



CONSEIL FRANÇAIS DE L'ÉNERGIE
WORLD ENERGY COUNCIL

Analyse économique et modélisation de la spéculation sur les marchés financiers du pétrole

IFP Energies nouvelles

Rapport final - Contrat 66

2013

Le Conseil Français de l'Énergie, association reconnue d'utilité publique, est le comité français du Conseil Mondial de l'Énergie dont l'objectif est de promouvoir la fourniture et l'utilisation durables de l'énergie pour le plus grand bien de tous.

Téléphone : +33 1 40 37 69 01
Télécopie : +33 1 40 38 17 38

12 rue de Saint-Quentin – F-75010 Paris
Twitter : @CFE_WEC_France

cfe@wec-france.org
www.wec-france.org

Les opinions exprimées dans ce rapport sont celles du ou des auteurs ; elles ne traduisent pas nécessairement celles du CFE ou de ses membres.

Le CFE ou ses membres ne peuvent être tenus responsables de l'usage qui pourrait être fait des informations contenues dans ce rapport.

Analyse économique et modélisation de la spéculation sur les marchés financiers du pétrole

Emmanuel HACHE, Frédéric LANTZ

IFP Energies nouvelles, 228 avenue Napoléon Bonaparte – 92852 Rueil-Malmaison

Contrat de recherche avec le Conseil Français de l'Energie n°66



Mars 2013

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Analyse économique et modélisation de la spéculation sur les marchés financiers du pétrole | 1 |
| <i>Table des matières</i> | 3 |
| <i>Table des illustrations</i> | 3 |
| <i>Liste des abréviations</i> | 5 |
| <i>Résumé exécutif</i> | 6 |
| Introduction..... | 8 |
| Chapitre 1. Volatilité des prix des matières premières et spéculation : une mise en perspective | 12 |
| 1.1 Volatilité des prix du pétrole et variables fondamentales de marché..... | 12 |
| 1.2 Définir la spéculation..... | 13 |
| 1.3 Mesurer la spéculation..... | 15 |
| 1.4 Un New Deal sur les marchés financiers début 2000..... | 17 |
| 1.4.1 Une hausse marquée des volumes de transaction sur les marchés..... | 17 |
| 1.4.2 Une concentration de la liquidité sur les échéances courtes..... | 21 |
| 1.4.3 Un changement dans la composition des acteurs..... | 22 |
| Chapitre 2. Estimation économétrique de l'équilibre de long terme entre le prix spot et le prix future du WTI | 26 |
| 2.1 Tests de racine unité, test de cointégration..... | 26 |
| 2.2 Estimation de la dynamique de court terme à partir d'un modèle MS-VECM..... | 28 |
| 2.3 Eléments d'analyse du Modèle MS-VECM..... | 30 |
| Chapitre 3. Analyse des relations entre prix du pétrole et prix des produits pétroliers . | 34 |
| 3.1 Analyse économique et statistique des prix du pétrole et des prix des produits pétroliers sur le marché nord-américain..... | 34 |
| 3.2 Analyse économétrique des relations entre les prix spot..... | 36 |
| 3.3 Analyse économétrique des relations entre les prix <i>futures</i> | 38 |
| 3.4 Tests de causalité..... | 40 |
| Conclusion : | 44 |
| Références : | 47 |
| Annexes 1 : Prix et spécifications des produits pétroliers | 50 |
| Annexes 2 : Spécifications du contrat Light Sweet Crude Oil (WTI) au NYMEX, du contrat Heating Oil Futures et du contrat RBOB Gasoline Futures | 52 |

Table des illustrations

| | |
|--|----|
| Graphique 1 : Prix du pétrole brut (WTI, prix spot, en dollars)..... | 9 |
| Tableau 1 : Statistique descriptive du pétrole brut (en dollars par baril) (avril 1999 - juin 2011)..... | 10 |
| Tableau 2 : Evolution de la volatilité supra-annuelle des prix des matières premières (en %)..... | 10 |

| | |
|--|----|
| Graphique 2 : Prix du pétrole brut (WTI, spot, en dollars) et taux d'intérêt des fonds fédéraux aux Etats-Unis | 12 |
| Tableau 3 : Evolution de la classification des acteurs par la CFTC..... | 15 |
| Graphique 3 : Volume de contrats énergétiques échangés (contrats, en milliers) | 18 |
| Graphique 4 : Volume de contrats pétroliers échangés (contrats, en millions)..... | 18 |
| Graphique 5 : Produits dérivés sur les marchés OTC de matières premières (hors métaux précieux) (en milliards de dollars US) | 19 |
| Graphique 6 : Nombre des contrats pétroliers par maturité (NYMEX, contrat WTI) | 19 |
| Graphique 7 : Prix du WTI (en dollars par baril) et ratio des positions ouvertes sur la demande mondiale de pétrole | 20 |
| Graphique 8 : Volumes de transactions moyens en fonction de l'échéance du contrat WTI.. | 22 |
| Graphique 9 : Part des acteurs non-commerciaux dans le total des positions ouvertes (en %) | 22 |
| Graphique 10 : Positions nettes des acteurs non-commerciaux et prix du WTI (en dollars)... | 23 |
| Graphique 11 : Volume des positions ouvertes et prix du WTI (en dollars)..... | 24 |
| Tableau 4 : Tests de racine unité avec rupture (Perron)..... | 27 |
| Tableau 5 : Test de cointégration entre $\ln(\text{spot})$ et $\ln(p_2)$ | 27 |
| Tableau 6 : Test de Gregory et Hansen | 28 |
| Tableau 7 : Modèle MS-VECM de la dynamique des prix spot et à terme 2 mois..... | 29 |
| Graphique 12 : Probabilité non conditionnelle du régime de tension | 30 |
| Tableau 8 : Volumes moyens de transactions associés suivant les régimes du modèle MS-VECM | 31 |
| Tableau 9 : Moyenne des positions ouvertes suivant les régimes du modèle MS-VECM | 31 |
| Tableau 10 : Marges initiales et effet de levier potentiel au CME..... | 33 |
| Graphique 13 : Prix spot de l'essence, du gazole et du WTI (en \$ par baril) | 35 |
| Graphique 14 : Prix à terme (2 mois) de l'essence, du gazole et du WTI (en \$ par baril) | 35 |
| Tableau 11 : Statistiques descriptives des prix sur le marché nord-américain (en \$ par baril) | 36 |
| Tableau 12 : Tests de racine unité sur les prix spot..... | 37 |
| Tableau 13 : Test de cointégration sur le marché spot..... | 37 |
| Tableau 15 : Test de cointégration sur le marché <i>future</i> | 39 |
| Tableau 16 : Tests de causalité à la Granger sur le marché spot..... | 40 |
| Tableau 17 : Tests de causalité à la Granger sur le marché <i>future</i> | 41 |
| Tableau 18 : Tests de causalité à la Granger entre les prix spot et <i>futures</i> | 41 |
| Graphique 15 : Sens des causalités entre le marché spot et les marchés <i>futures</i> | 42 |
| Tableau 19 : Probabilité d'un même sens de variation des stocks et des prix | 43 |

Liste des abréviations

AIE : Agence Internationale de l'Energie
BRI : Banque des Règlements Internationaux
CFMA : Commodity Futures Modernisation Act
CFTC : Commodities Futures Trading Commission
CME : Chicago Mercantile Exchange
CNUCED : Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement
COT : The Legacy Commitments of Trader
DCOT : Disaggregated Commitments of Traders
EIA : US Energy Information Administration
ETF : Exchange Traded Fund
FIA : Futures Industry Association
ICE : Intercontinental Exchange
IPE : International Petroleum Exchange
JODI : Joint Organisations Data Initiative
kb/j : millier de barils par jour (kilo baril par jour)
Mb/j : million de barils par jour
MS-VECM : Markov Switching Vectorial Error Correction Model
NYMEX : New York Mercantile Exchange
OPEP : Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole
OTC : Over The Counter
PRA : Price Reporting Agency
SEC : Security Exchange Commission
TEP : Tonne Équivalent Pétrole
WTI : West Texas Intermediate
\$: dollar des Etats-Unis d'Amérique

Résumé exécutif

L'objet de cette recherche est d'étudier l'existence de phénomènes spéculatifs sur les marchés pétroliers, et, le cas échéant d'analyser leurs fonctionnements. Pour cela, nous étudions la dynamique des prix du pétrole brut *West Texas Intermediate* (WTI) aux États-Unis sur la période récente. Nous nous focalisons sur les mouvements marqués observés depuis le tournant des années 2000, et plus particulièrement sur l'épisode 2007-2008 qui a vu les prix du pétrole brut s'envoler à plus de 145 dollars le baril. De nombreux rapports (Coleman et Levin, 2006 ; Masters, 2008 ; Masters et White 2008a, 2008b) ont mis en avant le facteur spéculatif pour expliquer les variations exacerbées du prix du pétrole sur cette période. Toutefois, ces études peinent à montrer de manière statistique les relations entre la financiarisation accrue des marchés du pétrole et la volatilité des prix, soit en raison d'une information imparfaite sur les marchés financiers du pétrole, soit en raison d'un manque d'explicitation des dynamiques temporelles (court terme, moyen terme et long terme) dans l'articulation de la formation des prix.

Notre approche diffère quelque peu de la littérature existante. En effet, nous considérons que les approches dites "fondamentales" de la formation des prix du pétrole basées sur les équilibres offre-demande-stocks permettent d'expliquer les relations de long terme dans la dynamique des prix, mais que ces relations sont sujettes à des ruptures dans des contextes particuliers d'instabilité macro-économique.

Ainsi, nous considérons que la spéculation est un facteur important pour la compréhension de la dynamique des prix du pétrole durant les périodes d'instabilité financière et qu'elle peut exacerber les dynamiques de prix durant les périodes dites de "tensions", alors qu'elle peut ne pas apparaître comme un facteur déterminant durant les périodes "normales". Cette hypothèse nous conduit à utiliser une méthodologie économétrique, basée sur des modèles non linéaires, plus particulièrement sur un modèle de chaîne de Markov à changement de régime, qui autorise la prise en compte de ruptures dans la dynamique de court terme. Ainsi, nous estimons un modèle de court terme dit MS-VECM (*Markov Switching Vectorial Error Correction Model*) avec deux états distincts : un état dit "standard" représentant les périodes de relative stabilité et un état dit "de crise" quand le marché s'en écarte.

Notre étude sur le marché du WTI montre que les volumes de transactions retardées des acteurs non-commerciaux, observées sur le principal marché financier international du pétrole, le *New York Mercantile Exchange* (NYMEX), ont une influence significative sur le passage d'un état "normal" de marché à un épisode de tensions. L'accumulation de volumes de transactions trop élevés conduit potentiellement au basculement dans un épisode de volatilité accrue des prix durant la période considérée. Les comportements des acteurs non-commerciaux auraient ainsi un rôle moteur dans l'exacerbation des tensions sur le marché pétrolier. En effet, le décalage entre les anticipations des acteurs sur l'état réel des équilibres du marché et leur réalisation effective conduit à des changements de régime de volatilité des prix.

En outre, nous avons considéré les relations d'ensemble entre les prix du pétrole brut et les prix des produits pétroliers. Cette étude souligne le caractère rationnel du fonctionnement des marchés à long terme. En effet, on ne peut rejeter l'hypothèse d'un équilibre de long terme entre les différents prix et marchés considérés (WTI, essence et gazole). Toutefois, l'étude de la dynamique de court terme laisse apparaître des mouvements de grande ampleur autour de ces équilibres. L'examen des corrélations entre le sens de variations des stocks et des prix ne permet pas de conclure que les mouvements de prix correspondent aux sens des variations de stocks. Dès lors, il faut considérer les jeux des acteurs comme facteur explicatif des mouvements de prix à court terme.

Introduction

La volatilité des prix constitue une question centrale en économie des matières premières et la littérature économique offre de nombreuses explications aux mouvements marqués des cours des produits de base (ou commodités) sur les marchés, à court terme. Étudiée dans les années 1930 dans une optique de stabilisation et de construction de stocks régulateurs (Keynes, 1938¹), cette question a été mise historiquement sur le devant de la scène diplomatique et économique à travers la Charte de la Havane (1948) et quelques années plus tard dans la création de la CNUCED² (1964) et la mise en place des premiers programmes intégrés dans les années 1970 (Nairobi...). L'abandon des plans des politiques intégrées -stocks régulateurs, financement compensatoire et engagements commerciaux- au début des années 1980 et l'introduction de la conditionnalité aux différentes politiques de développement *via* le Consensus de Washington ont réduit à néant le vieux rêve de la diplomatie internationale de prix des matières premières stabilisés. À l'évidence, le processus de financiarisation des produits de base, et en premier lieu de la principale matière première échangée (en valeur et en volume), le pétrole, a exacerbé les difficultés de compréhension de la construction d'un prix, et de son évolution, sur un marché.

Pour certains auteurs (Chalmin, 2008 ; Radetzki, 2006), le milieu des années 1970 constitue le véritable changement de paradigme observé sur les marchés de matières premières, avec l'introduction, puis la généralisation, d'une instabilité marquée sur les prix. La montée en puissance progressive des Bourses de matières premières et l'importation des outils de la finance moderne sur ces places -pour permettre, en partie, une gestion du risque de prix- ont paradoxalement brouillé les tentatives d'explications globales du prix en introduisant une incertitude supplémentaire : l'impact des décisions des acteurs non-commerciaux sur les bourses de matières premières. L'importance prise par les contrats financiers sur les marchés de matières premières a, en effet, contribué à alimenter le spectre d'une séparation entre un secteur industriel dit "réel" et une sphère financière dite "spéculative".

Les événements observés au cours des dernières années sur les marchés de matières premières tendent à privilégier l'hypothèse d'une hausse marquée des mouvements spéculatifs sur des actifs (contrats financiers) autrefois réservés à des acteurs spécialisés. En effet, sur le seul marché pétrolier, entre les plus hauts atteints en juillet 2008, à environ 147 \$ le baril, et leurs plus bas de décembre 2008, à moins de 34 \$ le baril, les cours du pétrole se sont montrés particulièrement volatils (Graphique 1). Ainsi, nombreux sont les acteurs du marché (professionnels, OPEP, économistes de banque...) à considérer que les cours observés journalièrement intègrent des éléments extérieurs à la simple lecture des fondamentaux de marché (ou de leurs anticipations de court terme) et aux données macroéconomiques reflétant la conjoncture mondiale (États-Unis, Europe et Asie).

Plus précisément, il n'existe pas de consensus concernant les facteurs explicatifs de la dynamique des prix du pétrole. L'impact de la variation des stocks (Fattouh, 2009 ; Pierru et Babusiaux, 2010), la politique monétaire et par extension les dynamiques observées sur les marchés des changes et des taux d'intérêts (Hamilton, 2009 ; Mignon, 2009) et la nature

¹ Keynes, J.M. (1938) 'The Policy of Government Storage of Food--Stuffs and Raw Materials', *The Economic Journal*, 48 : 449--460, in CWK XXI p.456-70.

² Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement.

cyclique de l'industrie pétrolière (Fattouh, 2010 ; Lescaroux, 2010 ; Smith, 2009) sont généralement mis en avant pour expliquer la dynamique des prix.

Dans cette étude, nous nous concentrerons sur le facteur dit "spéculatif", qui est, par essence, difficile à mesurer. Certains auteurs (Hamilton, 2009 ; Kesicki, 2010 ; Krugman, 2009 ; Smith, 2009) supportent l'hypothèse que la spéculation a un rôle limité (voire nul) sur le marché. D'autres, dans des rapports et études académiques, émettent l'hypothèse d'une influence marquée de la spéculation dans la dynamique des prix.

Ainsi, en 2006, Coleman et Levin, dans un rapport pour le Sénat Américain écrivaient : *"Although it is difficult to quantify the effect of speculation on prices, there is substantial evidence that the large amount of speculation in the current market has significantly increased prices. Several analysts have estimated that speculative purchases of oil futures have added as much as \$20–\$25 per barrel to the current price of crude oil, thereby pushing up the price of oil from \$50 to approximately \$70 per barrel. (...) Speculation has contributed to rising U.S. energy prices, but gaps in available market data currently impede analysis of the specific amount of speculation, the commodity trades involved, the markets affected, and the extent of price impacts"* (p2, p6). Masters (2008) et Masters et White (2008a, 2008b) dans différents rapports ont lancé, pour leur part, le débat controversé sur le rôle des fonds indiciels en matières premières (ETF-Exchange Traded Fund), comme *driver* des phénomènes spéculatifs. En outre, certains auteurs (Chevillon et Riffart, 2009 ; Cifarelli et Paladino, 2010 ; Fan et Xu, 2011 ; Kaufman et Ullman, 2009 ; Kaufman, 2011) ont identifié une possible implication de la spéculation dans la dynamique de prix.

Graphique 1 : Prix du pétrole brut (WTI, prix spot, en dollars)



Source : Energy Information Administration, US Department of Energy

Tous notent également, dans leurs études, la difficulté de mesurer la part du facteur spéculatif dans la dynamique globale du prix. Weiner (2005, 2006a, 2006b) conclut de la même manière ses études portant sur différents épisodes d'instabilité des prix durant les années 1990 (1^{ère} guerre du Golfe, crise asiatique...). Tokic (2012) s'intéresse, pour sa part, à l'incomplétude de l'information sur les différents marchés financiers en étudiant les bases de données mises à

disposition par la *Commodities Futures Trading Commission* (CFTC). Il conclut sur la difficulté à analyser et à tirer des conclusions franches sur les données qualitatives et quantitatives de la CFTC.

Dès lors que ce débat est largement ouvert et que certaines études montrent que la dynamique des prix du pétrole et la spéculation peuvent avoir des conséquences majeures sur la croissance, sur les politiques macroéconomiques des pays exportateurs ou importateurs de pétrole (Chevalier, 2010 ; Hamilton, 2009) et les dynamiques d'investissements sectoriels (Henriques et Sadorsky, 2011), nous décidons de nous focaliser sur l'étude des dynamiques des prix du pétrole. Plus particulièrement, nous nous intéressons au marché du *West Texas Intermediate* (WTI), un pétrole brut considéré comme une référence majeure (*marker*) de prix dans la zone nord-américaine.

