) : « Les marches au comptant et à terme des cacaos en fèves sur la place de Paris: Une analyse économique et financière,» *Thèse de Doctorat en sciences de Gestion Orléans*.
- NURKSE R. (1944) : « International currency experience : lessons of inter war period » *League of Nation Geneva*
- ODEAN T.,(1998): « Are investors reluctant to realise their losses? » , *Journal of finance* Vol. 53 N°5, pp 1775-1798.
- ORLEAN A. (1989) : « Comportement mimétique et diversité des opinions sur les marchés Financiers » in *théorie économique et crise des marchés financiers*. (H Bourguinnot et P. Artus éditeurs), *Economica* Paris
- OVERDAHL J. A. et STARLEAF D. R. (1986): « The hedging performance of the CD futures markets,» *The journal of futures markets* , vol. 6 n° 1 pp. 71-81
- PAGET-BLANC E.(1994) : « Analyse chartiste et théorie de l'efficience des marchés » *Analyse Financière* n° 98 Mars
- PANZAR J. C. et WILLIG R. D. (1981): « Economies of Scope » *American Economic Review* n° 71
- PAQUET Ph. (1989) : « L'efficacité d'une opération de couverture sur le MATIF » *Revue Française de Gestion*, pp.70-80

- PARK, T. et SWITZER L. (1995): « Time-varying distribution and the optimal hedge ratios for stock index futures», *Applied Financial Economics*, 5 pp.131-137
- PERONI E., MC NOWN R. (1998): « Non informative and Informative Tests of Efficiency in the Energy Futures Markets», *The Journal of Futures Markets* Vol. 18 n°8 pp 939-964
- PENNINGS J. M. E. et LEUTHOLD R. M. (2000): « The motivation for hedging revisited», *The Journal of futures markets*, vol. 20 n° 9 pp. 865-885
- PENNINGS J. M. E. et MEULENBERG M. T. G. (1997): « Hedging efficiency: A futures exchange management approach», *The Journal of futures markets*, vol. 17 n°5 pp. 599-615
- PEZET A.(2000) « La Décision d'Investissement Industriel, Le cas de l'aluminium » *Economica Paris*
- PINDYCK R. S (1977): «Cartel pricing and the structure of the world bauxite market » *The Bell Journal of Economics* Vol. 8 PP 343- 360. 1977
- POLLIN J. P. (2004): « Finance comportementale et volatilité», *Revue d'Economie financière* n° 74 pp. 139-156
- POON H. et GRANGER C. (2002): « Forecasting volatility in financial markets, a review » *Working paper of Strathclyde University*, 80 p.
- POPOVA I. , MORTON D. P., et POPOVA E. (2003): « Optimal hedge fund allocation with asymmetric preferences and distributions » *Working paper University of Texas at Austin*
- PORTER M. E. (1982) :« Choix stratégiques et concurrence » *Economica Paris*.
- POWERS M. J.(1970): « Does futures trading reduce price fluctuations in the cash markets ? » *Journal of Finance* vol. 60 pp 460-464
- RAY A. (2003): « Minéraux et métaux non ferreux : La dynamique chinoise » Communication à l'assemblée générale de la fédération des minéraux et métaux, Paris.
- ROBERTS M. C(2009). "Duration and characteristics of metal price cycles"*Resources Policy* March 2009
- ROCKWELL C. S. (1967): « Normal Backwardation, Forecasting on the Returns in Commodity Futures Traders», *Food Research Institute Studies*; vol. 7 supplement.
- ROLL R., ROSS S.(1984): « A critical re-examination of empirical evidence on the arbitrage price Theory: A reply», *Journal of finance*, 39, pp 347-350
- ROWLEY A (2003): « Chinese Aluminium in the Global Context» Presentation to Metal Bulletin's China Metals Conference *Macquarie Bank*.
- ROWLEY A. (2003): « Chinese aluminium in the global context » Macquarie Bank presentation to the *metal's Bulletin China Conference November*.

SAHADEVAN KG (2002): « Derivatives and Risk Management: A study of Agricultural Commodity Futures in India, a Research project report » *Indian Institute of Management, Lucknow*.