Tableau 1 : Statistique descriptive du pétrole brut (en dollars par baril) (avril 1999 - juin 2011)

| | Spot | Futur | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 mois | 2 mois | 3 mois | 4 mois |
| Moyenne | 53,23 | 53,28 | 53,56 | 53,71 | 53,77 |
| Médiane | 48,68 | 48,83 | 49,33 | 49,94 | 50,47 |
| Max | 142,52 | 142,46 | 143,04 | 143,39 | 143,65 |
| Min | 16,45 | 16,44 | 16,43 | 16,38 | 16,27 |
| Ecart-type | 27,34 | 27,39 | 27,67 | 27,96 | 28,23 |
| Coefficient var. | 0,514 | 0,514 | 0,517 | 0,521 | 0,525 |
| Skewness | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Kurtosis | 0,0 | -0,1 | -0,1 | -0,2 | -0,3 |

Considérant le leadership du pétrole brut sur les différents marchés de matières premières (volume échangé quotidiennement sur le marché physique, volume des sous-jacents sur les marchés financiers), nous nous concentrerons sur les interactions qui peuvent exister entre les prix spot du pétrole brut (prix sur les marchés physiques) et le niveau d'activité sur les marchés financiers sur la période 1993-2011, et plus particulièrement sur ce que certains ont appelé "la bulle pétrolière de 2007-2008". L'étude de la seule matière première pétrolière pourrait paraître restrictive et incomplète. Ainsi, Regnier (2007), dans une étude portant sur la période 1945-2005, a montré que les prix de l'énergie n'étaient pas significativement plus volatils que les prix des autres matières premières. Toutefois, sur la dernière décennie, les mouvements observés sur les différents marchés de l'énergie tendent à montrer une exacerbation de leurs volatilités (Tableau 2).

Tableau 2 : Evolution de la volatilité supra-annuelle des prix des matières premières (en %)

| | 1980-1989 | 1990-1999 | 2000-2010 |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| Produits Energétiques | 19,43 | 18,32 | 34,90 |
| Métaux | 20,24 | 17,70 | 29,90 |
| Produits agricoles | 17,07 | 16,33 | 18,10 |

Source : FMI, Calculs de la Banque de France

Note : La volatilité supra-annuelle est calculée comme l'écart-type des taux de croissance annuels des prix calculé par sous-périodes de 5 ans.

La principale hypothèse sous-jacente à notre étude est la suivante : nous considérons que la spéculation excessive (*Speculative Trading*) peut aider à comprendre la dynamique des prix du pétrole durant les périodes d'instabilité financière. Ainsi, la spéculation pourrait exacerber les dynamiques de prix durant les périodes dites "de tensions", alors qu'elle peut ne pas apparaître comme un facteur déterminant durant les périodes "normales". Cette hypothèse nous conduit à utiliser une méthodologie économétrique très particulière, basée sur des modèles non linéaires, plus particulièrement sur un modèle de chaîne de Markov à changement de régime, qui autorise la prise en compte de ruptures dans la dynamique de court terme. Ainsi, nous allons estimer un modèle de court terme dit MS-VECM (*Markov Switching Vectorial Error Correction Model*) avec deux états distincts : un état dit "standard" représentant les périodes de relative stabilité et un état dit "de crise" quand le marché s'en écarte.

Dans notre premier chapitre, nous nous intéresserons à définir le concept de spéculation, de manière historique et générale, puis dans le cadre très particulier du marché pétrolier. Cela nous amènera à étudier les changements majeurs intervenus au début de la décennie 2000 sur les marchés dérivés du pétrole avec l'introduction des nouvelles formes de régulation introduites par la CFTC dans le cadre de la *Commodity Futures Modernisation Act* (CFMA).

Notre chapitre 2 développera une estimation économétrique de l'équilibre économétrique de long terme entre les prix physiques du pétrole et les prix observés sur les marchés dérivés. Considérant que la dynamique de court terme est marquée par des changements de régime, nous chercherons à estimer une modélisation de court terme autorisant deux régimes distincts. Pour cela, nous estimerons un modèle de chaîne de Markov à changement de régimes.

Notre chapitre 3 portera sur une analyse économétrique comparée du marché du pétrole brut et des marchés de produits pétroliers. Nous étudierons ainsi les mécanismes de transmission entre les prix du pétrole et les prix des produits pétroliers sur les marchés physique et financier.

Enfin, nous conclurons notre étude en nous focalisant sur les résultats obtenus dans les chapitres 2 et 3 en gardant à l'esprit les aspects dits "de régulation", suite aux derniers développements relatifs aux marchés pétroliers sur le sujet et en proposant des pistes d'études possibles. En effet, le contexte international lié à la régulation des marchés boursiers, l'initiative du G20 concernant l'encadrement des bonus des acteurs travaillant dans le secteur financier international (salaires des traders), suite à l'effondrement de l'économie mondiale en 2008, et le contexte de perte de confiance des acteurs privés (entreprises, individus) dans le système financier³ conduisent à privilégier l'hypothèse d'un encadrement progressif de certaines activités de marchés⁴.

³ Une littérature non spécialisée abonde depuis début 2008 sur les questions liées aux comportements des *traders*. Cf. *Confession d'un banquier pourri*, Crésus (Fayard, 2009), *Un trader ne meurt jamais*, M. Fiorentino (R. Laffont, 2009), etc.

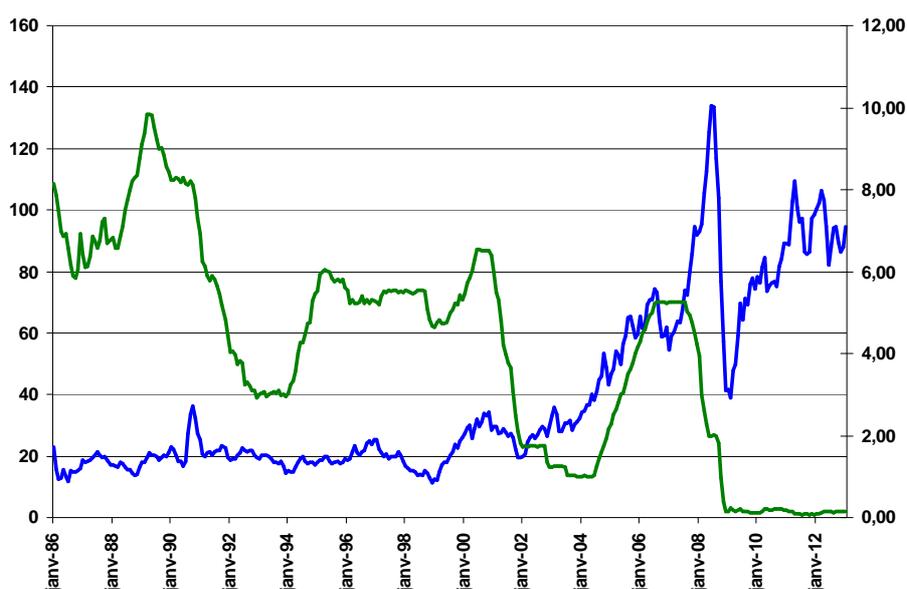
⁴ L'interdiction, durant la crise financière, de recourir à des outils de vente à terme des valeurs boursières du système bancaire et financier a marqué les esprits et a amené certains acteurs à réfléchir à de possibles ajustements des règles de marché.

Chapitre 1. Volatilité des prix des matières premières et spéculation : une mise en perspective

1.1 Volatilité des prix du pétrole et variables fondamentales de marché

Exceptée durant la crise asiatique, période au cours de laquelle les prix du pétrole brut ont enregistré des niveaux excessivement bas (autour de 10 dollars le baril), et l'épisode géopolitique majeur de la première guerre en Irak en 1991, la décennie 1990 a été marquée par une relative stabilité des cours. A partir du premier trimestre 2000, l'OPEP a réussi à maintenir le prix du panier de référence dans une fourchette comprise entre 22 et 28 dollars le baril. D'une stratégie de maintien des parts de marché jusqu'en 1998, grâce notamment à un ajustement des quotas, en fonction des variations de la demande mondiale de pétrole, l'OPEP avait décidé de poursuivre, par la suite, un objectif de stabilisation des prix. Pour ce faire, l'Organisation s'est dotée, à cette période, d'un mécanisme d'autorégulation au début de l'année 2000. Celui-ci prévoyait une hausse de la production de 0,5 million de barils/jour (mbj) en cas de prix supérieur à 28 dollars le baril pendant 20 jours consécutifs et une baisse de même ampleur en cas de diminution des cours en dessous du plancher de 22 dollars le baril durant plus de 10 jours consécutifs. En outre, dès la fin 2001, l'OPEP s'est lancée dans une négociation avec les pays non-membres de l'Organisation, à l'image de celle qui avait prévalu en 1999. Elle s'engageait ainsi à réduire ses quotas de 1,5 mbj, en échange d'une réduction de 0,5 mbj des pays non membres (Russie, Norvège, Mexique). Par la suite, une hausse marquée de la demande, notamment en provenance des pays émergents (Chine, Inde), mais également suite à une synchronisation de la reprise économique mondiale, a tendu le marché pétrolier. En outre, les conditions monétaires favorables : une diminution des taux d'intérêt portés à des niveaux excessivement bas entre 2001 et 2004 (Graphique 2) ; ont permis à certains acteurs de se porter, avec un coût du "risque" associé extrêmement faible, sur les marchés de matières premières.

Graphique 2 : Prix du pétrole brut (WTI, spot, en dollars) et taux d'intérêt des fonds fédéraux aux Etats-Unis



Source : DOE, Reserve Fédérale de St-Louis

Les prix ont ainsi dépassé des seuils dits "psychologiques" : 40 \$ en 2004, 50 \$ en 2005, 70 \$ en 2006 et 100 \$ en 2007, pour atteindre, à l'été 2008, un pic à près de 147 \$ le baril en séance. Par la suite, la récession économique mondiale, dans un contexte de crise financière internationale et de baisse marquée du prix des actifs, notamment boursiers et immobiliers, a induit un retournement brutal de la tendance, avec une chute marquée des cours, à environ 31 \$ le baril en décembre 2008. S'il a été possible de justifier ce mouvement grâce à une simple lecture de l'équilibre physique sur le marché - l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) a enregistré une diminution de la demande mondiale de pétrole sur la période (-0,8 % entre le troisième et le quatrième trimestre 2008)-, l'explication d'un éclatement de cette "bulle pétrolière" par les seuls facteurs fondamentaux reste insuffisante. Ces derniers ne permettent d'ailleurs de comprendre qu'en partie le quasi-doublement des cours du pétrole entre décembre 2008 et la fin 2009. Ainsi, même si les acteurs ont anticipé assez tôt une sortie de crise, anticipations confirmées par les premiers chiffres d'activité au niveau international, la reprise, restée fragile, peine à expliquer un prix du baril à environ 75 \$. En outre, sur l'année 2009, l'AIE a confirmé un recul de la demande mondiale d'environ 1,2 million de barils/jour, soit une baisse de 1,4 % par rapport à l'année précédente.

Cette brève analyse permet de mettre en évidence l'accroissement marqué de la volatilité sur les marchés du pétrole à partir du tournant des années 2000. Cette lecture est corroborée par l'étude du coefficient de variation du prix du pétrole, qui mesure le ratio entre l'écart-type et la moyenne du prix : ce coefficient a en effet plus que doublé entre les années 1990 et les années 2000, caractérisant ainsi l'accroissement de la volatilité des prix du pétrole brut.

1.2 Définir la spéculation

Dans un article paru en 1939 (*Spéculation et Stabilité économique*), Kaldor définit la spéculation comme suit :

"La spéculation peut se définir comme l'achat (ou la vente) de marchandises en vue d'une revente (ou d'un rachat) à une date ultérieure, là où le mobile d'une telle action est l'anticipation d'un changement des prix en vigueur, et non un avantage résultant de leur emploi, ou d'une transformation ou un transfert d'un marché à un autre".

Il ajoute par la suite

"La théorie traditionnelle de la spéculation considère que la fonction économique de la spéculation est d'atténuer les fluctuations de prix dues à des changements dans l'offre ou la demande. Elle suppose que les spéculateurs sont des agents dotés d'une faculté de prévoyance supérieure à la moyenne, qui interviennent comme acheteurs à chaque fois qu'il y a un excès provisoire de l'offre sur la demande et qui, ce faisant, tempèrent la baisse du prix ; ils interviennent comme vendeurs à chaque fois qu'il y a une insuffisance provisoire de l'offre et, ce faisant, tempèrent la hausse des prix".

La notion de spéculation, comme le mot en lui-même, se doit d'être expliciter. A l'origine, le terme spéculation vient du latin *Speculare* et signifie observer, guetter, voir au loin. Dans ce cadre, un spéculateur serait avant tout un observateur des faits et comme l'écrit Chalmin (1990) : *"Dans un monde instable, la spéculation est naturelle puisque l'on sait qu'un marché va évoluer à la hausse ou la baisse. Toute opinion, toute décision devient spéculation"*.

Si la notion de spéculation révèle à l'heure actuelle un caractère très péjoratif, elle le doit aux différentes crises dites "spéculatives" ou bulles observées depuis le 17^{ème} siècle. En effet,

l'histoire économique aime à recenser les épisodes de crises liées à des fièvres spéculatives : la *Tulipmania* de 1637, l'effondrement du système Law et la fièvre du Mississippi en 1720, la crise des chemins de fer en 1847, la faillite de l'Union générale en 1882, la crise de 1929... Il est ainsi séduisant d'y ajouter des événements plus récents : éclatement de la bulle Internet du début des années 2000, crise des sub-primes et embrasement des marchés pétroliers en 2007-2008.

En 1960, Working développa un indice d'intensité spéculative (*Speculative T Index*) basé sur le rapport entre l'activité des spéculateurs sur le marché et les besoins de couverture des agents commerciaux. Les conclusions de Working laissent apparaître à cette période que les marchés financiers de matières premières sont principalement des marchés de *Hedging* et qu'il existe une forte corrélation entre le volume de *hedging* et le volume de spéculation. Il est dès lors difficile pour Working de définir le concept de spéculation excessive sur les marchés.

Encadré 1 : L'Indice T de la spéculation (Holbrook Working, *Speculation on Hedging Markets*)

Working tire son analyse des statistiques accumulées par la *Grain Futures Administration*, remplacée en 1922 par la *Commodity Exchange Authority*. Son objectif est d'obtenir un ratio de positions "inutiles" ou spéculative pour les agents non-commerciaux. Si ces derniers ne faisaient que couvrir les activités des agents non commerciaux, ces positions "inutiles" devraient être nulles.

$$T=1+SS/(HL+HS) \text{ si } (HS \geq HL)$$

ou

$$T=1+SL/(HL+HS) \text{ si } (HL > HS)$$

Les positions ouvertes détenues par les agents non-commerciaux (spéculateurs) et commerciaux (Hedgers) sont définis comme suit :

SS=Spéculation, short

SL=Spéculation, long

HL=Hedging, long

HS=Hedging, short

Si la définition de la spéculation reste imprécise, de nombreux auteurs (Alquist et Kilian, 2010 ; Fattouh et al., 2012 ; Kilian et Murphy, 2011) s'accordent à définir la spéculation d'un point de vue économique comme un acte d'achat de pétrole pour une consommation différée. Ainsi, tout acteur désirant acheter un volume de pétrole pour une consommation future est un spéculateur d'un point de vue économique. Les stratégies spéculatives à l'achat (*speculative buying*) peuvent ainsi recouvrir l'achat de pétrole brut pour un stockage physique, ce qui conduit à une hausse des niveaux de stockage ou bien l'achat d'un contrat future ayant comme sous-jacent le pétrole brut. Dans les deux cas, les acteurs anticipent une hausse des prix du pétrole brut. Alquist et Kilian (2010) montrent que les modèles théoriques de stockage impliquent une contagion de la spéculation des marchés financiers vers les marchés physiques et inversement. Fattouh (2010, 2012) laisse apparaître que certaines de ces stratégies peuvent être efficiente d'un point de vue économique car elles contribuent à l'équilibre intertemporel des marchés.

1.3 Mesurer la spéculation

Si les travaux de Working ont permis la mise en place d'un indice d'intensité spéculative, celui-ci ayant notamment été utilisé en 2009 par Bouallai et Baule et par Till, de nombreux auteurs s'accordent sur la difficulté à interpréter les données fournies par les agences de régulation.

Jusqu'en septembre 2009, la CFTC obligeait les différents acteurs à se "déclarer" pour pouvoir opérer sur les places financières. Il était ainsi possible de déterminer les volumes de transactions pour chacun des acteurs et de rendre plus compréhensible la part de chaque type d'acteurs dans les positions ouvertes globales. La CFTC a ainsi publié depuis 1986 un rapport hebdomadaire (*The Legacy Commitments of Trader (COT)*) recouvrant les activités sur les marchés de matières premières. La classification était fondée sur une séparation entre les acteurs commerciaux et les acteurs non commerciaux. Les acteurs commerciaux incluaient les producteurs, marchands, processeurs et tous les utilisateurs de la matière première physique qui venaient sur le marché avec un objectif de protection du risque de prix (*Hedging*) et les *Swap dealers* qui, prenant des risques sur les marchés OTC du pétrole, venaient se *hedger* sur les marchés financiers. *A contrario*, les acteurs non-commerciaux représentaient les acteurs n'ayant aucune contrepartie sur les marchés physiques.

Suite à la forte volatilité enregistrée sur les marchés pétroliers durant l'année 2008 et suite aux nombreux débats sur la spéculation excessive sur les marchés, la CFTC a décidé d'améliorer le COT dans le sens de la transparence, en introduisant une classification moins binaire des acteurs que la simple classification commerciaux / non-commerciaux. Depuis le 4 septembre 2009, la CFTC a commencé à publier un nouveau rapport hebdomadaire, le DCOT (*Disaggregated Commitments of Traders*), permettant une analyse plus fine des données. Le DCOT sépare ainsi désormais les acteurs en 4 catégories différentes : la catégorie "*Producer/Merchant/Processor/User*" reprend l'ancienne classification des acteurs non-commerciaux en excluant les *Swap Dealers* qui ont désormais une classification indépendante ; la CFTC a introduit la catégorie de *Money Manager* pour toutes les entités relevant des CTA (*Commodity Trading Advisor*) ou CPO (*Commodity Pool Operator*) et enfin les *Other Reportables* pour les traders ne pouvant être classifiés dans aucune des trois autres catégories.