SAUNDERS E.(1993): « Stock prices and wall street weather,» *American Economic Review* , pp 1337-1345

SEPHTON P. S. et COCHRANE D. K. (1990) : « A note on the Efficiency of the London Metal Exchange » *Economics Letters* n° 33 pp 341-345

SEYHUN H. NEJAT J.(1986): « Insiders' profits costs of trading and market efficiency,» *Journal Of financial economics*, 16, pp 169-212

SHAVIT T., BENZION U., et HARUVY E. (2007): « Risk aversion and under-hedging,» *Journal of Economics and Business*, vol. 59 n° 3 pp. 181-198

SHILLER R.J. (1981): « Do the stock prices move too much to be justified by subsequent changes of dividends”, *American Economic Review*, vol. 71, pp 421-436 1981

SHILLER R.J., (1984): « The use of volatility measures in accessing market efficiency,» *Journal of Finance*, Vol. 36, pp 291- 304

SHILLER R. J. (1989): « Market volatility » *MIT Press*

SHILLER R.J.(2000): « Inefficient markets,» *Oxford University Press*.

SHILLER R. J.(2002): « From efficient market theory to behavioural finance,» *Cowles foundation Discussion paper* n° 1385.

SHLEIFER A. (2000): « Efficient market and introduction in behavioral finance,» *Oxford University Press*

SIMON Y. (1986) : « Bourses de commerce et marches à terme de marchandises,» 3° édition, *Paris, Dalloz gestion*.

SIMON Y., (1997) : « Les marchés dérivés : origines et développement » 2° édition *Economica Paris*.

SIMON Y. et LAUTIER D. (2001) : « Marchés dérivés des matières premières et gestion du risque de prix » 2° édition, *Paris, Economica*.

SIMON Y. et LAUTIER D. (2004) : « La volatilité des prix des matières premières » *Revue d'Economie Financière* n° 74 pp 45- 84

SKANDRANI Y. (1998) : « L'efficience des stratégies de couverture des marchés dérivés des produits pétroliers en période de forte volatilité » *Thèse Paris Dauphine*.

SLADE M. E. (1991): « Market structure, marketing methods and price instability» *Quarterly Journal of Economics* n° 106 pp 1309-1340

SOLNIK B.(1973) :« Note on the validity of one random walk for European stock prices » *Journal of finance*.

STEIN J. L. (1961): « The simultaneous determination of spot and futures prices » *American Economic Review*, pp. 1012-1025

STEIN J. L. (1984): « The simultaneous determination of spot and futures prices» *American Economic Review*; 59 (5) pp. 1011-1025

STEIN J. S. (1986): « The Economics of Futures Markets», Oxford *Basil Blackwell*

STIGLER G. J. (1950): « Monopoly and Oligopoly by Merger» , *American Economic Review*

STIGLER G. J. (1951): « The division of labor is limited by the extend of the market», *Journal of Political economy*.

STUCKEY J. A. (1983): « Vertical integration and joint ventures in the aluminium industry» *Harvard University Press*

SUENAGA H., SMITH A, WILLIAMS J. (2008) “Volatility dynamics of NYMEX natural gas futures prices” *The Journal of Futures Markets* Mar 3 2008(p 438-463)

TAYLOR M. P. (1995): « The Economics of Exchange Rates» *Journal of Economic Literature* n° 33 pp. 13-47

TEECE D. (1980) « Economies of Scope and the Scope of the Enterprise» ; *Journal of Economic Behaviour and Organization*

TELSER L. G. (1955): « Safety first and hedging » *Review of economic studies*, PP1-16

TELSER L. G. (1960): « Returns to speculators: Telser versus Keynes Reply» , *Journal of Political Economy*, Vol. 68 n°4 1960

TELSER L. G. (1981): « Margins and Futures contracts» *The Journal of Futures Markets* Vol.1 n°2 p 225

TERHAAR R., STAUB R. , et SINGER B. (2003): « Appropriate policy allocation for alternative investments» *Journal of portfolio management* 29 , pp.101-111

THALER R et JOHNSON E. (1990): « Gambling with the house money and trying to break even. The effects of prior outcomes on risk choice » *Management science* vol. 36 n°6 pp. 643-660

THALER R.H. , TVERSKY A. KAHNEMAN D. et SCHWARTZ A. (1997): « The effect of myopia and loss aversion on risk taking : An experimental test » *The quarterly journal of economics* 112 , pp. 347-671