Tableau 3 : Evolution de la classification des acteurs par la CFTC

| 1986-2009 / COT | 2009- / DCOT |
|---|--|
| 1-Non-commercial | 1-Producer / Merchant / Processor / User |
| 2-Commercial (Producer / Merchant / Processor / User / Swap dealer) | 2-Swap Dealer |
| 3-Other Reportables | 3-Money Manager |
| | 4-Other Reportables |

Source : CFTC

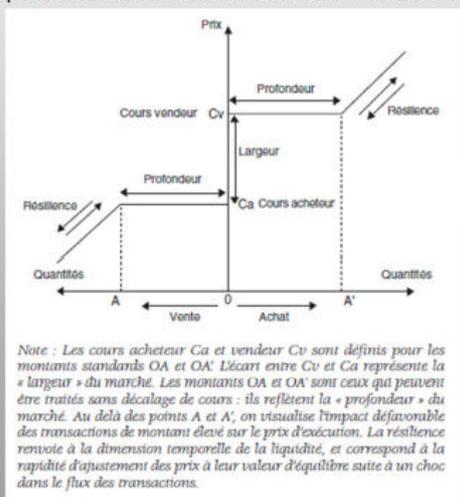
Toutefois, cette classification reste, pour de nombreux chercheurs, encore trop approximative. Tokic (2012), notamment, met ainsi en exergue les pertes d'information liées à la fréquence des données de la CFTC, mais également la manière de classer les acteurs. Ainsi, si la CFTC collecte les données brutes de manière journalière, celles-ci ne sont malheureusement pas disponibles de manière publique et il est donc impossible d'en disposer pour les retravailler (Chevallier, 2010). En outre, comme l'explique la CFTC dans les différentes rubriques méthodologiques du DCOT, la classification des traders dépend essentiellement de

leur activité "dominante", ce qui peut laisser une porte ouverte à une certaine subjectivité. En outre, en répertoriant les traders (et non leur activité), elle ne peut isoler ce qui relève réellement d'une pure activité de *Hedging*.⁵

Encadré n°2 : Liquidité et profondeur de marché

La notion de profondeur d'un marché a été mise en évidence par Black en 1971 comme critère principal de liquidité de ce même marché. Selon Black, un marché est dit liquide lorsqu'il répond à quatre critères :

- L'immédiateté des transactions
- L'étroitesse des écarts de prix entre les cours acheteurs et les cours vendeurs (ce qui correspond à la largeur de l'écart ou à la fourchette ou encore dans la terminologie anglo-saxonne au *bid-ask spread*.)
- La profondeur : elle correspond au volume de transaction pouvant être immédiatement exécuté sans décalage du prix à la meilleure limite.
- La résistance des prix : appelée également résilience, elle est déterminée par la rapidité du retour des prix vers son équilibre tendancielle à la suite d'un choc aléatoire.



Black, F., 1971, Towards a Fully Automated Exchange, Part 1, Financial Analysts Journal, 27, 29-34.

Graphique tiré de Bervas, A., 2006, La liquidité de marché et sa prise en compte dans la gestion des risques, Banque de France, Revue de la stabilité financière, n°8.

⁵ A ce titre, la note de la CFTC disponible sur son site Internet met en avant les principales limites de cette nouvelle classification (<http://www.cftc.gov/ucm/groups/public/@commitmentsoftraders/documents/file/disaggregatedcotexplanatorynot.pdf>) "Commission staff reviews the reasonableness of a trader's classification for many of the largest traders in the markets based upon Form 40 disclosures and other information available to the Commission. As described above, the actual placement of a trader in a particular classification based upon their predominant business activity may involve some exercise of judgment on the part of Commission staff. Some traders being classified in the «swap dealers» category engage in some commercial activities in the physical commodity or have counterparties that do so. Likewise, some traders classified in the «producer/merchant/processor/user» category engage in some swaps activity. Moreover, it has always been true that the staff classifies traders not their trading activity. Staff will generally know, for example, that a trader is a producer/merchant/processor/user" but we cannot know with certainty that all of that trader's activity is hedging."

1.4 Un New Deal sur les marchés financiers début 2000

Les questions de régulation sont primordiales sur les marchés de matières premières. En effet, la difficulté du travail des régulateurs consiste à trouver une réglementation qui ne se veut ni trop restrictive ni trop laxiste. Une régulation excessive pourrait ainsi porter tort au bon fonctionnement des marchés dans le cadre des activités de *Hedging*. Elle pourrait ainsi altérer la profondeur des marchés de matières premières en retirant une partie de la liquidité nécessaire aux différents acteurs commerciaux.

Signé le 21 décembre 2001 par le Président Clinton, le *Commodity Futures Modernisation Act* (CFMA) a profondément transformé le paysage des marchés dérivés de matières premières aux États-Unis. Il était censé répondre de manière implicite au conflit existant entre le CFTC et la *Security Exchange Commission* (SEC) sur la définition du champ des commodités. En effet, à la fin des années 1980, le Congrès américain avait élargi cette notion, ce qui avait eu pour effet de créer des conflits de supervision entre la CFTC et la SEC, notamment sur les contrats futurs sur actions. Les contrats futurs étaient à l'époque supervisés par la CFTC, le champ des actions étant, pour sa part, sous l'autorité de la SEC. Le CFMA a permis d'introduire également une plus grande flexibilité pour de nouveaux acteurs financiers à opérer sur les marchés financiers du pétrole. Ainsi, les fonds indexés sur les matières premières et les acteurs dits "*Swap Dealers*" (acteurs opérant de gré à gré sur les marchés dérivés de matières premières) ont pu pénétrer ces marchés sans se retrouver contraints par la législation de la CFTC car n'utilisant pas les supports ou instruments financiers supervisés par cette dernière.

En matière de transactions, le CFMA a assoupli de manière importante les limites de positions (courtes ou longues) sur les marchés de matières premières. De ce fait, le CFMA est souvent considéré comme une libéralisation marquée des marchés financiers de matières premières, avec comme conséquence principale, une limitation de la supervision des marchés par la CFTC. Enfin, et comme le note Chevalier (2010) dans le rapport sur la volatilité des prix du pétrole, le CFMA a été accompagné d'une évolution plutôt extensive de la règle dite de "*Bona Fide Hedge*" par la CFTC. En effet, auparavant, cette règle exemptait de limites de positions sur les marchés de matières premières, les seuls acteurs couvrant des activités commerciales ou physiques. La CFTC a élargi ce champ à d'autres acteurs financiers, notamment les *Swap Dealers*.

Ces changements législatifs ou de supervision ont entraîné trois changements majeurs dans la physionomie des marchés : une hausse des volumes de transactions observée sur les marchés dérivés du pétrole, une hyperconcentration de la liquidité sur les échéances les plus courtes des contrats pétroliers et enfin l'augmentation de la part des acteurs non-commerciaux dans les transactions globales.

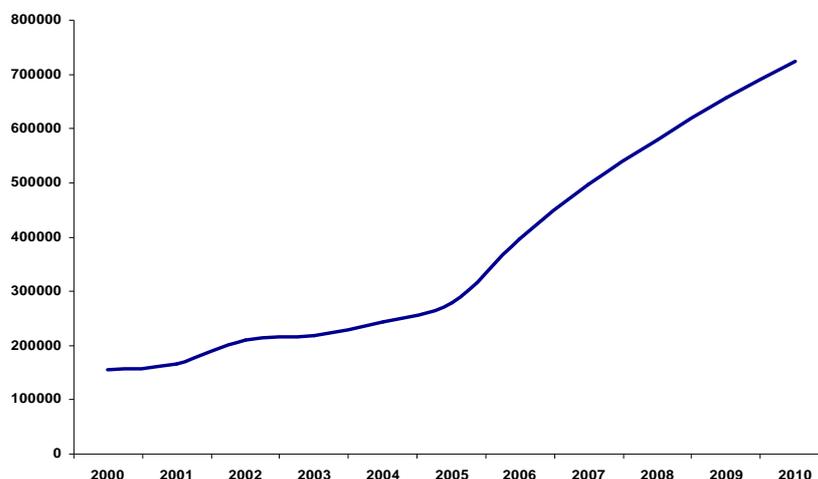
1.4.1 Une hausse marquée des volumes de transaction sur les marchés

Dès les années 1990, une littérature économique abondante s'est développée sur la corrélation entre le volume des transactions sur les marchés et le niveau des prix du pétrole (Krapels, 1995, 1996, 1997 ; Verleger, 1995).

Selon les données de la *Futures Industry Association*, le nombre de contrats futures sur les marchés de matières premières énergétiques (contrats sur le gaz naturel et les produits

raffinés) est passé de 155 millions en 2000 à près de 730 millions en 2010 (graphique 3). Les seuls contrats pétroliers au NYMEX et à l'ICE ont, pour leur part, plus que doublé entre 2006 et 2010 (graphique 4).

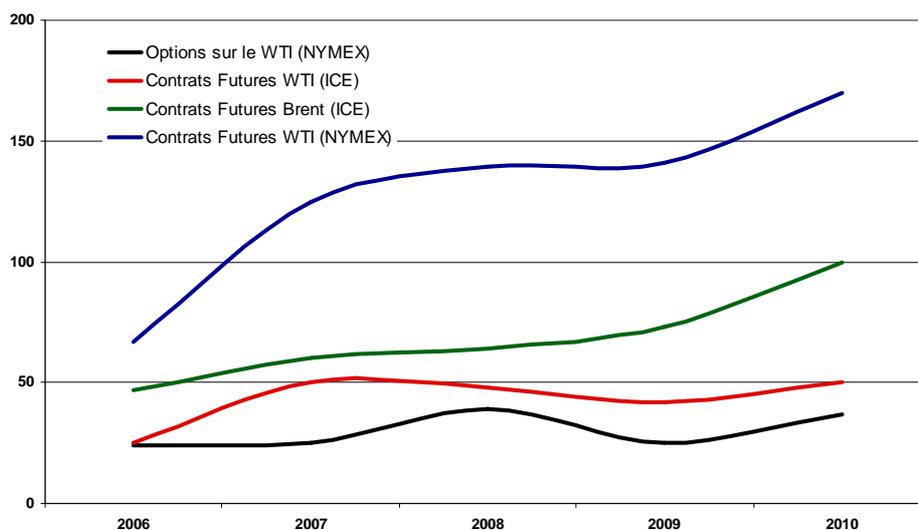
Graphique 3 : Volume de contrats énergétiques échangés (contrats, en milliers)



Source : Futures Industry Association, Annual Volume Statistics Report

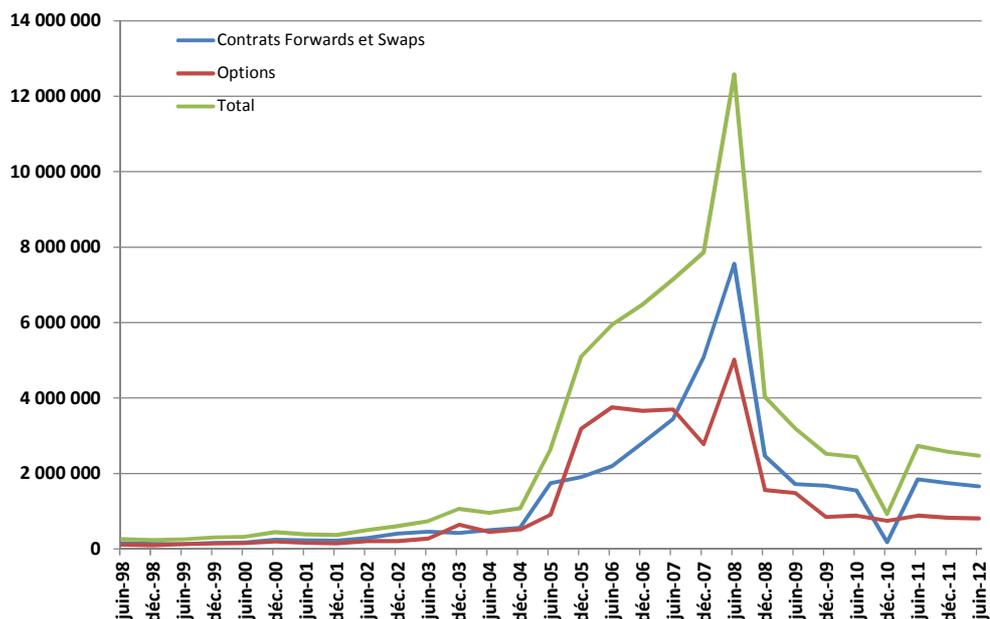
Les statistiques de la Banque des Règlements Internationaux (BRI) sont également éloquents sur ce point (graphique 5). En effet, on observe une multiplication par plus de 8 des produits dérivés sur les marchés OTC entre 2000 et 2008. Certes, la BRI ne produit que des statistiques globales sur les marchés de matières premières et il est impossible de distinguer ce qui relève des produits énergétiques des autres matières premières. Toutefois, à la lueur des différentes sources de données (CFTC, FIA, BRI), on peut imaginer que les produits énergétiques se trouvent en bonne place dans ce mouvement global d'augmentation.

Graphique 4 : Volume de contrats pétroliers échangés (contrats, en millions)



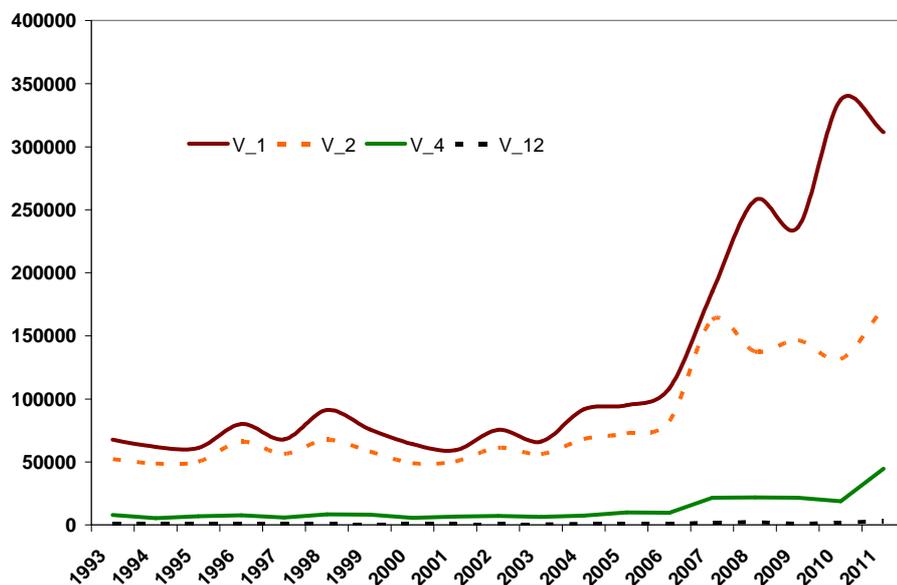
Source : Futures Industry Association, Annual Volume Statistics Report

Graphique 5 : Produits dérivés sur les marchés OTC de matières premières (hors métaux précieux) (en milliards de dollars US)



Source : Banque des Règlements Internationaux

Graphique 6 : Nombre des contrats pétroliers par maturité (NYMEX, contrat WTI)



Source : SEC

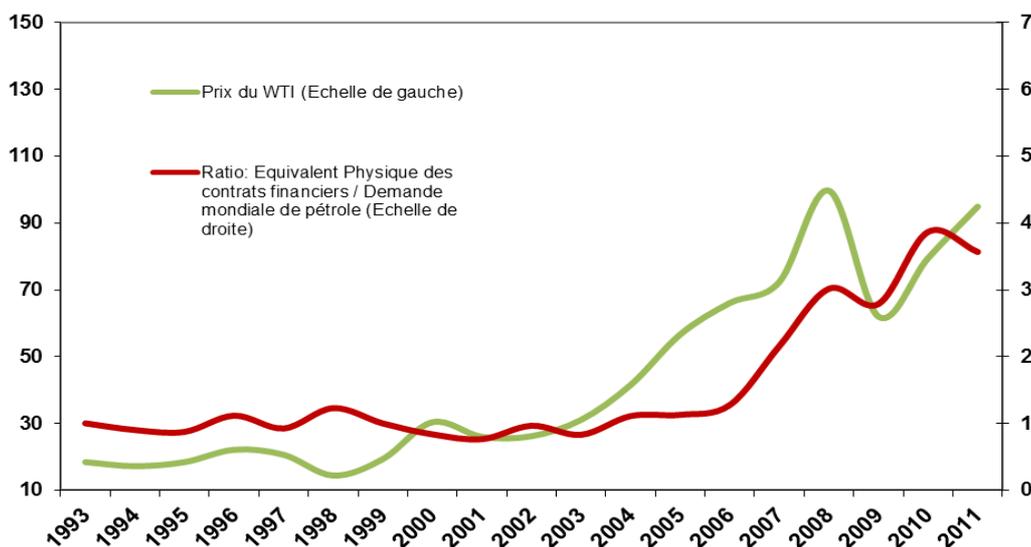
Note : V_i représente le volume de transactions pour le contrat à terme du mois i

En étudiant les données disponibles entre 1993 et 2011, nous observons une hausse marquée des volumes de transaction pour chacune des maturités disponibles des contrats pétroliers (inférieure à 1 an). Mesuré en contrats standards de 1000 barils (contrat standard du WTI au NYMEX), le volume de transactions est ainsi passé, pour le contrat 2 mois, de 52 000 en 1993 à 136 000 en 2008, soit une multiplication par 2,5, avec un pic à près de 165 000 en 2007 (Graphique 6). Il est intéressant de noter que, durant la même période, la consommation de

produits pétroliers aux Etats-Unis n'augmentait que de 12 % et d'environ 20 % dans le monde. Selon Medlock et Jaffe (2009), durant les années 1990, on pouvait observer un volume de contrats actifs au NYMEX équivalent à 150 millions de barils jour, soit plus de deux fois la demande mondiale de pétrole à cette période. Sur les années récentes, ce chiffre a atteint un facteur 7, avec un volume de contrats (1 contrat = 1 000 barils) représentant 600 millions de barils jour. Büyüksahin et al. (2008) estiment pour leur part, en étudiant les *Commitments of Traders Report* de la CFTC, que le volume de transactions, mesuré par les positions ouvertes, aurait atteint plus de 1 250 millions de barils en 2008, contre 414 millions en 2000. Parsons (2010) abonde également dans ce sens en étudiant le volume de positions ouvertes sur les contrats Brent et WTI à l'*InterContinental Exchange* (ICE) et le seul contrat WTI au NYMEX qui serait passé de 517 millions de barils en 2000 à près de 1 700 millions de barils en juin 2007. Selon Parsons, le volume des positions ouvertes sur ces trois contrats représentait encore 1 374 millions de barils en décembre 2008, soit cinq mois après le pic de prix du pétrole à environ 147 dollars le baril.

Pour observer les changements intervenus sur les marchés financiers du pétrole, nous avons ainsi construit un ratio comparant la demande mondiale de pétrole et la demande physique "virtuelle" issue des positions ouvertes sur le seul contrat WTI du NYMEX et pour la première maturité (Graphique 7). Ce ratio reste stable sur la période 1993-2003, puis il enregistre une forte hausse par la suite, en ligne avec l'augmentation progressive des prix du pétrole sur la période. Il enregistre un premier pic en 2008, puis un second durant l'année 2010.

Graphique 7 : Prix du WTI (en dollars par baril) et ratio des positions ouvertes sur la demande mondiale de pétrole



Source : CFTC Commitment of Traders Reports, Energy Information Administration

Les marchés dérivés sont considérés comme des "facilitateurs" des mouvements spéculatifs. Cependant, il ne faut pas oublier les bénéfices économiques apportés par ces mêmes marchés pour les acteurs physiques venant couvrir leurs activités commerciales *via* les différents outils financiers mis à disposition sur ces places financières. Ainsi, durant les décennies précédentes, dans la phase initiale de la construction des marchés de matières premières, le

principal objectif des différentes bourses de matières premières a été d'attirer et de concentrer la liquidité nécessaire à la bonne réalisation des activités de couverture des agents.

En 1971, le *New York Cotton Exchange* fut la première bourse de commerce à s'intéresser aux contrats à terme pour les matières premières énergétiques, avec le lancement d'un contrat sur le propane liquide. Cette tentative fut un échec en raison d'un volume de transactions limité. En octobre 1974, le NYMEX lança les premiers contrats pétroliers portant sur le fuel domestique et sur le fuel industriel. Simon (1984) explique que cette première tentative fut également un échec pour une raison d'étranglement des marchés dans la décennie 1970, mais également en raison des spécifications des contrats. Le point de livraison décidé à Rotterdam à l'époque n'était pas attirant pour les acteurs américains. Cette idée a toutefois été reprise par le NYMEX en 1978 avec le lancement simultané d'un contrat sur le fuel domestique et sur le fuel industriel, et au début des années 1980 avec le lancement dès 1981 d'un contrat sur l'essence et en 1983 d'un contrat sur le pétrole brut. Faute de liquidité suffisante, le contrat sur le fuel industriel disparut rapidement, celui sur le fuel domestique connut un essor à partir de 1981 dans le contexte de dérèglementation mis en place par l'administration Reagan.

La place de Londres créa de son côté l'*International Petroleum Exchange* (IPE) en 1980 et lança son premier contrat sur le fuel en 1981. Les succès parallèles du NYMEX et de l'IPE au début des années 1980 engendrèrent la demande de nouvelles autorisations d'ouverture de marchés auprès de la CFTC. Le *Chicago Board of Trade* (CBOT), en 1981, puis le *Chicago Mercantile Exchange* (CME) en 1982 tentèrent de lancer leurs propres contrats pétroliers. Les trois contrats du CBOT (essence, fuel domestique et pétrole brut) ne rencontrèrent pas le succès et disparurent rapidement.

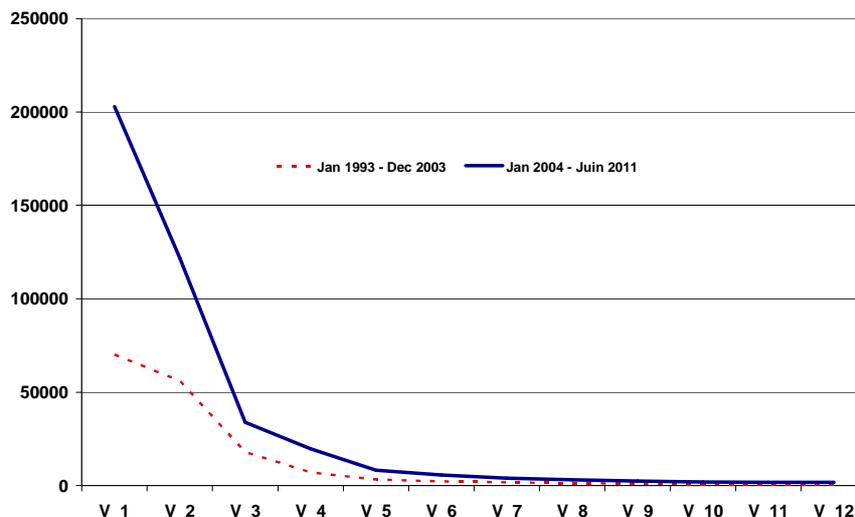
1.4.2 Une concentration de la liquidité sur les échéances courtes

Parallèlement à la question des volumes de transactions, se pose la problématique de la concentration de la liquidité. En effet, comme observé sur le graphique 8, l'augmentation des volumes de transactions s'est accompagnée d'une concentration de la liquidité des acteurs sur les maturités les plus courtes sur les marchés de matières premières. Ce facteur a été observé et commenté, notamment par Lautier (2005), et le niveau de concentration atteint depuis le début des années 2000 est assez marquant. Pour les contrats WTI, sur la période 1993-2011, nous observons une baisse des volumes de transactions en corrélation avec l'éloignement de l'échéance de la maturité des contrats. En outre, nous enregistrons une baisse marquée entre l'échéance à 4 mois et l'échéance à 12 mois.

En fait, la faiblesse de l'information disponible en termes d'équilibre des fondamentaux sur les marchés de matières premières n'incite pas les différents acteurs à prendre des positions sur les échéances longues.

Nous avons ainsi découpé notre échantillon en deux sous-périodes, la première de 1993 à 2003, la seconde de 2004 à 2011 (graphique 8). Cette segmentation nous permet d'observer les changements intervenus avec l'introduction de la CFMA fin 2001. Ainsi, depuis 2004, l'augmentation des volumes de transactions s'est accompagnée d'une concentration marquée des volumes sur les 3 premières maturités de contrats. En outre, le profil des diminutions des volumes est nettement plus marqué entre 2004 et 2011 qu'entre 1993 et 2003.

Graphique 8 : Volumes de transactions moyens en fonction de l'échéance du contrat WTI

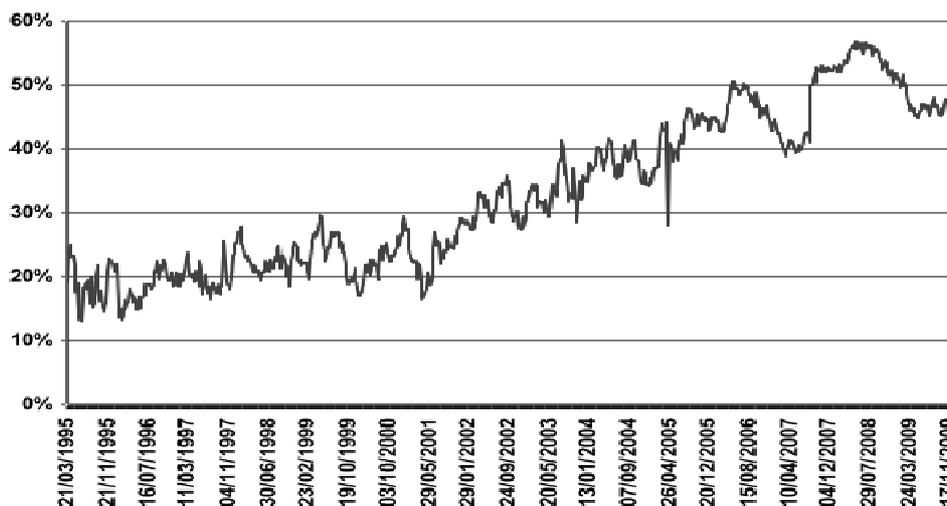


Source : SEC

1.4.3 Un changement dans la composition des acteurs

Le dernier changement majeur imputable à ce nouvel environnement législatif dans un contexte porteur en termes de prix des matières premières est celui relatif aux changements de nature des acteurs sur les marchés de matières premières depuis le tournant des années 2000. Le débat sur l'impact des marchés financiers sur la formation des prix du pétrole est largement ouvert et les études statistiques simples n'arrivent pas à démontrer une relation stable entre les prix du pétrole et les changements observés dans les positions acheteuses ou vendeuses des traders. S'il reste difficile de quantifier l'impact de l'entrée des acteurs financiers sur ces mêmes marchés, leur importance croissante ne fait aucun doute.

Graphique 9 : Part des acteurs non-commerciaux dans le total des positions ouvertes (en %)



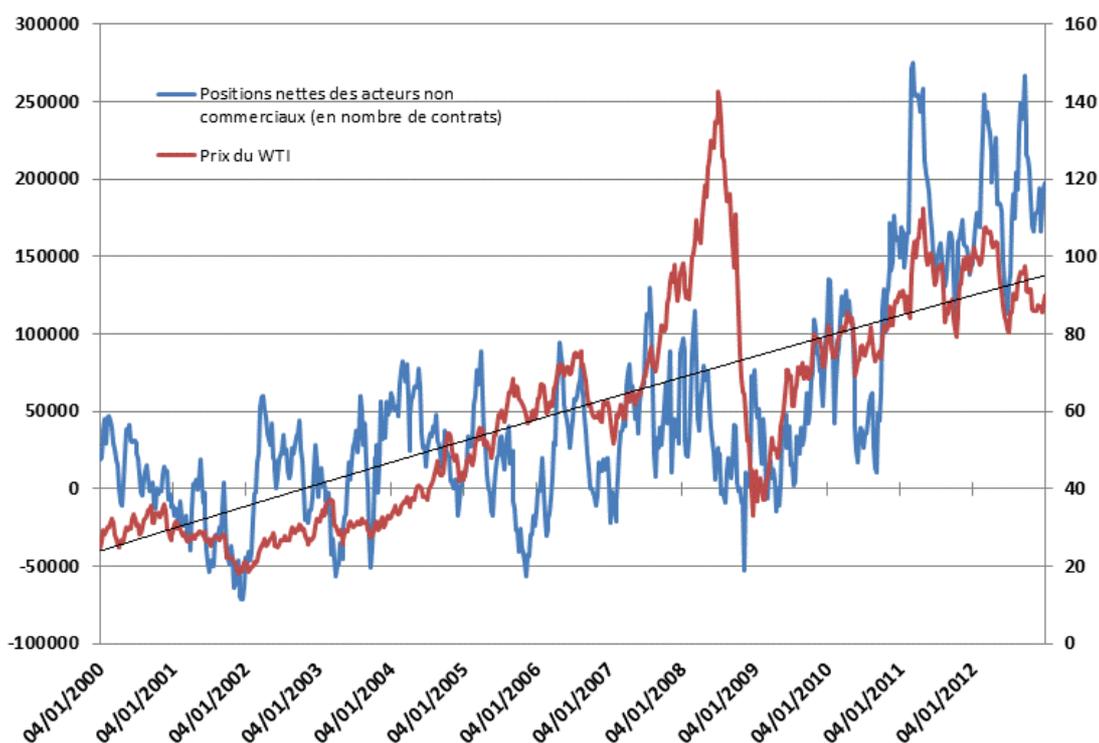
Source : SEC

En effet, en se basant sur la classification réalisée par la CFTC jusqu'en 2009, la part des acteurs non-commerciaux dans le total des positions ouvertes a augmenté de manière

significative entre 2000 et 2008, pour être portée à plus de 60 %, contre une moyenne d'environ 20 % au cours de la décennie 1990 (Graphique 9). Ce mouvement s'accompagne d'une hausse marquée du volume des positions ouvertes (Graphique 11) entre 2004 et 2008 au NYMEX. Dès lors, la combinaison de ces deux facteurs laisse à penser que les stratégies de ces acteurs peuvent impacter, à court terme, les variations du prix du pétrole.

En outre, en observant les positions nettes des agents non-commerciaux (Graphique 10) au NYMEX sur le seul contrat *Light Sweet Crude Oil*, on s'aperçoit d'un mouvement de fond sur les marchés. Alors qu'entre 2000 et 2004, les positions nettes des agents non-commerciaux étaient, au gré des évènements et des anticipations, nettes acheteuses ou nettes vendeuses, se développe à partir de 2004 une tendance du marché "nette acheteuse". Comme décrit entre autre par Medlock et Jaffe (2009) et Krapels (2007), le changement des positions nettes des agents non-commerciaux, autrefois considéré comme un indicateur avancé des mouvements futurs des prix du pétrole (*lagging indicator*), est devenu un indicateur leader dans la formation de son prix en instantané (*leading indicator*). Nous pouvons ainsi observer que les prix du pétrole ont tendance à diminuer quand les acteurs non-commerciaux ont des positions nettes vendeuses et inversement lorsqu'ils ont en majorité des positions nettes acheteuses.

Graphique 10 : Positions nettes des acteurs non-commerciaux et prix du WTI (en dollars)



Source : CFTC, EIA

Graphique 11 : Volume des positions ouvertes et prix du WTI (en dollars)



Source : CFTC, EIA

Dans ce contexte, il est intéressant de s'interroger sur les motivations des acteurs non-commerciaux à investir sur les marchés pétroliers. Weiner (2002), dans un article sur la corrélation entre spéculation et volatilité des prix du pétrole, énonce les quatre motivations principales des acteurs à investir de manière spéculative sur les marchés :

- (1) La publication d'une information importante sur les éléments fondamentaux du marché (équilibre offre/ demande...) qui amène les acteurs à accroître ou à diminuer le volume de leurs positions.
- (2) Les comportements dits de "*Herding*" par lesquels certains acteurs vont copier les stratégies des acteurs bénéficiant d'informations privilégiées sur les marchés. Dans cette optique, les acteurs utilisant les mêmes techniques (Chartisme, modélisation) ou utilisant les mêmes sources de prévisions peuvent également avoir les mêmes comportements moutonniers.
- (3) L'entrée d'un nouveau spéculateur sur le marché.
- (4) Les tentatives des spéculateurs d'influencer les prix de manière coopérative afin d'exercer un certain pouvoir de marché.

Les motivations (1) et (3) pourraient avoir des conséquences bénéfiques en termes d'efficacité du marché financier. En effet, dans le premier cas, cela pourrait permettre des ajustements plus rapides des marchés aux nouvelles informations et dans le deuxième cas, l'entrée d'un nouvel acteur serait un gage de liquidité supplémentaire. La motivation (4) reste extrêmement difficile à démontrer sur les marchés financiers. Si des exemples de *Squeeze* ou de *Corner* ont existé sur les marchés physiques du pétrole dans les années 1990, ou sur d'autres marchés dans les années 1970⁶, ni la CFTC ni la SEC ne recensent ce type de manipulation de marché

⁶ On pense notamment au marché de l'argent à la fin des années 1970 avec l'histoire des frères Hunt. Dès le milieu des années 1970, ces derniers avaient commencé à accumuler de grandes quantités d'argent, environ la moitié des stocks mondiaux, pour *corneriser* le marché. Suite à une décision du COMEX prise pour éviter la

durant les années 2000 au NYMEX sur le marché pétrolier. Restent les comportements d'imitations ou de *Herding* : avec des volumes de transactions plus importants sur le marché et la part des agents non-commerciaux, l'hypothèse d'indépendance des décisions des acteurs est un point important pour la compréhension de la détermination des prix.

Notre premier chapitre nous a permis de comprendre la difficulté à définir le concept de spéculation dans le cadre du marché pétrolier. Il nous a également amené à étudier les changements majeurs intervenus au début de la décennie 2000 sur les marchés dérivés du pétrole suite à l'introduction des nouvelles formes de régulation introduites par la CFTC dans le cadre du *Commodity Futures Modernisation Act* (CFMA). La forte hausse des volumes de transactions sur les marchés financiers du pétrole depuis le début des années 2000 s'est accompagnée de deux changements majeurs : une concentration de la liquidité des acteurs sur les échéances courtes et une modification des acteurs, avec une hausse marquée de la part de marché des acteurs non-commerciaux sur les marchés. Pour comprendre le rôle de ces acteurs dans le contexte de volatilité des prix du pétrole observée depuis 2000, nous allons développer, dans notre chapitre 2, une estimation économétrique de l'équilibre économétrique de long terme entre les prix physiques du pétrole et les prix observés sur les marchés *futures*.

spéculation sur le marché, les cours s'effondrent de moitié le 27 mars 1980, journée connue sous le nom de *Silver Thursday*. Les frères Hunt feront définitivement faillite en 1989.

Chapitre 2. Estimation économétrique de l'équilibre de long terme entre le prix spot et le prix *future* du WTI

L'analyse économétrique réalisée porte sur la relation entre prix spot et prix *future* du WTI. Les volumes de transactions ayant plus particulièrement augmenté sur les premiers termes, nous nous focalisons sur la relation entre le prix spot et le prix pour le contrat échéance deux mois, notés respectivement $spot_t$ et p_{2t} par la suite. Cette analyse a été privilégiée par rapport à une analyse entre le prix spot et le terme 1 mois (première échéance), en raison de la très forte proximité en termes de cotation entre ces deux échéances.

Les données sur lesquelles porte l'analyse couvrent la période allant d'avril 1999 (après la réunion de l'OPEP de fin mars) à juin 2011. L'échantillon comprend ainsi 636 observations hebdomadaires.

2.1 Tests de racine unité, test de cointégration

Dans une première étape, nous avons effectué des tests de racine unité sur chacune des séries étudiées. Toutefois, la période sur laquelle porte l'analyse est marquée par des évolutions contrastées des prix qui peuvent être marquées par d'éventuelles ruptures. Ceci nous a conduit à mettre en œuvre la procédure de tests proposée par Perron (1997) qui s'inscrit dans le prolongement des travaux de Perron et Vogelsang (1992a,b) et de ceux de Zivot et Andrews (1992). Dans ces tests, l'hypothèse nulle que la série temporelle est caractérisée par la présence d'une racine unité et d'une constante éventuellement nulle avec une rupture. Nous avons distingué entre un effet instantané (noté AO pour "Additive Outlier") et un effet avec transition portant sur la constante (c) ou à la fois sur la constante et la variable (c,s) de la régression de Dickey-Fuller (notés respectivement IO(c) et IO(c,s) pour "Innovational Outlier").

Ensuite, nous avons testé l'existence d'un équilibre de long terme (relation de cointégration) entre le prix future et le prix spot. Comme pour les tests de racine unité, nous avons testé la présence d'une rupture potentielle durant la période d'étude avec un test de Gregory et Hansen (1996a,b). Par ailleurs, nous avons mené un test de changement de variabilité du terme d'erreur (test auto-régressif conditionnel hétéroscédastique, ARCH) sur la relation estimée.