- THOMPSON S. R. , WALLER M. L. , et SEIBOLD D. (1993): « Comparison of liquidity costs between the Kansas city and Chicago Wheat futures contracts», *Journal of Agricultural and Research economics* , n°18 pp. 185-197
- TINTNER G. (1940) « The variate difference method», Bloomington.
- TILTON J. (1983): « Comparative advantage in mining» *HASA Working paper* Laxenburg, Autriche n°83-91, p.68
- TILTON J. (Editor) (1990): «World Metal Demand: Trends and Prospects, Resources for the future», Washington
- TITALOM J. P. (1996) : « Le marché a terme des sucres blancs de Paris : Une analyse économique et financière » *Thèse de doctorat en sciences de Gestion* Orléans.
- TOBIN J.(1985): « The efficiency of financial markets: myths and realities», *Journal of financial And quantitative analysis*, pp.643-660
- TOMEK W. G. (1970): « An analysis of the futures cash price basis for live beef cattle: comment», *North Central Journal of Agricultural Economics* vol. 2 pp 81-82
- TOMEK W. G. et GRAY R. W. (1970): « Temporal relationship among prices on commodity futures markets » *American Journal of Agricultural Economics* Vol. 52 n° 3 pp. 372-380
- TRAPP J.N. et EILRICH F. C. (1991): « An analysis of factors affecting Oklahoma City Cattle basis » *Applied commodity price analysis, forecasting and market risk management, Proceedings of the NCR-134 Conference*, pp. 180-192
- TREVINO R.C. et MARTEL T. P. (1990): « The intra day behavior of commodity futures prices » *The Journal of futures markets* vol. 10 n° 6 pp. 661-671
- TVERSKY A. et KAHNEMAN D. (1992): « Advances in prospect theory: cumulative representation and uncertainty » *Journal of risk and uncertainty*, 5 pp.297-323
- TVERSKY A. et KAHNEMAN D. (1971): « Believe in the law of small numbers», *Psychological Bulletin* pp. 105-110
- US BUREAU OF MINES (USBM) « Mineral Commodities Summaries» *The US Department of interior*. Diverses années
- VELD MELKOULOVA Y. V et DE ROON F. A. (2003): « Hedging long run commodity risk», *The Journal of Futures Markets*; 23 (2) pp 109-133
- VERGNOLE T. (1992): « Les fonds communs d'intervention sur les marchés à terme » *Mémoire DEA Orléans*
- VERNIMMEN P. (2005) : « Finance d'entreprise » *Dalloz*.
- WALLACE D. H. (1937): « Market control in the aluminium industry » *Harvard University Press*.

WALTER C. (2004) : « Volatilité boursière excessive : irrationalité des comportements »
Revue d'Economie financière.

WANG H. , KE B. (2005) : « Efficiency Tests of Agricultural Commodity Futures Markets in China » *Australian Journal of Agricultural and Resources Economics* vol. 49 n° 2 pp. 125-141

WANG L.R., SHEN C. H. (1990): « Examining the validity of Futures Markets Efficiency »
The Journal of Futures Markets vol. 10, pp. 185_196

WEAVER R. D. et BANERJEE A. (1990) : « Does Futures trading destabilize cash prices ? Evidence for US live beef cattle, » *The Journal of Futures Markets* vol. 10 n°1 pp. 41-60

WEYMAR F. H., (1966): « The supply of storage revisited” » *American Economic Review*, pp.1226-1234

WIKREMASINGHE (2004):« Efficiency of the foreign exchange market of Papua New Guinea during the recent float» *Pacific Economic Bulletin*.

WILBURN D. et BUCKINGHAM B. (1989): « Assessing the availability of Bauxite, Alumina and Aluminium through the 1990s. » *Journal of mines*.

WORLD BUREAU OF METAL STATISTICS: « Metal statistics 1995- 2005 » 93rd Edition

WOODS ET BURROWS (1980): « The world Aluminium –Bauxite market: Policy and implications for the United States» .*Praeger New-York* 239 p.

WORKING H (1949): « The investigation of Economic Expectation » *American Economic Review* n° 39

WORKING H. (1953): « Futures Trading and Hedging » *American Economic Review*, vol. 43, pp 315-343

WORKING H. (1961): « New concepts concerning futures markets and prices »
American Economic Review, vol. 1, 2 pp. 160-163

WORKING H (1960): « Price effects of futures trading»
, *Food Research Institute Studies*

WORKING H (1960) « Speculation on hedging markets»
Food Research Institute Studies vol. 1 n° 2 1960

WORKING H. (1977): « Hedging reconsidered»,
reprinted in PECK A. E. Readings in futures markets, vol. 1 Selected Writings of Holbrook Working, Chicago Board of trade.

YAO C. (1998): « Stock Market and Futures Market in the people's Republic of China »
Oxford Express Oxford New York

YOU T.et HOLDER M. E.(2008):” (Can exchange seat prices predict financial market volatility? “*The Journal of Futures Markets* p 1206-1221) Oct 17 2008

SITOGRAFIE

WWW.ALCAN.COM: Site de la société ALCAN

WWW.ALCOA.COM: Site de la société ALCOA

[WWW.ALLBUSINESS.COM//primary-metal-manufacturing](http://WWW.ALLBUSINESS.COM/primary-metal-manufacturing)

WWW.ALUMINIUM-INFO.COM: Site de la Chambre Syndicale française de l’Aluminium

[WWW. ALUMINUM.ORG](http://WWW.ALUMINUM.ORG) : Site de l’Aluminium Association Inc.

[WWW. ALUNET. NET](http://WWW.ALUNET.NET):Site d’informations générales sur l’aluminium

WWW.ANTAIKE.COM : « China metal market » n°123 février 2007

WWW.C-COM.OR.JP: Site du Central Japan Commodity Exchange

[WWW. EAA.NET](http://WWW.EAA.NET) : Site de l’European Aluminium Association

WWW.GLFA.FR: Site du Groupement des lamineurs et fileurs français d’aluminium

[WWW.OEA-ALURECYCLING..ORG](http://WWW.OEA-ALURECYCLING.ORG) : Site de l’Organization of European Aluminium Recycling

[WWW. LME.CO.UK/ALUMINIUM.ASP](http://WWW.LME.CO.UK/ALUMINIUM.ASP) : Site du London Metal Exchange

[WWW. NYMEX.COM](http://WWW.NYMEX.COM): Site du New York Metal Exchange

WWW.RECYCLEMETAL.ORG

[WWW. WORLD-ALUMINIUM. ORG](http://WWW.WORLD-ALUMINIUM.ORG): Site d’informations de l’International Aluminium Institute

WWW.SFC.FR/données/metaux/alum/texalu.htm

WWW.SHFE.COM.CN: Site du Shanghai Futures Exchange

[WWW..TOCOM.OR.JP](http://WWW.TOCOM.OR.JP) : Site du Tokyo Commodity Exchange

TABLE DES MATIERES

Remerciements	3
Sommaire	6
INTRODUCTION GENERALE	8

PREMIERE PARTIE : LES SPECIFICITES DES MARCHES DE L'ALUMINIUM
--

INTRODUCTION	36
CHAPITRE 1: LES PRINCIPAUX DETERMINANTS DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE MONDIALE D'ALUMINIUM	
Introduction	41
Section 1 : Quelques éléments généraux sur l'économie mondiale de l'aluminium	42
Paragraphe 1 : La production mondiale de bauxite, d'alumine et d'aluminium	42
A- Les réserves et La production de bauxite	42
B- La production d'alumine	44
C -La production d'aluminium	45
D- Les sources de compétitivité	46
Paragraphe 2 : La consommation mondiale d'aluminium	49
A- La répartition géographique de la consommation d'aluminium	49
C- L'impact des variables structurelles dans la consommation d'aluminium	50
Paragraphe 3 : Le commerce international de bauxite, d'alumine et d'aluminium	54
A- Le commerce international de bauxite	55
B- Le commerce international d'alumine	56
C- Le commerce international d'aluminium	57