Les tests de racine unité (Dickey-Fuller augmenté, Phillips-Perron, et Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) conduisent à conclure que les deux séries sont intégrées d'ordre 1. Toutefois, les tests de stationnarité avec rupture mettent en évidence des changements structurels. Notons toutefois qu'il est préférable de considérer pour l'interprétation des tests le sous-échantillon correspondant aux rangs d'observations compris dans l'intervalle [15%; 85%], soit la sous-période [19-01-2001; 7-08-2009] dont ne font pas partie les dates mises en évidence par ceux-ci. Les résultats des tests AO ne sont donc pas pris en compte. Les tests de type IO(c) et IO(c,s) mettent en évidence des dates de rupture en décembre 2008 pour le prix spot et, respectivement, en décembre et juillet de cette même année pour le prix à terme 2 mois (Tableau 4).

Tableau 4 : Tests de racine unité avec rupture (Perron)

| Variabes | ln(spot) | $\Delta\ln(\text{spot})$ | ln(p_2) | $\Delta\ln(\text{p}_2)$ |
|-----------------|---------------|--------------------------|---------------|-------------------------|
| IO(c) | -5.015* | -8.591*** | -4.718 | -8.633*** |
| Date de rupture | Sept. 23-2008 | Dec 23-2008 | Sept. 23-2008 | Dec 2-2008 |
| IO(c,s) | -5.213 | -8.532*** | -4.845 | -8.526*** |
| Date de rupture | Sept. 23-2008 | Dec 23-2008 | Sept. 23-2008 | July 1-2008 |
| AO | -3.551 | -7.980*** | -3.375 | -8.009*** |
| Date de rupture | Aug. 14-2007 | Oct. 31-2000 | Aug. 14-2007 | Oct. 31-2000 |

Note: Les indices supérieurs * ** *** indiquent le niveau de significativité associés aux fractiles 10 % , 5 % et 1 %

Le test de cointégration permet d'identifier une relation d'équilibre entre le prix spot et le prix à terme (Tableau 5).

Tableau 5 : Test de cointégration entre ln(spot) et ln(p_2)

| H ₀ : rang = r | Valeur propre | Statistique Test λ_{\max} | Valeur Seuil 5% | Statistique Test Trace | Valeur Seuil 5% |
|------------------------------|---------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
| r=0 | 0.039838 | 25.733 | 15.892 | 30.325 | 20.261 |
| r≤1 | 0.007228 | 4.5917 | 9.1645 | 4.5917 | 9.1645 |

En normant par rapport au prix à terme, la relation s'écrit :

| |
|--|
| $\ln(p_{2t}) = 1.0206 \ln(\text{spot}_t) + 0.0763 + \hat{\varepsilon}_t$ <p style="text-align: center;">(0.009) (0.0359)</p> <p>(): écart-type n=633</p> |
|--|

Néanmoins, nous avons effectué un test de cointégration avec rupture sur la relation entre les prix avec une constante (Tableau 6). L'hypothèse nulle du test de Gregory et Hansen est l'absence de cointégration tandis que les différentes alternatives autorisent des changements structurels (constante, constante et pente) dans le modèle de cointégration standard de Engle et Granger. Ceux-ci nous conduisent à envisager une éventuelle rupture, à la fois pour la constante et pour la variable, à la fin de l'année 2004 (21-12-2004). L'autre date de rupture trouvée sur le modèle (c) est au-delà des 85% d'observations les plus élevées.

Par ailleurs, nous avons estimé le modèle de cointégration par une méthode de régression (Engle et Granger) et nous avons effectué un test ARCH ($F(1,633) = 136,66$, $\text{prob}(F) = 1,02 \cdot 10^{-28}$).

Celui-ci permet d'accepter l'hypothèse alternative de changement de la variance des termes d'erreur autour de la relation d'équilibre. Finalement, nous décidons de conserver l'équilibre

entre le prix spot et le prix à terme sur l'échantillon complet en considérant que la dynamique de court terme est marquée par des changements de régime.

Tableau 6 : Test de Gregory et Hansen

| Modèle | ADF | Date | k ^a |
|--------|-----------|-------------|----------------|
| c | -6.144*** | Dec 21-2004 | 5 |
| c,s | -6.119*** | Dec 21-2004 | 5 |

Note : Les indices supérieurs *' **' ***' indiquent le niveau de significativité associés aux fractiles 10 % , 5 % et 1 %
a : le nombre de retards est déterminé à partir du critère AIC

2.2 Estimation de la dynamique de court terme à partir d'un modèle MS-VECM

L'estimation de la dynamique de court terme entre les deux prix est plus difficile et laisse apparaître plusieurs changements qui sont mis en évidence au travers de tests de rupture. Toutefois, l'estimation économétrique sur plusieurs sous-périodes montre des résultats empiriques similaires sur des sous-périodes non adjacentes.

Dès lors, nous cherchons à estimer une modélisation de court terme autorisant deux régimes distincts. Pour cela, nous estimons un modèle de chaîne de Markov à changement de régime dont nous exposons brièvement la formalisation ci-dessous.

Une chaîne de Markov est une suite aléatoire $\{Y_t, t=0,1,2,\dots\}$ qui prend des valeurs dans un ensemble E fini. Cette suite a la propriété de Markov, selon laquelle connaissant Y_t , il est possible de faire abstraction du passé pour prédire l'avenir. Le passage d'un état à un autre s'effectue grâce à une fonction de passage.

Dans notre cas, pour chaque série (Y_t), nous supposons que celle-ci suit un processus de Markov à deux états $E=\{E_1, E_2\}$, correspondant aux deux états présumés des mouvements de prix. Ainsi, autour de l'équilibre de long terme, nous autorisons deux dynamiques de court terme avec une probabilité de passage d'un régime à l'autre.

Le modèle s'exprime comme suit :

$$\Delta Y_t = \mu(z_t) + \sum_{j=1}^p A_j(z_t) \Delta Y_{t-j} + \Pi(z_t) Y_{t-1} + u_t \quad (1)$$

avec,

z_t l'état markovien appartenant à $E=\{E_1, E_2\}$,

$$Y_t = \begin{bmatrix} \ln(\text{spot}_t) \\ \ln(p_{2t}) \end{bmatrix},$$

$\mu(z_t)$ est le vecteur des termes constant pour chacun des états z_t ,

$A_j(z_t)$ est la matrice des coefficients des termes retardés ΔY_{t-j} pour les retards $j=1,\dots,p$,

$\Pi(z_t)$ est la matrice des coefficients du modèle cointégration pour chacun des états z_t ,

et u_t désigne les résidus.

L'estimation du modèle fournit également la probabilité de passer d'un état à l'autre, d'où nous déduisons la probabilité p^* d'être dans l'état E_1 . Après avoir estimé le modèle (1), nous cherchons à expliquer la probabilité d'être dans chacun des régimes par des indicateurs liés aux volumes de transactions et aux positions des agents.

Ainsi, un modèle vectoriel à correction d'erreur et avec changement de régime markovien (1) a été estimé pour la dynamique de court terme autour de la relation d'équilibre de long terme estimée précédemment.

Le modèle de chaîne de Markov à changement de régime, vectoriel à correction d'erreur (MS-VECM) a été estimé sur WinRats 7.2 avec l'algorithme suivant :

- estimation de l'équilibre de long terme entre le prix spot et le prix futur du WTI duquel on déduit les résidus de long terme.
- formulation algébrique des équations de court terme pour $\Delta(\ln(\text{spot}_t))$ et $\Delta(\ln(p_2))$ et des distributions de transition entre les deux régimes (deux distributions en raison de deux états).
- maximisation de la fonction de vraisemblance du modèle MS-VECM.

Après une première estimation, nous estimons un modèle parcimonieux en utilisant une procédure pas à pas pour éliminer les variables dont les coefficients sont non significativement différents de zéro pour un risque de première espèce de 5%. L'estimation du modèle est présentée dans le tableau 7.

Tableau 7 : Modèle MS-VECM de la dynamique des prix spot et à terme 2 mois

| | | Régime 1 | | | | Régime 2 | | | |
|-------------------------------------|--|----------|----------|-----------|-------|----------|----------|-----------|-------|
| | | Coeff | Std Dev. | T-Student | Sign. | Coeff | Std Dev. | T-Student | Sign. |
| | Prob(E2/E1) | 0.288 | 0.053 | 5.442 | *** | | | | |
| | Prob(E1/E2) | | | | | 0.097 | 0.020 | 4.967 | *** |
| $\Delta(\ln(p_{\text{spot}}(t))) =$ | constante | | | | | 0.004 | 0.002 | 2.327 | ** |
| | $\Delta(\ln(p_{\text{spot}}(t-2)))$ | -0.074 | 0.032 | -2.314 | ** | | | | |
| | $\Delta(\ln(p_2(t-1)))$ | | | | | 0.240 | 0.047 | 5.080 | *** |
| | $\epsilon_{LT}(t-1)$ | -0.305 | 0.094 | -3.231 | *** | -0.092 | 0.016 | -5.612 | *** |
| $\Delta(\ln(p_2(t))) =$ | constante | | | | | 0.004 | 0.002 | 2.177 | ** |
| | $\Delta(\ln(p_{\text{spot}}(t-1)))$ | 0.353 | 0.088 | 4.025 | *** | | | | |
| | $\Delta(\ln(p_2(t-1)))$ | -0.375 | 0.096 | -3.921 | *** | 0.221 | 0.045 | 4.903 | *** |
| | $\epsilon_{LT}(t-1)$ | -0.178 | 0.090 | -1.975 | ** | | | | |
| Résidus | $\text{Var}(u_{\text{spot}})$ | 0.004 | 0.000 | 8.985 | *** | 0.001 | 0.000 | 12.213 | *** |
| | $\text{Var}(u_{p_2})$ | 0.003 | 0.000 | 8.701 | *** | 0.001 | 0.000 | 12.097 | *** |
| | $\text{Cov}(u_{\text{spot}}, u_{p_2})$ | 0.003 | 0.000 | 9.657 | *** | 0.001 | 0.000 | 12.150 | *** |

2.3 Eléments d'analyse du Modèle MS-VECM

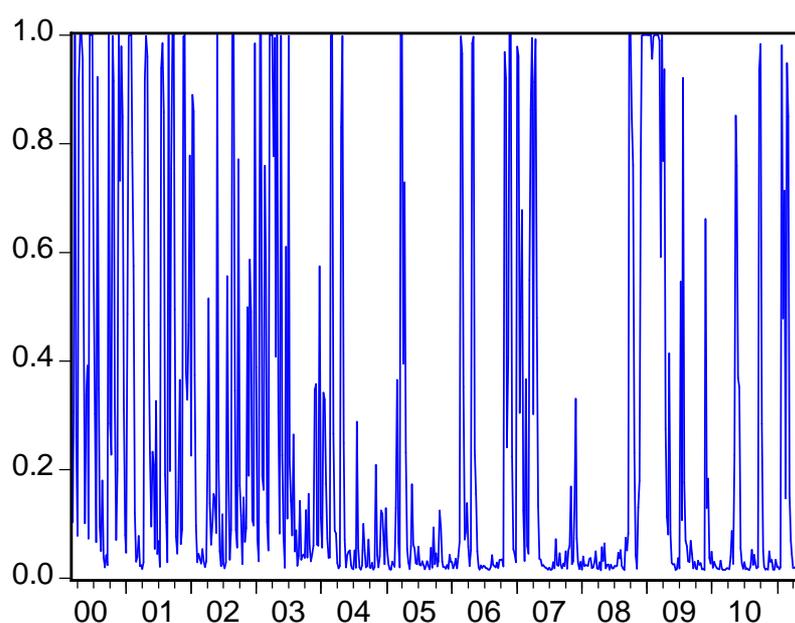
L'estimation du modèle de chaîne de Markov à changement de régime permet d'identifier clairement deux régimes distincts puisque la probabilité d'être dans l'un ou l'autre des régimes est souvent proche de 0 ou 1 mais rarement proche d'une valeur intermédiaire.

Le second régime s'observe sur la plus grande partie de l'échantillon alors que le premier régime correspond aux événements du 11 septembre 2001, au déclenchement du conflit en Irak en 2003, à la pointe hivernale de 2006, au printemps et au début d'été 2008 et au conflit libyen de mars 2011 (Graphique 12). En considérant les observations pour lesquelles p^* est supérieur à 0,9, ce régime représente 13% des observations de la période étudiée (et 19% pour $p^* > 0,5$). Aussi, le premier régime peut être considéré comme un régime de tension alors que le second régime est un régime standard.

La dynamique de court terme du prix spot est caractérisée par une force de rappel (-0.588) ainsi que par des variances résiduelles qui sont plus élevées que dans le premier régime. Ce régime peut donc être considéré comme un régime de tension (E_2).

Les probabilités de passer d'un état à un autre sont assez faibles, 0,288 et 0,097 respectivement, de l'état E_1 vers l'état E_2 et de l'état E_2 vers l'état E_1 . Dans le premier état, le résidu retardé de l'équilibre de long terme a un impact important sur la dynamique des prix (-0,305) et les variances résiduelles sont plus grandes à la fois pour le prix spot et pour le prix *future* dans l'état E_1 que dans l'état E_2 . Dans l'état E_2 , nous remarquons la forte volatilité du prix futur pour le terme 2 mois. De plus, le prix spot est affecté par un effet modéré du résidu retardé de l'équilibre de long terme (-0,092) qui indique que les prix spot et *futures* reviennent progressivement à l'équilibre de long terme. Ce dernier résultat est intéressant car il soutient l'idée d'une certaine efficacité du marché financier dans le court terme au travers du processus d'arbitrage réalisé par les différents acteurs.

Graphique 12 : Probabilité non conditionnelle du régime de tension



Nous avons ensuite étudié les volumes de transactions suivant la probabilité d'être dans un des deux régimes de court terme. A cette fin, nous avons réparti les observations suivant que la probabilité p^* est inférieure ou supérieure à 0,5. Il apparaît que les volumes moyens de transaction sur 1 mois augmentent fortement suivant p^* alors que les volumes moyens associés aux autres termes restent à peu près stables.

Tableau 8 : Volumes moyens de transactions associés suivant les régimes du modèle MS-VECM

| | 1 mois | 2 mois | 3 mois | 4 mois |
|---------------------|---------|--------|--------|--------|
| Régime standard | 155 068 | 95 024 | 31 810 | 14 516 |
| Régime de crise | 140 823 | 89 514 | 30 385 | 13 657 |
| Echantillon complet | 152 205 | 93 916 | 31 524 | 14 379 |

Unité : 1000 barils

Tableau 9 : Moyenne des positions ouvertes suivant les régimes du modèle MS-VECM

| | Open Interest Com. (position nette) | Open Interest Com. (position nette) | Open Interest Com. (position nette) | Open Interest Long | Open Interest Short |
|---------------------|--|---|---|-----------------------|------------------------|
| Régime standard | -35 233 | 36 201 | -967 | 938 047 | 753 633 |
| Régime de crise | -21 489 | 19 763 | 1725 | 814 150 | 669 879 |
| Echantillon complet | -32 470 | 32 897 | -426 | 913 141 | 736 797 |

Unité : 1000 barils

Finalement, nous estimons la probabilité d'être dans l'état E_2 suivant un ensemble de variables définies à partir des volumes de transactions sur les marchés *futures* avec un modèle probit. L'ajustement suivant a été effectué sur un sous-échantillon portant sur la période allant de juillet 2007 à juin 2011 caractérisée par l'accélération de la hausse des prix du pétrole brut :

$$\text{Prob}\{E_2\} = 7.748 - \frac{2.390}{(2.515)} D6090 + \frac{1.1914 \times 10^{-5}}{(2.801 \times 10^{-6})} V_{2t-1} + \frac{7.5414 \times 10^{-6}}{(2.476 \times 10^{-6})} V_{2t-2} + \frac{8.6626 \times 10^{-6}}{(2.8496 \times 10^{-6})} V_{2t-3}$$

$$+ \frac{1.6918 \times 10^{-5}}{(5.7321 \times 10^{-6})} V_{3t-4} + \frac{9.3730 \times 10^{-5}}{(2.6011 \times 10^{-5})} V_{12t-8} - \frac{1.3144 \times 10^{-5}}{(3.2982 \times 10^{-6})} OISHORT_{t-1} + \frac{1.1523 \times 10^{-5}}{(4.7031 \times 10^{-5})} OINCOM_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\text{PseudoR}^2 = 0.601$$

$$n = 171$$

() : écart – type

avec,

D6090 est une variable muette définie par $DU6090 = 1$ quand le prix spot est entre 60 et 90\$/b,
 $DU6090 = 0$ sinon,

V_{it-k} est le volume de transaction pour le terme i , à la semaine $t - k$

$OISHORT_{t-1}$ est le total des position ouvertes courtes à la semaine $t - 1$,

$OINCOM_{t-1}$ est la position ouverte nette à la semaine $t - 1$.

Il apparaît ainsi que les volumes de transactions retardées ont une influence significative sur le passage à l'état E_2 . L'accumulation de volumes de transactions trop élevées conduit potentiellement au basculement dans l'état de tension.

Le changement des positions ouvertes par rapport à la demande de pétrole brut durant la période d'étude explique l'influence de celles-ci sur les changements de régime. Le ratio entre les positions ouvertes et la demande, de même que le prix du brut, ont augmenté progressivement ce qui peut s'expliquer, notamment, par la faible élasticité de la demande de pétrole. Quand la demande chute, les clôtures de position augmentent et l'augmentation relative des volumes de transactions explique le basculement dans le régime de tension.

L'augmentation des volumes de transactions dans les Bourses de commerce doit cependant être remise en perspective. Comme nous l'avons observé dans le chapitre 1, l'objectif principal des Bourses de commerce est d'attirer et de concentrer la liquidité pour permettre la réalisation des activités de couverture des agents commerciaux. Parallèlement, la stratégie des acteurs non-commerciaux est partiellement fondée sur la gestion de différentiels de prix sur une certain pas de temps (*Calendar Spread*) et/ou entre différents marchés de matières premières ou co-produits (*Intra-market ou Inter market Spread*). Ces activités induisent un haut degré de fluidité pour les différents contrats. Elles permettent notamment aux acteurs commerciaux de réaliser leurs activités d'arbitrage en un temps raisonnable, mais également aux acteurs non commerciaux de clôturer leurs positions avant la date d'expiration des contrats.

Sur les Bourses de commerce, on observe une forte corrélation entre le degré de liquidité du marché, la probabilité de clôturer une position avec un faible coût de transaction (Les Bourses de commerce réclament généralement un appel de marge supplémentaire s'il y a une prise de position acheteuse ou vendeuse près de la date d'expiration des contrats). Ainsi, la liquidité des marchés de matières premières est un ingrédient majeur de leur efficacité.