Section 2 : Les spécificités de l'industrie de l'aluminium	60
Paragraphe 1 : L'intensité de la rivalité entre les concurrents existants	60
A – La notion de groupe stratégique	61
B – L'évolution du degré de concentration dans le secteur de l'aluminium et les groupes stratégiques en présence	61
C – L'impact concurrentiel du taux de croissance de la consommation	67
Paragraphe 2 : L'impact de l'élasticité prix de la demande d'aluminium sur le degré de concurrence	68
A – L'intérêt de la mesure de l'élasticité prix de la demande d'aluminium sur le degré de concurrence	68
B – L'importance de l'aluminium secondaire	69
C- L'importance relative des produits de substitution à l'aluminium	70
Paragraphe 3 : L'analyse de la stratégie d'intégration verticale caractéristique de L'industrie de l'aluminium	71
A - Les motivations de l'intégration en amont dans l'industrie de l'aluminium	72
B . Les motivations de l'intégration en aval dans l'industrie de l'aluminium	74
C- Les effets des stratégies d'intégration verticale sur la concurrence	75
Paragraphe 4 : La place centrale de la Chine dans l'industrie mondiale de l'aluminium	76
A – La production chinoise de bauxite et d'alumine	77
B- La production chinoise d'aluminium de première fusion	79
C – La consommation d'aluminium en Chine	81
D- Le commerce extérieur chinois de l'aluminium	82
Conclusion	84

CHAPITRE II : L'ORGANISATION ET LE FONCTIONNEMENT DES MARCHES A TERME DE L'ALUMINIUM

Introduction	88
Section 1 : L'organisation hétérodoxe du LME	94
Paragraphe1 : La finalité « orthodoxe » du LME	94
A- Les fonctions du LME	94
B- La diversité membres du LME	95
C- Les principaux clients des membres du LME	97
 Paragraphe 2 : La gouvernance et la régulation du LME	 98
A- La structure organisationnelle du LME	99
B- Le rôle des comités	100
C- Le cadre législatif	101
D- La régulation et le contrôle du LME	103
 Section 2 : Les contrats aluminium du LME	 104
Paragraphe 1 : Les contrats « aluminium primaire » et « aluminium d'alliage »	105
A- Le contrat aluminium primaire « high grade »	105
B- Le contrat aluminium d'alliage	107
C- Les volumes de transactions sur les contrats aluminium du LME	109
 Paragraphe 2 : Les contrats d'options sur aluminium et les contrats sur indice du LME	 109
A- Les contrats futurs sur indice	110
B- Les contrats d'options sur aluminium	112
 Section 3 : Les particularités techniques du LME	 115
Paragraphe 1 : Des échéances glissantes	115
 Paragraphe 2 : La triple méthode de cotation du LME	 120
A – Les négociations autour du « ring »	121
B- Les négociations « kerb »	124
C- Les négociations « inter-office »	125
 Paragraphe 3 : Les opérations de compensation et de livraison du LME	 127
A- La compensation des transactions	127
B- Les opérations de liquidation	128
C- La livraison physique et le stockage	129

Section 4 : Les autres marchés à terme de l'aluminium	131
Paragraphe 1 : Le New York Mercantile Exchange (NYMEX)	132
A- Présentation générale	132
B- Les caractéristiques du contrat aluminium du NYMEX	132
C- Les volumes de transactions	133
Paragraphe 2 : Les marchés asiatiques	133
A- Le Central Japan Commodity Exchange (C- COM)	133
B- Le Tokyo Commodity Exchange (TOCOM)	135
C- Le Shanghai Futures Exchange (SHFE)	137
Conclusion	138
 CHAPITRE III : LA VOLATILITE DES PRIX AU COMPTANT	
Introduction	140
Section 1 : Les déterminants du prix de l'aluminium	141
Paragraphe 1 : La problématique de la prévision de prix	142
Paragraphe 2 : Les deux principales approches de prévision	143
A- L'analyse technique de la prévision des prix	144
B – L'approche fondamentale de la prévision des prix	144
Section 2 : L'instabilité du marché physique de l'aluminium	145
Paragraphe 1 : Les marchés physiques	145
Paragraphe 2 : L'instabilité du marché au comptant de l'aluminium	146
A – La mesure de l'instabilité	147
B- L'évolution des cours au comptant de l'aluminium pendant les 3 dernières décennies	156
C – Les facteurs généraux de l'instabilité	157
D - Les conséquences de l'instabilité	158
E - Les moyens de lutte contre l'instabilité	159
Conclusion	162
 CONCLUSION DE LA 1° PARTIE	163