Le marché pétrolier est caractérisé par un écart de plus en plus marqué entre le volume de transactions sur les marchés financiers et la demande mondiale de pétrole en volume. Dans un contexte marqué par une incertitude grandissante sur l'évolution de la demande mondiale, cela conduit à augmenter la volatilité des prix du pétrole parallèlement à une inflation du nombre de contrats financiers sur les marchés. Durant ces périodes d'instabilité, le volume de contrats échangés, par rapport aux périodes précédentes, apparaît très élevé relativement aux changements réels des fondamentaux et contribue à une hausse marquée de la volatilité des prix. Les différents acteurs sur les marchés semblent ainsi être frappés d'une certaine myopie par rapport à l'état réel d'équilibre des marchés et semblent sur-réagir aux évènements.

Dans ce contexte, il semblerait particulièrement approprié d'estimer, au moins au niveau théorique, un niveau optimal de liquidité sur les marchés, en vue notamment d'une possible régulation. Ce point sera particulièrement étudié dans notre dernier chapitre. Cet indice de liquidité devrait dépendre du nombre de participants, du volume de transactions, du degré de concentration des acteurs sur le marché, de la volatilité historique et du prix des matières premières sous-jacentes aux contrats financiers.

Les régulateurs pourraient également se concentrer sur le système d'appels de marge. En effet, le système de marge initiale et de marge de maintenance ; cette dernière représentant environ 75 % de la marge initiale, est, en principe, fondé sur la volatilité historique des sous-jacents des contrats financiers (Tableau 10). Leurs niveaux sont déterminés par la chambre de compensation des Bourses de commerce et sont, par conséquent, sujets à variations selon l'évolution des fondamentaux du marché. Durant l'année 2011, la chambre de compensation du CME a ainsi augmenté, par deux fois, les appels de marge du contrat Light Sweet Crude Oil (contrat de pétrole brut), en raison d'une hausse marquée de la volatilité des prix du pétrole brut. Toutefois, étant donnée la volatilité quotidienne observée sur les marchés, il pourrait être intéressant de mettre en place un système encore plus réactif. En effet, des changements journaliers, basés sur les cotations de la veille voire même sur les cotations en direct seraient des éléments pertinents de gestion de la volatilité. En outre, ils permettraient d'envoyer des messages clairs aux différents acteurs sur le marché et constitueraient une information, en soi, sur le niveau de risque de la place financière. Ces éléments pourraient peut-être permettre d'amortir quelque peu les conséquences des stratégies des acteurs non-commerciaux durant les périodes de forte instabilité.

Tableau 10 : Marges initiales et effet de levier potentiel au CME

| | Marge Initiales (en \$) | Marge de maintenance (en \$) | % de la valeur de contrats au 16/02/2007 |
|--------------------|----------------------------|---------------------------------|---|
| WTI | 3 300 | 3 000 | 11,9 % |
| Heating Oil | 4 675 | 4 250 | 14,2 % |
| RBOB | 4 400 | 4 000 | 13,6 % |
| Propane | 1 650 | 1 500 | 8,9 % |
| Natural Gas | 8 250 | 7 500 | 23,5 % |
| E-mini WTI | 1 650 | 1 500 | 5,9 % |
| E-mini Heating Oil | 2 338 | 2 125 | 14,2 % |
| E-mini RBOB | 2 200 | 2 000 | 13,6 % |
| E-mini Natural Gas | 2 063 | 1 875 | 5,9 % |

Source : CME

Chapitre 3. Analyse des relations entre prix du pétrole et prix des produits pétroliers

Nous étudions dans ce chapitre les relations entre le prix du pétrole brut et le prix des produits pétroliers. L'analyse de la dynamique entre prix spot et prix futur du pétrole brut, que nous avons mené précédemment, a mis en évidence des périodes standards durant lesquelles une augmentation des volumes de transactions sans relation claire avec l'évolution de la demande réelle avait pu apparaître au cours des dernières années suivies de périodes de tension où le marché connaissait une forte volatilité à l'occasion d'un retournement de conjoncture ou d'une crise pétrolière spécifique.

Il convient donc désormais d'étudier la transmission des évolutions de prix entre les prix du pétrole et les prix produits pétroliers à la fois sur les marchés physiques et sur les marchés financiers (prix spot et prix à terme) pour évaluer les interactions des prix dans leur ensemble.

Afin de rester homogène avec l'analyse menée précédemment sur les relations entre prix spot et prix à terme du WTI, nous avons travaillé sur le marché nord-américain en nous intéressant au prix du WTI, de l'essence et du gazole.

3.1 Analyse économique et statistique des prix du pétrole et des prix des produits pétroliers sur le marché nord-américain

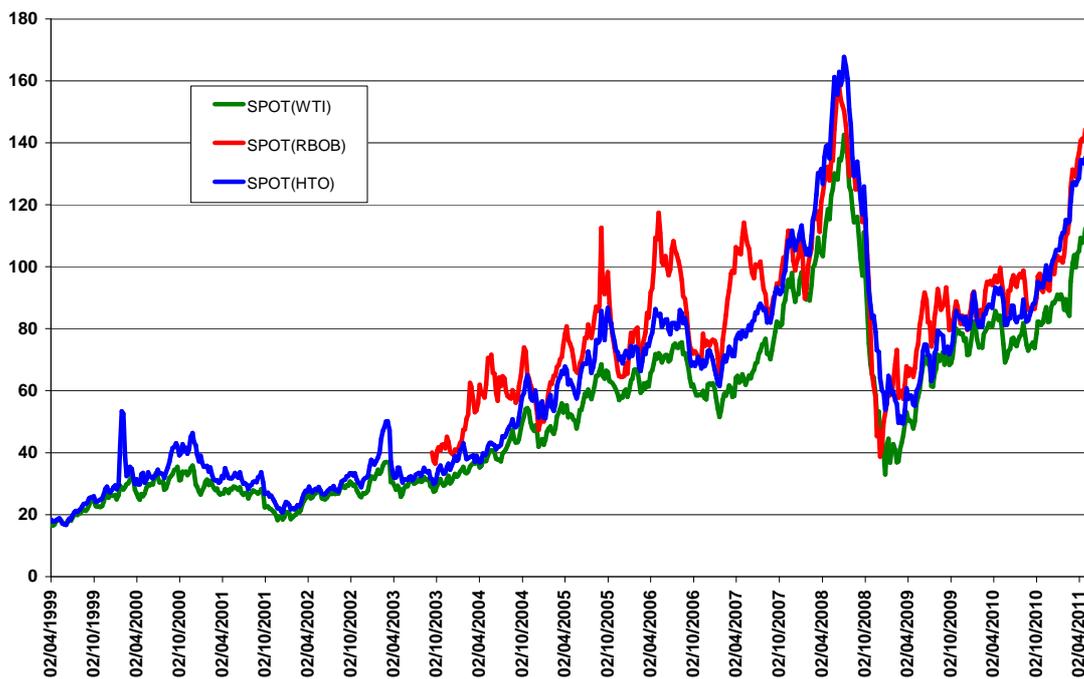
L'étude des interactions entre les prix du pétrole brut WTI et les prix des produits pétroliers porte plus spécifiquement sur les séries mensuelles spot et futures au terme de deux mois pour le pétrole brut, ainsi que pour les deux produits pétroliers : l'essence et le gazole. Les prix spot et futurs des produits concernent ainsi :

- New York Harbor RBOB gasoline
- New-York Harbor n°2 Heating Oil

Les séries de prix de l'essence reformulée sont disponibles depuis septembre 2003 pour le marché spot et depuis mars 2006 pour le marché à terme. Nos analyses statistiques et économétriques portent sur les périodes correspondantes.

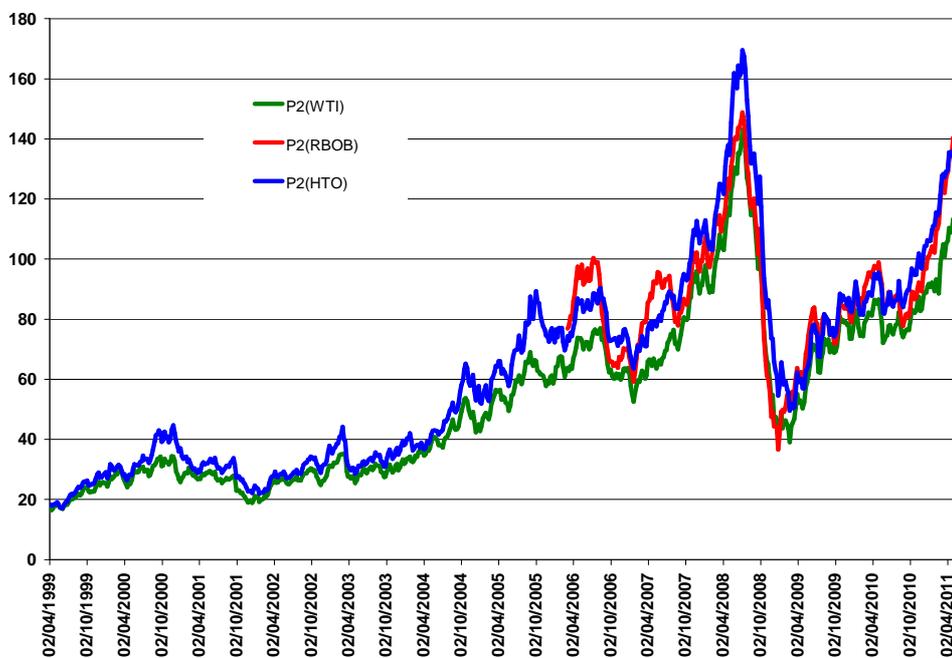
Les graphiques 13 et 14 qui présentent l'évolution des prix sur, respectivement, les marchés spot et futurs, permettent d'apprécier les tendances communes sur chacun des marchés avec une période de quasi-stabilité jusqu'à la fin de l'année 2003. Par la suite, on observe une phase de hausse des prix entre 2003 et 2008, associée à une plus grande volatilité. Comme nous l'avons observé sur le marché du WTI dans notre premier chapitre, l'été 2008 marque une rupture importante pour les prix des produits pétroliers, avec un effondrement de près de % pour le prix de l'essence et de % pour le prix du gazole. L'année 2009 marque le début de la reprise de la hausse des cours dans un marché toujours volatil.

Graphique 13 : Prix spot de l'essence, du gazole et du WTI (en \$ par baril)



Source : EIA

Graphique 14 : Prix à terme (2 mois) de l'essence, du gazole et du WTI (en \$ par baril)



Source : Nymex

L'analyse des statistiques descriptives met en avant l'asymétrie des distributions que l'on observe à la fois dans les statistiques *skewness* positives et également au travers des écarts positifs entre la moyenne et la médiane de chacun des prix (Tableau 11). Ainsi les distributions ont des queues épaisses à droite indiquant qu'il y a quelques valeurs très élevées au-dessus de la moyenne (pic de prix). Par ailleurs, la comparaison des coefficients de variation montre que le marché spot de l'essence qui correspond à la demande réelle la plus importante sur le marché nord-américain est celui dont le prix est le moins volatil.

Tableau 11 : Statistiques descriptives des prix sur le marché nord-américain (en \$ par baril)

| | Spot | | | Future (2 mois) | | |
|--------------------------|--------|---------|--------|-----------------|---------|--------|
| | Gazole | Essence | WTI | Gazole | Essence | WTI |
| Moyenne | 91,14 | 95,76 | 78,02 | 92,58 | 89,54 | 79,03 |
| Médiane | 84,13 | 94,42 | 74,76 | 86,27 | 87,11 | 75,31 |
| Max | 167,66 | 157,96 | 142,52 | 169,51 | 148,81 | 143,04 |
| min | 49,43 | 38,77 | 32,98 | 49,56 | 36,58 | 39,04 |
| Ecart-type | 25,15 | 22,06 | 20,92 | 24,66 | 22,07 | 20,25 |
| Coefficient de variation | 0,276 | 0,230 | 0,268 | 0,266 | 0,247 | 0,256 |
| Skewness | 1,0 | 0,4 | 0,7 | 1,0 | 0,4 | 0,8 |
| Kurtosis | 3,5 | 3,3 | 3,6 | 3,7 | 3,2 | 3,7 |

Période : mars 2006 - juin 2011

3.2 Analyse économétrique des relations entre les prix spot

Dans l'analyse économétrique que nous présentons nous cherchons à estimer, si elles existent, les relations d'équilibre de long terme entre le prix du WTI et les prix des produits pétroliers essence et diesel notés respectivement, RBOB et HTO.

La démarche que nous utilisons repose classiquement sur les tests de racine unité, les tests de cointégration qui peuvent être appliqués si les séries sont toutes intégrées du même ordre et l'estimation des équilibres de long terme et de court terme (modèle vectoriel à correction d'erreur). Les tests sont effectués sur les séries en logarithme sur la période 2003-2011.

A partir des tests de Dickey-Fuller augmentés (ADF), nous concluons que les séries sont intégrées d'ordre 1 I(1), (Tableau 12).

$$\Delta(P_{S,RBOB})_t = \underset{(0,060)}{0,161} \Delta(P_{S,RBOB})_{t-2} + \underset{(0,063)}{0,195} \Delta(P_{S,WTI})_{t-1} - \underset{(0,029)}{0,069} \hat{\varepsilon}_{RBOB,t-1} - \underset{(0,052)}{0,230} D211108 + \hat{u}_t$$

$$R^2 = 0,127$$

$$DW = 1,76$$

$$Q_{Ljung-Box}(1) = 0,05$$

$$n = 274$$

$$\Delta(P_{S,HTO})_t = \underset{(0,058)}{0,190} \Delta(P_{S,HTO})_{t-1} - \underset{(0,034)}{0,093} \hat{\varepsilon}_{HTO,t-1} + \hat{u}_t$$

$$R^2 = 0,06$$

$$DW = 1,95$$

$$Q_{Ljung-Box}(1) = 0,73$$

$$n = 274$$

() : *Ecart - type*

Nous notons que les forces de rappel sont relativement faibles, soulignant ainsi que les prix peuvent connaître d'importantes fluctuations autour de leur équilibre.

3.3 Analyse économétrique des relations entre les prix futures

Comme pour l'analyse menée précédemment sur les prix spot, nous cherchons à estimer, si elles existent, les relations d'équilibre de long terme entre le prix *future* du WTI et les prix des produits pétroliers essence et diesel en appliquant la même démarche économétrique. Les tests sont menés sur la période 2006-2011.

A partir des tests de Dickey-Fuller augmentés (ADF), nous concluons que les séries sont intégrées d'ordre 1 I(1), (Tableau 14).

Tableau 14 : Tests de racine unité sur les prix futures

| | WTI | Essence (RBOB) | Gazole (HTO) |
|--|-----------|----------------|--------------|
| ADF (série en niveau) | -1,56 | -1,62 | -1,45 |
| nb de retards (a) | 1 | 1 | 1 |
| ADF (série en différentielle première) | -13,99*** | -13,17*** | -13,29*** |
| nb de retards (a) | 0 | 0 | 0 |

* : significatif au seuil de 10%, ** significatif au seuil de 5%, *** significatif au seuil de 1%
(a) : le nombre de retards est déterminé par la méthode de Newey-West

Tableau 17 : Tests de causalité à la Granger sur le marché *future*

| Hypothèse nulle | F-Statistic | Probabilité | |
|---|-------------|-------------|-----|
| log(P _{2,ROB}) ne cause pas log(P _{2,HTO}) au sens de Granger | 6,27954 | 0,00216 | *** |
| log(P _{2,HTO}) ne cause pas log(P _{2,ROB}) au sens de Granger | 2,5846 | 0,07731 | |
| log(P _{2,WTI}) ne cause pas log(P _{2,HTO}) au sens de Granger | 9,93081 | 0,000069 | *** |
| log(P _{2,HTO}) ne cause pas log(P _{2,WTI}) au sens de Granger | 2,98358 | 0,05228 | |
| log(P _{2,WTI}) ne cause pas log(P _{2,ROB}) au sens de Granger | 4,92175 | 0,00796 | *** |
| log(P _{2,WTI}) ne cause pas log(P _{2,WTI}) au sens de Granger | 6,38481 | 0,00196 | *** |

Finalement, nous testons la causalité entre les prix spot et *futures* pour chacun des produits ainsi que pour le WTI (Tableau 18). Il apparaît ainsi que le prix *future* de l'essence "cause" au sens de Granger le prix spot alors que la causalité va du prix spot vers le prix *future* pour le WTI.

Tableau 18 : Tests de causalité à la Granger entre les prix spot et *futures*

| Hypothèse nulle | F-Statistic | Probabilité | |
|--|-------------|-------------|-----|
| log(P _{2_gasoline}) ne cause pas log(Pspot_gasoline) | 4,78034 | 0,0091 | *** |
| log(Pspot_gasoline) ne cause pas log(P _{2_gasoline}) | 0,25883 | 0,7721 | |
| log(P _{2_HTO}) ne cause pas log(Pspot_HTO) | 2,43833 | 0,0892 | * |
| log(Pspot_HTO) ne cause pas log(P _{2_HTO}) | 2,98358 | 0,05228 | * |
| log(P _{2_WTI}) ne cause pas log(Pspot_WTI) | 2,94093 | 0,0545 | * |
| log(Pspot_WTI) ne cause pas log(P _{2_WTI}) | 3,46052 | 0,0328 | ** |

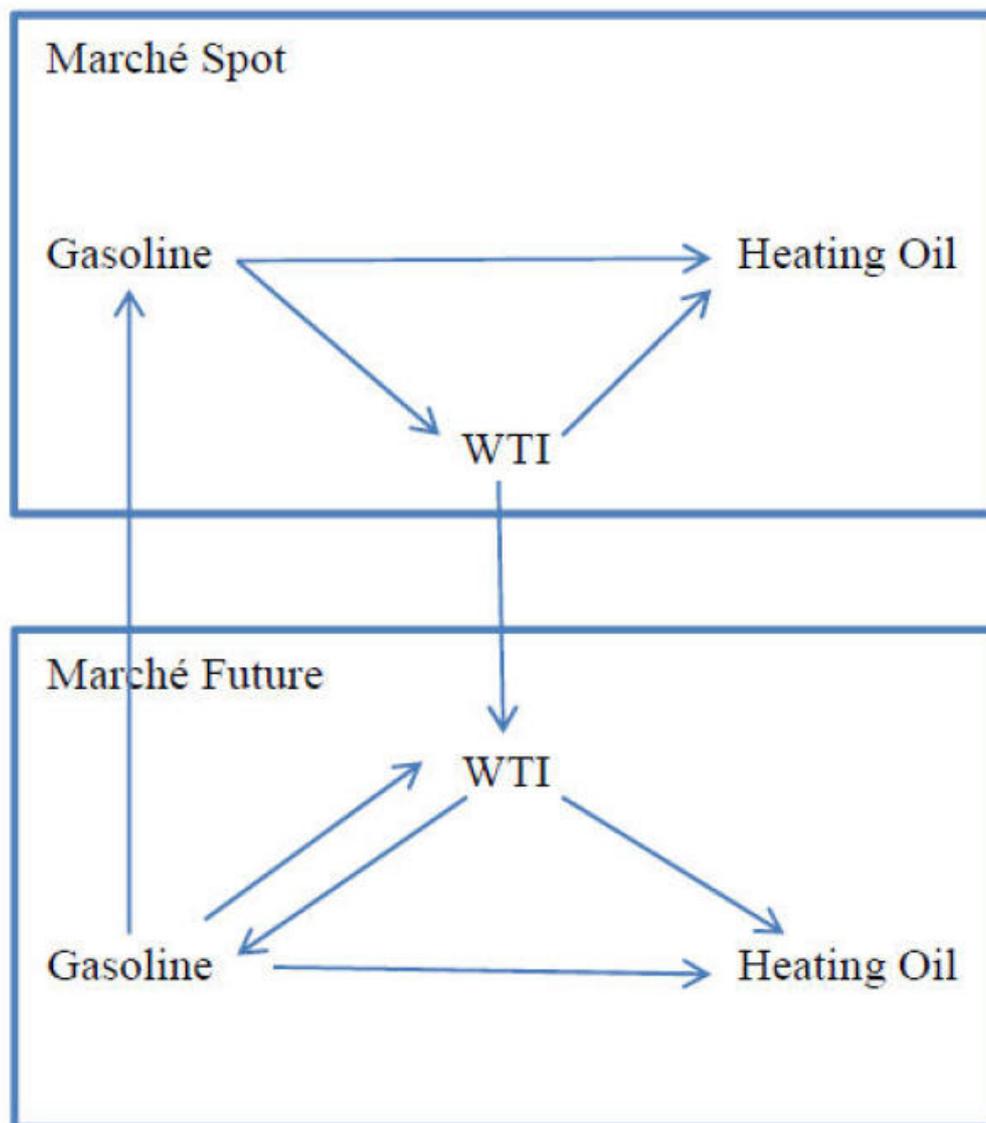
Les sens de causalité soulignent les déterminants de ces marchés :

- l'importance du prix de l'essence sur le marché spot que l'on peut expliquer par le poids du marché réel de ce produit
- l'influence des anticipations sur le marché *future* au travers du prix de l'essence qui "cause" le prix le prix spot de ce produit
- l'influence du marché physique du pétrole au travers du prix spot du WTI qui "cause" le prix *future*

Quand nous rapprochons ces analyses en terme de causalité avec les résultats des modèles à correction d'erreur, nous pouvons conclure que les prix restent gouvernés par des

fondamentaux que retranscrivent les relations d'équilibre de long terme. Toutefois, l'amplitude des mouvements de court terme peuvent s'expliquer par l'absence de réalisation des anticipations sur les valeurs futures des prix et les phénomènes d'ajustements qui vont en découler.

Graphique 15 : Sens des causalités entre le marché spot et les marchés futures



Source : calcul des auteurs

Nous avons également testé la concomitance des variations des stocks et des prix spot pour les trois marchés du WTI, de l'essence et du gazole. Le traitement statistique a été effectué à partir des données hebdomadaires en commençant en 1999 pour le WTI et le gazole et en 2004 pour l'essence reformulée (RBOB). Nous avons ainsi mesuré pour chaque semaine, si les variations des stocks allaient dans le même sens que celles des prix. Il apparaît ainsi que les probabilités d'une concomitance des sens de variation est proche de 50% pour l'ensemble des commodités ce qui signifie qu'il n'y a qu'une chance sur deux pour qu'on observe une relation inverse entre mouvement de prix et variation de stock (Tableau 19).

Tableau 19 : Probabilité d'un même sens de variation des stocks et des prix

| | Pétrole | Essence | Gazole |
|-------------------------------|---------|---------|--------|
| Période avril 1999- juin 2011 | 48,98% | | 46,93% |
| Période mai 2004- juin 2011 | 49,32% | 48,24% | 44,99% |

L'analyse économétrique des équilibres de long terme et des dynamiques de court terme entre les prix du pétrole et des marchés pétroliers permet de faire ressortir plusieurs conclusions :

- Il n'est pas possible de rejeter l'hypothèse d'un équilibre de long terme entre les différents prix et donc les différents marchés étudiés. Les coefficients estimés, proches de l'unité pour le modèle d'équilibre de long terme entre le prix de l'essence et celui du WTI, traduisent des co-mouvements de même ampleur entre ceux-ci.
- Les tests de causalité à la Granger soulignent l'importance des anticipations à la fois sur la demande (au travers du prix de l'essence) et sur l'offre de pétrole brut (au travers du prix du WTI), le prix à terme de l'essence ayant une influence sur le prix spot du produit mais le prix spot du WTI ayant une influence sur le prix à terme du brut.
- Si les équilibres de long terme que nous avons établi soulignent le caractère rationnel du fonctionnement des marchés, la dynamique de court terme laisse apparaître des mouvements assez amples autour de ces équilibres. L'examen des sens de variations des stocks et des prix ne permet pas de conclure que les mouvements de prix correspondent aux sens des variations de stock. Dès lors, il faut considérer les jeux des acteurs comme facteur explicatif des mouvements de prix à court terme.

Conclusion :

Dans cette étude, nous avons analysé la dynamique des prix du WTI et des produits pétroliers aux Etats-Unis sur la période 1999-2011 en cherchant à vérifier la présence de spéculation excessive sur les marchés. En utilisant les données fournies par la CFTC, et malgré toutes les réserves que nous pouvons avoir sur la qualité de ces informations, notre étude nous a permis de vérifier l'hypothèse de déstabilisation des marchés en raison des volumes de transactions des acteurs non-commerciaux.

Les tests de cointégration effectués dans le chapitre 2 ne nous permettent pas de rejeter l'hypothèse d'un équilibre de long terme entre les prix spots et les prix observés sur les marchés futures comme celui du NYMEX. Toutefois, en estimant un modèle de chaîne de Markov à changement de régime, nous mettons en évidence deux états particuliers du marché pétrolier dans la dynamique de court terme : un état dit "standard" et un état dit "de crise". L'état "standard" du marché s'observe sur la plus grande partie de notre période d'étude. Il est caractérisé par une faible volatilité des prix du pétrole. L'état "de crise" représente moins de 15 % de notre échantillon et correspond à des événements géopolitiques, économiques ou climatiques datés (événements du 11 septembre 2001, conflit en Irak en 2003, conflit en Lybie en 2011, été 2008...). Il est, en outre, caractérisé par une forte volatilité des prix des contrats à terme pour l'échéance 2 mois.

Notre étude révèle que les probabilités de passer d'un régime à l'autre restent faibles. Par la suite, nous avons estimé la probabilité de basculer dans le régime de tensions suivant un ensemble de variables définies à partir des volumes de transaction sur les marchés financiers. Nous ne pouvons rejeter l'hypothèse que les variations des positions des acteurs non-commerciaux sur les marchés financiers du pétrole puissent affecter la probabilité d'être dans le régime de "tensions". Les comportements des acteurs non-commerciaux peuvent ainsi jouer un rôle déstabilisant sur les marchés du pétrole.

La concomitance d'une hausse marquée des volumes de transactions et leur concentration sur les maturités de contrat les plus courtes (entre 2 et 4 mois) depuis 2004 nous amène à penser que le comportement des acteurs non-commerciaux est un facteur important dans l'exacerbation de la volatilité des marchés pendant les périodes d'instabilité. Ils peuvent ainsi provoquer la formation de bulles sur les marchés.

Notre étude sur les relations entre le prix du pétrole brut et le prix des produits pétroliers complète cette analyse. En effet, l'analyse économétrique ne permet pas de rejeter l'hypothèse d'un équilibre de long terme entre tous les marchés étudiés (pétrole brut, essence et gazole), ce qui permet de conclure sur leur rationalité respective à long terme. Toutefois, comme nous l'avons observé dans le cas du WTI, la dynamique des prix à court terme est plus volatile, avec notamment des mouvements assez amples autour de ces équilibres. Le jeu des acteurs sur les marchés semble ainsi apparaître comme un facteur explicatif de cette volatilité.

Dans cette optique, les débats actuels sur la régulation des marchés prennent tout leur sens. En effet, depuis 2008 et l'envolée des prix du pétrole, la question de la volatilité des prix et du rôle de la spéculation dans l'exacerbation de cette dernière a été placée sur le devant de la scène politique nationale et internationale. Toutefois, on peut s'interroger sur le risque de limiter et d'enfermer le débat sur la régulation sur la seule thématique de spéculation. Le

champ de réformes semble beaucoup plus large que ce seul débat. Tout d'abord, il faut s'interroger sur l'espace à réguler. En effet, une stratégie nationale de régulation n'a pas de sens sur un marché tel que celui du pétrole. Un exemple assez intéressant se trouve notamment dans les limites de positions imposées aux traders sur les différents marchés. Le NYMEX et l'ICE représentent un cas d'école avec, dans le premier cas, des limites imposées par la CFTC sur les contrats et dans le cas de l'ICE, une absence totale de limites.

Le rôle des nouvelles technologies doit également être étudié : la transformation des Bourses de commerce en Bourses électroniques (2003 pour l'ICE et 2006 pour le NYMEX) coïncide avec l'explosion des volumes de transactions observée sur les marchés. En outre, le débat sur le trading à haute fréquence (*High Frequency Trading*) a pris une dimension fondamentale pour la compréhension de la formation et de la volatilité des prix puisque près de 70 % des transactions observées aujourd'hui sur ces marchés seraient réalisées *via* ces nouveaux procédés.

Enfin, les questions relatives à la transparence des informations doivent être abordées dans ce débat sur la régulation. Dès le mois de novembre 2005, suite à l'appel de différentes organisations internationales⁷ en 2000, l'initiative JODI (*Joint Organisations Data Initiative*) a été lancée pour permettre une meilleure transparence et un partage des informations entre les pays producteurs et les pays consommateurs de pétrole. Même si elle ne résout pas le manque d'informations sur les flux "instantanés" de volumes physiques produits, échangés ou consommés, cette initiative va dans le sens d'une amélioration de la qualité des informations. Toutefois, étant donnée la structure des marchés pétroliers, une articulation entre des marchés physiques et financiers, il est également nécessaire de s'intéresser aux transactions dites de "gré à gré" ou "OTC". En effet, les marchés pétroliers (physiques et marchés dérivés) sont caractérisés, pour une large part, par les transactions dites "de gré à gré" et une pure transparence des informations n'est pas sans poser de problèmes, notamment pour les stratégies marchandes. La transparence totale des informations reviendrait à divulguer les stratégies commerciales des compagnies.

En parallèle, il convient de s'interroger sur la régulation des agences de reporting, les *Price Reporting agencies* (PRAs), telles que Platts⁸ et Argus, sur les marchés pétroliers. Le reporting des prix des transactions physiques est une information essentielle dans la formation et les anticipations des acteurs, que ce soit sur les marchés physiques ou sur les marchés financiers. Or, les PRAs n'utilisent pas de méthodologies communes pour l'estimation des prix, ce qui peut entraîner des différences de prix pour les mêmes Benchmarks (Brent, WTI, Oman-Dubai) sur une même période, avec des conséquences importantes pour les revenus d'exportation des pays producteurs et pour les arbitrages réalisés entre les différents marchés financiers. Darbouche et Sen (2011⁹) insistent sur les questions liées à la neutralité de ces PRAs en s'interrogeant sur leur rôle en tant que "miroir des marchés" ou en tant que "faisceaux de marchés". Ainsi, la problématique régulation externe des agences *versus* auto-régulation doit être posée. Ce débat inclut les questions relatives à la liquidité des marchés physiques,

⁷ APEC (Asia-Pacific Economic Cooperation), Eurostat, IEA, OLADE (Latin America Energy Organization), OPEP and UNSD (United Nations Statistics Division)

⁸ A l'heure actuelle, près de 80 % des facturations physiques de contrats pétroliers font référence de manière explicite au Platt's.

⁹ Darbouche, H. ; Sen, A. *Regulation of Oil Markets : Current Reform and Implications*, Oxford, 28 janvier 2011.

par opposition à celle des marchés financiers, et le degré de représentativité des prix estimés par les PRAs. Depuis les années 1980, les marchés financiers ont pris une importance grandissante renforçant les interactions entre les prix physiques et les prix des contrats à terme pour les différents acteurs.

Pour avoir une vue complète sur ces questions, il serait nécessaire de compléter cette étude. La même méthodologie pourrait être reproduite pour analyser d'autres marchés de matières premières (métaux non ferreux, matières premières alimentaires...), sujets eux aussi à une très forte volatilité depuis 2006. Robles et al. (2009) écrivait ainsi dans un article dédié aux marchés des céréales : "*Changes in supply and demand fundamentals cannot fully explain the recent drastic increase in food prices. Rising expectations, speculation, hoarding and hysteria also played a role in the increasing level and volatility of food prices*". Ainsi, une étude sur un ensemble de marchés de matières premières pourrait nous permettre de comprendre s'il existe une réelle spécificité associée au trading de matières premières énergétiques (pétrole et produits pétroliers). Elle nous permettrait de tester la similitude des comportements des acteurs non commerciaux sur les différents marchés. Elle permettrait de comprendre également le rôle des investisseurs indiciels sur les prix et sur leur possible déconnection avec les fondamentaux du marché.

Références :

- Black, F., 1971, Towards a Fully Automated Exchange, Part 1, *Financial Analysts Journal*, 27, 29-34.
- Chevalier, J-M., 2010. Rapport du groupe de travail sur la volatilité des prix du pétrole, Ministère de l'Économie de l'Industrie et de l'Emploi.
- Chevallier, J., 2010. Etudes économétriques récentes réalisées à partir des données de la CFTC, Université Paris Dauphine.
- Christiansen, C., 2002. Regime switching in the yield curve, Centre of Analytical Finance, Finance Working Paper n° 02-13, 31p.
- Chevillon, G., Riffart, C., 2009. Physical market determinants of the price of crude oil and the market premium. *Energy Economics* 31, 537-549.
- Cifarelli, G, Paladino, G., 2010, Oil price dynamics and speculation. a multivariate financial approach. *Energy Economics* 32, 363-372.
- Coleman, N., Levin, C., 2006. The role of market speculation in rising oil and gas prices: A need to put the cop back on the beat, Committee on Homeland Security and Governmental Affairs. Permanent Sub-committee on investigations, Washington, DC.
- Daigler, R. T., Wiley, M.K., 1999. The Impact of Trader Type on the Futures Volatility-Volume Relation, *The Journal of Finance* LIV, 6.
- Davidson, J., 1998. Structural relations, cointégration and identification : some simple results and their application, *Journal of econometrics* 87, 87-113.
- Davidson, J., 2004. Forecasting Markov switching dynamic, conditionally heteroscedastic processes, Cardiff University.
- Duffie, D., Gray, S., 1995. Volatility in energy prices, in Robert Jameson, ed: *Managing Energy Price Risk* (Risk Publication, London).
- Fama, E.F., French, K.R., 1987. Commodity futures prices: some evidence on forecast power, premiums and the theory of storage, *Journal of Business* 60, 55-73.
- Fattouh, B., 2009. Basis Variation and the Role of Inventories: Evidence from the Crude Oil Market, *Oxford Energy Studies*, WPM n° 38.
- Fattouh, B., 2010. Oil Market Dynamics through the Lens of the 2002-2009 Price Cycle, *Oxford Energy Studies*, WPM n° 39.
- Fan, Y., Xu, J.-H., 2011. What has driven oil prices since 2000? A structural change perspective. *Energy Economics* 33, 1082-1094.
- Gregory, A.W., Hansen, B.E., 1996a. Residual-based tests for cointegration in models with regime shifts, *Journal of Econometrics* 70, 99-126.
- Gregory, A.W., Hansen, B.E., 1996b. Tests for cointegration in models with regime and trend shifts, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 58, n° 3, 555-559.
- Hamilton, J.D., 1988. Rational-Expectations Econometric Analysis of changes in regime: an investigation of the term structure of interest rates, *Journal of Economics Dynamics and Control* 12, 385-423.

- Hamilton, J.D., 2009. Understanding crude oil prices. *Energy Journal* 30 (2), 179–206.
- Hansen, P. R., 2001. Structural Changes in the Cointegrated Vector Autoregressive Model, Working Paper n° 00-20, Brown University.
- Henriques, I; Sadorsky, P., 2011. The effect of oil price volatility on strategic investment. *Energy Economics* 33, 79-87.
- Hess, M., 2002. What Drives Markov Regime Switching Behavior of Stock Markets? The Switch Case, ITAM, Mexico.
- Kaufman, R.K., Ullman, B., 2009. Oil prices, speculation, and fundamentals, interpreting causal relations among spot and future prices. *Energy Economics* 31, 550-558.
- Kaufmann, R.K., 2011. The role of market fundamentals and speculation in recent price changes for crude oil. *Energy Policy* 39, 105-115.
- Kesicki, F, 2010. The Third oil price surge–What's different this time?, *Energy Policy* 38, 1596-1606.
- Krapels, E.N., 1995. Speculators pull the price strings. *Energy risk*, November.
- Krapels, E.N., 1996. Hunters or Hunted? *Managed Derivatives*, Mays.
- Krapels, E.N., 1997. Why energy futures markets merit support amid latest controversy. *Oil & Gas Journal*, February 10.
- Krolzig, H.-M., Marcellino, M., Mizon., 2000. G.E., A Markov-switching vector equilibrium Correction model of the UK Labour Market, Working Paper N°185, Bocconi University.
- Krolzig, H.-M., 2000. Predicting Markov switching Vector Autoregressive Processes.
- Krugman, P., 2008. The Oil Nonbubble, *New York Times*.
- Lautier, D., 2005a. Term structure models of commodity prices: a review. *Journal of Alternative Investments* 8, 42–64.
- Lescaroux, F., 2010. The petroleum market: The ongoing oil price "shock" and the next "counter-shock"; *International Economics* 121, 99-130.
- Masters, M.W., 2008. Testimony before the Committee on Homeland Security and Governmental Affairs. United States Senate. May 20.
- Masters, M.W., White, A.K. 2008(a). The accidental hunt brothers - Act 2: Index speculators have been a major cause of the recent drop in oil prices. Special Report September 10.
- Masters, M.W., White, A.K. 2008(b). The accidental hunt brothers: How institutional investors are driving up food and energy prices. Special Report July 31.
- Medlock, K B., Jaffe, A.M., 2009. Who is in the Oil Futures Markets and How Has it Changed?, James A. Baker III, Institute for Public Policy, Rice University.
- Mignon, V., 2009. Les liens entre les fluctuations du prix du pétrole et du taux de change du dollar, *Revue d'Économie Financière* 94, 187-195.
- Perron, P., Vogelsang, J., 1992a. Non stationarity and level shifts with an application to purchasing power parity, *Journal of Business and Economic Statistics* 10, 301-320.
- Perron, P., Vogelsang, J., 1992b. Testing for a unit root in a time series with a changing mean: corrections and extensions, *Journal of Business and Economic Statistics* 10, 467-470.