DEUXIEME PARTIE : L'ETUDE DE L' EFFICACITE DU MARCHE A TERME DE L'ALUMINIUM DE LONDRES (LME)

INTRODUCTION 166

CHAPITRE IV : LA FONCTION D'INFORMATION DES MARCHES A TERME COMMERCIAUX : APPLICATION AU LME POUR L'ALUMINIUM

Introduction 171

Section 1 : L'efficience informationnelle, approches théoriques et analyse de l'efficience des marchés à terme des marchandises 175

Paragraphe 1 : La théorie traditionnelle de l'efficience 175

A- La théorie de Bachelier 175

B- L'apport de Fama 177

Paragraphe 2 : Les conditions nécessaires et les principales conséquences de l'hypothèse d'efficience des marchés financiers. 178

A-Les conditions nécessaires à l'efficience des marchés financiers 178

B-Les principales conséquences de l'hypothèse d'efficience 181

Paragraphe 3 : vers une nouvelle théorie de l'efficience 183

A- Les limites de la notion classique d'efficience 183

B- L'influence des spéculateurs. 187

C- La prise en compte du coût de l'information 188

D- Une définition plus financière de l'efficience 189

Paragraphe 4 : L'efficience des marchés à terme des marchandises 190

A- La théorie de Taussig 190

B- L'analyse de Working 191

C- Quelques contributions récentes au débat sur l'efficience des marchés à terme des marchandises 191

Section 2 : Vérifications empiriques du contenu informationnel des prix à terme de l'aluminium au LME 207

Paragraphe 1 : Les prix à terme de l'aluminium et l'information passée :
vérification de l'existence d'une marche au hasard 207

A- Le test de la racine unitaire 207

B- La prise en compte des révisions des anticipations passées 213

Paragraphe 2 : La capacité prédictive des prix à terme de l'aluminium 215

A- Des précisions méthodologiques 215

B- L'analyse classique de la capacité prédictive des prix à terme
de l'aluminium 217

C- La capacité prédictive des prix à terme de l'aluminium :
L'approche par le test de cointégration 220

Conclusion 230

CHAPITRE V : L'ANALYSE DE L'EFFICACITE ET DE L'OPTIMALITE DES OPERATIONS DE COUVERTURE SUR LE MARCHE A TERME DE L'ALUMINIUM DE LONDRES (LME)

Introduction 233

**Section I – La gestion du risque de prix par les opérations de couverture sur les
Marchés à terme 235**

Paragraphe 1 : Les opérations de couverture contre les fluctuations de
Prix : Principes généraux 236

A- La protection contre la hausse des prix 236

B- La protection contre la baisse des prix 237

Paragraphe 2 : Les déterminants des prix des contrats à terme de marchandises 238

A- La théorie de la segmentation des marchés 239

B- La théorie du déport normal 240

C- La théorie du stockage 245

**Section II – Les approches théoriques concernant les opérations de couverture sur les
Marchés à terme 250**

Paragraphe 1 : L'analyse de la couverture intégrale 251

A- La théorie traditionnelle de la couverture (La couverture
Naïve) 251

B- L'apport de Working : La couverture du « tout ou rien » 252

Paragraphe 2 : La théorie du portefeuille et la détermination de la couverture Optimale	253
A- La couverture dans la problématique de la théorie du portefeuille	253
B- Les utilisations et les critiques du modèle standard d'Ederingto	257
Paragraphe 4 : Quelques extensions de l'analyse des opérations de couverture dans la littérature récente	262
Section III –Vérification empirique de l'efficacité et de l'optimalité des opérations de couverture sur le marché à terme de l'aluminium de Londres	273
Paragraphe 1 : Présentation des données et du modèle utilisés	273
A- Définition des données	273
B- Le modèle utilisé	274
Paragraphe 2 : Vérification empirique	275
A- Description des tests	275
B- Présentation et solution de quelques problèmes techniques	277
C- Présentation des résultats	279
Paragraphe 3 : Analyse des résultats obtenus	284
Conclusion	287