- Perron, P., 1997. Further evidence on breaking trend functions in macroeconomic variables, *Journal of Econometrics* 80, 355-385.
- Pierru, A., Babusiaux, D., 2010. Speculation without Oil Stockpiling as a Signature: A Dynamic perspective, MIT-CEEPR.
- Regnier, E., 2007. Oil and Energy Price Volatility. *Energy Economics* 29, 405-427.
- Robles, M., Torero, M., Von Braun, J., 2009. When speculation matters. IFPRI Issue Brief 57.
- Routledge, B.R., Seppi, D.J. Ans Spatt, C. S., 2000. Equilibrium Forward Curves for Commodities, *The Journal of Finance* LV, n° 3.
- Simon, Y., 1984, Les Marchés à terme de produits pétroliers, *L'actualité économique*, vol 60, n° 3, pp.375-406.
- Smith, J.L., 2009. World Oil: Market or Mayhem?, *Journal Of Economic Perspectives*, American Economic Association 23 (3), 145-64.
- Tokic, D., 2012. Speculation and the 2008 oil bubble: The DCOT Report analysis. *Energy Policy* 45, 541-550.
- Verleger, P.K., 1995. Hot Money. *Argus Energy Trader*, February, 10.
- Weiner, R.J., 2005. Speculation in international crises: report from the Gulf. *Journal of International Business Studies* 36 (5), 576-587.
- Weiner, R.J., 2006(a). Do Crises Tear the Fabric of Oil Trade?, *Discussion Papers dp-06-16*, Resources For the Future.
- Weiner, R.J., 2006(b). Do Birds of a Feather Flock Together? Speculator Herding in the World Oil Market, *Discussion Papers dp-06-31*, Resources For the Future.
- Zivot, E., Andrews, D., 1992. Further evidence on the great crash, the oil price shock and the unit root test hypothesis, *Journal of Business and Economic Statistics* 10, 251-270.

Annexes 1 : Prix et spécifications des produits pétroliers

Les produits pétroliers ont des spécifications de performances et environnementales qui évoluent au cours du temps. Pour les essences, les principales caractéristiques concernent la densité, le point d'éclair, l'indice d'octane, la distillation, la teneur en soufre, la teneur en composés oxygénés, la teneur en oléfine et la teneur en benzène. Pour le gazole, il s'agit principalement de la densité, de la viscosité, du point d'éclair, du point de trouble, de l'indice de cétane, de la teneur en soufre, de la teneur en poly-aromatiques et de la teneur en ester méthylique d'acide gras.

Dans le cadre des politiques environnementales, les spécifications de l'ensemble des produits pétroliers (carburants automobiles et également les autres distillats moyens) ont été marquées au cours de la dernière décennie par une très forte réduction de la teneur en soufre (Tableaux 1 et 2 ci-dessous) ainsi que de la teneur en aromatique des essences et en poly-aromatique du diesel.

Tableau 1 – Évolution des spécifications soufre des carburants automobiles en Europe

| | 1996 | 2000 | 2005 | 2009 |
|---------|---------|---------|--------|--------|
| Essence | 500 ppm | 150 ppm | 50 ppm | 10 ppm |
| Gazole | 500 ppm | 350 ppm | 50 ppm | 10 ppm |

Source : cpdp

note : 500 ppm représente 500 mg/kg soit 0,05 %

Tableau 2 – Évolution des spécifications soufre des carburants automobiles aux USA

| | 1995 | 2000 | 2006 | 2010 |
|---------|---------|---------|------------|--------|
| Essence | 320 ppm | 150 ppm | 30/80 ppm | 10 ppm |
| Gazole | 500 ppm | 500 ppm | 15/500 ppm | 15 ppm |

Source : eia, ifqc

Note : les valeurs indiquées dans le tableau sont des valeurs "fédérales".

Ceci a eu pour conséquence un renchérissement des coûts de raffinage et la mise en place de nouvelles cotations de produits pétroliers. Dès lors, il est difficile d'effectuer des analyses statistiques sur les prix des produits pétroliers sur très longue période. Les chroniques de prix des produits sont disponibles sur plus longue période aux États-Unis d'Amérique qu'en Europe en raison du mode de mise en œuvre des nouvelles spécifications. Aux États-Unis, il existe une plus longue période de recouvrement entre les anciennes et les nouvelles normes, ce qui entraîne une plus longue période de cotation des produits considérés.

A titre d'exemple, nous avons calculé les statistiques de plusieurs cotations du gazole en Europe sur une période où coexistent plusieurs prix de produits entre 10 ppm et 2 000 ppm (Tableau 3). La hiérarchie entre les moyennes des prix correspond à l'ordre inverse entre les taux de soufre dans les produits. On observe cependant que la variabilité relative (mesurée au travers des coefficients de variation) n'est pas la même suivant les prix. Les analyses sur la volatilité qui sont menées sont ainsi influencées par le choix des séries de référence et les changements de volatilité observés dans le temps peuvent trouver leur origine dans la mise en applications de nouvelles spécifications.

Tableau 3 – Statistiques de cotation du gazole en Europe

| | Diesel 10 ppm FOB Rot. Barge | Diesel 10 ppm FOB NWE | Gasoil 1000 ppm FOB Med | Gasoil 1000 ppm FOB Barge Rot | Gasoil 2000 ppm FOB Med |
|----------------|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Moyenne | 549,38 | 544,36 | 528,82 | 528,59 | 512,48 |
| Écart-type | 94,23 | 93,09 | 94,27 | 95,38 | 95,41 |
| Coeff. de var. | 0,17 | 0,17 | 0,18 | 0,18 | 0,19 |

Source : Platts

Unité : \$/t, période : oct.2008 – fév. 2012

Annexes 2 : Spécifications du contrat Light Sweet Crude Oil (WTI) au NYMEX, du contrat Heating Oil Futures et du contrat RBOB Gasoline Futures

Light Sweet Crude Oil Futures

| | | |
|---|---|--|
| Product Symbol | CL | |
| Venue | CME Globex, CME ClearPort, Open Outcry (New York) | |
| Hours (All Times are New York Time/ET) | CME Globex | Sunday - Friday 8:00 p.m. - 5:15 p.m. New York time/ET (5:00 p.m. - 4:15 p.m. Chicago Time/CT) with a 45-minute break each day beginning at 5:15 p.m. (4:15 p.m. CT) |
| | CME ClearPort | Sunday – Friday 8:00 p.m. – 5:15 p.m. (5:00 p.m. – 4:15 p.m. Chicago Time/CT) with a 45-minute break each day beginning at 5:15 p.m. (4:15 p.m. CT) |
| | Open Outcry | Monday – Friday 9:00 AM to 2:30 PM (8:00 AM to 1:30 PM CT) |
| Contract Unit | 1,000 barrels | |
| Price Quotation | U.S. Dollars and Cents per barrel | |
| Minimum Fluctuation | \$0.01per barrel | |
| Maximum Daily Price Fluctuation | Initial Price Fluctuation Limits for All Contract Months. At the commencement of each trading day, there shall be price fluctuation limits in effect for each contract month of this futures contract of \$10.00 per barrel above or below the previous day's settlement price for such contract month. If a market for any of the first three (3) contract months is bid or offered at the upper or lower price fluctuation limit, as applicable, on Globex it will be considered a Triggering Event which will halt trading for a five (5) minute period in all contract months of the CL futures contract, as well as all contract months in all products cited in the Associated Products Appendix of rule 200.06. Trading in any option related to this contract or in an option contract related to any products cited in the Associated Products Appendix which may be available for trading on either Globex or on the Trading Floor shall additionally be subject to a coordinated trading halt. | |
| Termination of Trading | Trading in the current delivery month shall cease on the third business day prior to the twenty-fifth calendar day of the month preceding the delivery month. If the twenty-fifth calendar day of the month is a non-business day, trading shall cease on the third business day prior to the last business day preceding the twenty-fifth calendar day. In the event that the official Exchange holiday schedule changes subsequent to the listing of a Crude Oil futures, the originally listed expiration date shall remain in effect. In the event that the originally listed expiration day is declared a holiday, expiration will move to the business day immediately prior. | |
| Listed Contracts | Crude oil futures are listed nine years forward using the following listing schedule: consecutive months are listed for the current year and the next five years; in addition, the June and December contract months are listed beyond the sixth year. Additional months will be added on an annual basis after the December contract expires, so that an additional June and December contract would be added nine years forward, and the consecutive months in the sixth calendar year will be filled in. Additionally, trading can be executed at an average differential to the previous day's settlement prices for periods of two to 30 consecutive months in a single transaction. These calendar strips are executed during open outcry trading hours. | |
| Settlement Type | Physical | |

| | |
|-----------------------------|---|
| Settlement Procedure | Daily NYMEX Energy Futures Settlement Procedure (PDF) Final NYMEX Energy Futures Settlement Procedure (PDF) |
| Trading at Settlement (TAS) | <p>Trading at settlement is available for spot (except on the last trading day), 2nd, 3rd and 7th months and subject to the existing TAS rules. Trading in all TAS products will cease daily at 2:30 PM Eastern Time. The TAS products will trade off of a "Base Price" of 0 to create a differential (plus or minus 10 ticks) versus settlement in the underlying product on a 1 to 1 basis. A trade done at the Base Price of 0 will correspond to a "traditional" TAS trade which will clear exactly at the final settlement price of the day.</p> |
| Trade at Marker (TAM) | <p>TAM trading is analogous to our existing Trading at Settlement (TAS) trading wherein parties will be permitted to trade at a differential that represents a not-yet-known price. TAM trading will use a marker price, whereas TAS trading uses the Exchange-determined settlement price for the applicable contract month. As with TAS trading, parties will be able to enter TAM orders at the TAM price or at a differential between one and ten ticks higher or lower than the TAM price. Trading at marker is available for spot month on the last trading day.</p> <p>Light Sweet Crude Oil (CL) spot, 2nd and 3rd months and nearby/second month, second/third month and nearby/third month calendar spreads</p> <p>No-Activity Periods: 4:30 p.m. London time - 5:50 p.m. Eastern time Monday - Thursday 4:30 p.m. London time Friday - 5:20 p.m. Eastern time Sunday</p> |
| Delivery | <p>(A) Delivery shall be made F.O.B. at any pipeline or storage facility in Cushing, Oklahoma with pipeline access to TEPPCO, Cushing storage or Equilon Pipeline Company LLC Cushing storage. Delivery shall be made in accordance with all applicable Federal executive orders and all applicable Federal, State and local laws and regulations. For the purposes of this Rule, the term F.O.B. shall mean a delivery in which the seller:</p> |

New York Harbor No. 2 Heating Oil Futures

| | | |
|---|--|---|
| Product Symbol | HO | |
| Venue | CME Globex, CME ClearPort, Open Outcry (New York) | |
| Hours (All Times are New York Time/ET) | CME ClearPort: | Sunday – Friday 6:00 p.m. – 5:15 p.m. (5:00 p.m. – 4:15 p.m. Chicago Time/CT) with a 45-minute break each day beginning at 5:15 p.m. (4:15 p.m. CT) |
| | CME Globex: | Sunday – Friday 6:00 p.m. – 5:15 p.m. (5:00 p.m. – 4:15 p.m. Chicago Time/CT) with a 45-minute break each day beginning at 5:15 p.m. (4:15 p.m. CT) |
| | Open Outcry: | Monday – Friday 9:00 AM to 2:30 PM (8:00 AM to 1:30 PM CT) |
| Contract Unit | 42,000 gallons | |
| Price Quotation | U.S. dollars and cents per gallon | |
| Minimum Fluctuation | \$0.0001 per gallon | |
| Maximum Daily Price Fluctuation | Initial Price Fluctuation Limits for All Contract Months. At the commencement of each trading day, there shall be price fluctuation limits in effect for each contract month of this futures contract of \$0.25 per gallon above or below the previous day's settlement price for such contract month. If a market for any of the first three (3) contract months is bid or offered at the upper or lower price fluctuation limit, as applicable, on CME Globex it will be considered a Triggering Event which will halt trading for a five (5) minute period in all contract months of the HO futures contract, as well as all contract months in all products cited in the Associated Products Appendix of rule 150.07. Trading in any option related to this contract or in an option contract related to any products cited in the Associated Products Appendix which may be available for trading on either CME Globex or on the Trading Floor shall additionally be subject to a coordinated trading halt. | |
| Termination of Trading | Trading in a current month shall cease on the last business day of the month preceding the delivery month. | |
| Trading at Settlement (TAS) | Trading at settlement is available for spot (except on the last trading day), 2nd, and 3rd months and subject to the existing TAS rules. Trading in all TAS products will cease daily at 2:30 PM Eastern Time. The TAS products will trade off of a "Base Price" of 0 to create a differential (plus or minus 10 ticks) versus settlement in the underlying product on a 1 to 1 basis. A trade done at the Base Price of 0 will correspond to a "traditional" TAS trade which will clear exactly at the final settlement price of the day. | |
| Trade at Marker (TAM) | <p>TAM trading is analogous to our existing Trading at Settlement (TAS) trading wherein parties will be permitted to trade at a differential that represents a not-yet-known price. TAM trading will use a marker price, whereas TAS trading uses the Exchange-determined settlement price for the applicable contract month. As with TAS trading, parties will be able to enter TAM orders at the TAM price or at a differential between one and ten ticks higher or lower than the TAM price. Trading at marker is available for spot month on the last trading day.</p> <p>New York Harbor No. 2 Heating Oil (HO) spot, 2nd and 3rd months and nearby/second month, second/third month and nearby/third month calendar spreads.</p> <p>No-Activity Periods: 4:30 p.m. London time – 5:50 p.m. Eastern time Monday – Thursday 4:30 p.m. London time Friday – 5:20 p.m. Eastern time Sunday</p> | |
| Listed Contracts | Current Year + 3 Years + 1 Month | |
| Settlement Type | Physical | |
| Settlement Procedure | Daily NYMEX Energy Futures Settlement Procedure (PDF) Final NYMEX Energy Futures Settlement Procedure (PDF) | |
| Delivery Period | Please see rulebook chapter 150 | |
| Position Limits | NYMEX Position Limits | |
| Rulebook Chapter | 150 | |
| Exchange Rule | These contracts are listed with, and subject to, the rules and regulations of NYMEX. | |

RBOB Gasoline Futures

| | | |
|---|--|---|
| Product Symbol | RB | |
| Venue | CME Globex, CME ClearPort, Open Outcry (New York) | |
| Hours (All Times are New York Time/ET) | CME Globex: | Sunday – Friday 8:00 p.m. – 5:15 p.m. (5:00 p.m. – 4:15 p.m. Chicago Time/CT) with a 45-minute break each day beginning at 5:15 p.m. (4:15 p.m. CT) |
| | CME ClearPort: | Sunday – Friday 8:00 p.m. – 5:15 p.m. (5:00 p.m. – 4:15 p.m. Chicago Time/CT) with a 45-minute break each day beginning at 5:15 p.m. (4:15 p.m. CT) |
| | Open Outcry: | Monday – Friday 9:00 AM to 2:30 PM (8:00 AM to 1:30 PM CT) |
| Contract Unit | 42,000 gallons | |
| Price Quotation | U.S. dollars and cents per gallon. | |
| Minimum Fluctuation | \$0.0001 per gallon | |
| Maximum Daily Price Fluctuation | Initial Price Fluctuation Limits for All Contract Months. At the commencement of each trading day, there shall be price fluctuation limits in effect for each contract month of this futures contract of \$0.25 per gallon above or below the previous day's settlement price for such contract month. If a market for any of the first three (3) contract months is bid or offered at the upper or lower price fluctuation limit, as applicable, on Globex it will be considered a Triggering Event which will halt trading for a five (5) minute period in all contract months of the RB futures contract, as well as all contract months in all products cited in the Associated Products Appendix of rule 191.07. Trading in any option related to this contract or in an option contract related to any products cited in the Associated Products Appendix which may be available for trading on either Globex or on the Trading Floor shall additionally be subject to a coordinated trading halt. | |
| Termination of Trading | Trading in a current delivery month shall cease on the last business day of the month preceding the delivery month. | |
| Trading at Settlement (TAS) | Trading at settlement is available for spot (except on the last trading day), 2nd, and 3rd months and subject to the existing TAS rules. Trading in all TAS products will cease daily at 2:30 PM Eastern Time. The TAS products will trade off of a "Base Price" of 0 to create a differential (plus or minus 10 ticks) versus settlement in the underlying product on a 1 to 1 basis. A trade done at the Base Price of 0 will correspond to a "traditional" TAS trade which will clear exactly at the final settlement price of the day. | |
| Trade at Marker (TAM) | <p>TAM trading is analogous to our existing Trading at Settlement (TAS) trading wherein parties will be permitted to trade at a differential that represents a not-yet-known price. TAM trading will use a marker price, whereas TAS trading uses the Exchange-determined settlement price for the applicable contract month. As with TAS trading, parties will be able to enter TAM orders at the TAM price or at a differential between one and ten ticks higher or lower than the TAM price. Trading at marker is available for spot month on the last trading day.</p> <p>RBOB Gasoline (RB) spot, 2nd and 3rd months and nearby/second month, second/third month and nearby/third month calendar spreads.</p> <p>No-Activity Periods: 4:30 p.m. London time – 5:50 p.m. Eastern time Monday – Thursday 4:30 p.m. London time Friday – 5:20 p.m. Eastern time Sunday</p> | |
| Listed Contracts | 36 consecutive months | |
| Settlement Type | Physical | |
| Settlement Procedure | Daily NYMEX Energy Futures Settlement Procedure (PDF) Final NYMEX Energy Futures Settlement Procedure (PDF) | |
| Delivery | Please see rulebook chapter 191 | |
| Delivery Period | | |
| Grade and Quality Specifications | | |
| Position Limits | NYMEX Position Limits | |
| Rulebook Chapter | 191 | |
| Exchange Rule | These contracts are listed with, and subject to, the rules and regulations of NYMEX. | |