CHAPITRE VI

L'EFFET STABILISATEUR DES MARCHES A TERME SUR LES PRIX AU COMPTANT : LE CAS DE L'ALUMINIUM AU LME

Introduction	290
Section 1 : Marché spot, marché à terme et rôle controversé de la spéculation	292
Paragraphe 1 : l'interaction entre les marché spot et à terme	292
A- L'influence des opérations de couverture	292
B- L'influence des opérations de spéculation	293
Paragraphe 2 : le rôle controversé de la spéculation sur les marchés à terme	294
A- fonctions et rôle de la spéculation	294
B- Les critiques de la spéculation	297

Section 2 : Les thèses stabilisatrices et déstabilisatrices des marchés à terme	298
Paragraphe 1 : les origines du débat	299
Paragraphe 2 : les arguments en faveur des thèses déstabilisatrices	300
Paragraphe 3 : les arguments en faveur des thèses stabilisatrices	304
Paragraphe 4 : les évidences statistiques	306
A- Les réserves empiriques émises à l'effet stabilisateur des marchés à terme	306
B- Quelques résultats d'études statistiques	309
Section 3 : Vérification empirique de l'effet stabilisateur du marché à terme de l'aluminium de Londres	320
Paragraphe 1 : Présentation des données	320
A- L'échantillon	320
B- Une particularité de l'échantillon : la période « trouble »	321
Paragraphe 2 : Une analyse statistique « simple » de l'effet stabilisateur des transactions à terme de l'aluminium à Londres	323
A- Description du phénomène	323
B- La procédure ARIMA appliqué aux cours de l'aluminium	333
Paragraphe 3 : Le modèle GARCH et la stabilisation du marché de l'aluminium	340
A- Bref rappel sur des données	340
B- Application du modèle GARCH à l'analyse de la volatilité des Prix de l'aluminium	340
Conclusion	346
CONCLUSION DE LA 2° PARTIE	348
CONCLUSION GENERALE	350
ANNEXES	359
BIBLIOGRAPHIE	439
TABLE DES MATIERES	461

Prosper MOUAK

Le marché de l'aluminium : structuration et analyse du comportement des prix au comptant et à terme au London Metal Exchange

Dans les années 60 et avant, le marché international de l'aluminium était présenté comme un cas d'école en matière d'organisation oligopolistique des firmes. En effet, un petit nombre de grands groupes fortement intégrés (les 6 Majeurs) contrôlaient la quasi-totalité du secteur de l'aluminium, des opérations d'extraction de la bauxite, à la fabrication de produits finis à base d'aluminium, en passant par la production d'alumine et d'aluminium en lingots.

A partir des années 70, ce monopole est de plus en plus contesté, notamment par des entreprises sur-liquides venues principalement des secteurs miniers et par des entreprises étatiques porteuses de motivations différentes.

La création en décembre 1978 du contrat Aluminium au London Metal Exchange (LME) sonne le glas du monopole constitué par les 6 Majeurs. On passe alors d'un système de prix- producteurs, à un véritable système de prix de marché

L'objectif de cette thèse est de vérifier, si le LME, bourse pionnière et marché de référence pour les métaux non-ferreux, remplit efficacement ses fonctions financières concernant l'aluminium : Information sur les prix et l'état du marché, protection contractuelle contre les risques de fluctuations des prix, stabilisation des cours.

Mots clés : LME, Efficience, Couverture (hedging), Fluctuations des cours

The aluminium market: analysis of the structure and movement of spot and futures prices at the London Metal Exchange

In the 1960s and before, the international aluminium market has been hold up as a paradigm for oligopolistic company organisation. A small number of strongly integrated conglomerates (the six Majors) did indeed control virtually the entire aluminium sector, from bauxite extraction to alumin and aluminum bar production as well as the manufacturing of finished aluminium products.

From the 1970s onwards, this monopoly has been more and more called into question, in particular by cash-fuelled mining corporations and state-owned companies driven by different motivations.

When the London Metal Exchange (LME) introduced the Aluminium contract in December 1978, the days of the 6 Majors' monopoly were counted. From there on, prices have been fixed by producers and the market.

This thesis aims at determining whether the LME, a pioneering exchange and the prime market for non-iron metals, efficiently fulfils its financial functions concerning aluminium: information about prices and the market situation, legal protection against price fluctuation risks, price stabilization.

Keywords: LME, efficiency, hedging, price fluctuation



Laboratoire Orléanais de Gestion rue de Blois 45100 Orléans la source