

UNE ANALYSE ECONOMETRIQUE DES INTERACTIONS ENTRE LE PRIX DU PETROLE ET DES PRODUITS PETROLIERS

Jean-Pierre INDJEHAGOPIAN¹, Frederic LANTZ², Joren ROMBOUITS³

¹ ESSEC, 1 av. Bernard Hirsch, 95021 Cergy-Pontoise, indjehagopian@essec.edu

² IFP-School, 228 av. Napoléon Bonaparte F-92852 Rueil-Malmaison cedex, Frederic.lantz@ifpen.fr

³ ESSEC, 1 av. Bernard Hirsch, 95021 Cergy-Pontoise, rombouts@essec.edu

Résumé. Nous étudions dans ce papier les relations entre le prix du pétrole brut et des produits pétroliers. L'analyse de la dynamique entre les prix spot et les prix futur du pétrole brut et des produits pétroliers est menée sur la dernière décennie à partir de données hebdomadaires. Cette période est marquée par une augmentation des volumes de transactions plus forte l'évolution de la demande réelle ainsi qu'une forte volatilité des marchés. La méthodologie économétrique repose sur les techniques de cointégration. Nous mettons en œuvre des tests de racine unité et de cointégration avec rupture. Après l'analyse économique des données, nous présentons et nous analysons les équilibres de long terme et la dynamique de court terme entre les séries de prix. Nous effectuons ensuite les tests de causalités entre les prix spot et futurs du pétrole et des produits pétroliers. Enfin, les principaux enseignements de l'analyse économétrique sont résumés dans la conclusion.

Mots-clés. Marchés pétroliers, cointégration, ruptures

Abstract. In this paper, we study the relationships between the crude oil prices and the oil product prices. The analysis of the dynamics between the spot and the future prices of both crude oil and oil products is done on weekly data over the last decade. This period is characterized by a strong increase of the financial transaction which is highest than the real demand and an increasing price volatility. The econometric methodology is based on cointegration techniques. We use unit root tests and cointegration tests with structural break. After the economic analysis, we present and we analyze the long term equilibriums and the short term dynamics between the prices. Then, we carry out causality tests between the spot and the futures prices. Finally, the main issues of this econometric analysis are summarized in the conclusion.

Keywords. Oil markets, cointegration, structural breaks

1 Introduction

Nous étudions dans ce papier les relations entre le prix du pétrole brut et des produits pétroliers. L'analyse de la dynamique entre les prix spot et les prix futur du pétrole brut et des produits pétroliers est menée sur la dernière décennie à partir de données hebdomadaires. Cette période est marquée par une augmentation des volumes de transactions plus forte l'évolution de la demande réelle ainsi qu'une forte volatilité des marchés. La méthodologie économétrique repose sur les techniques de cointégration. Nous mettons en œuvre des tests de racine unité et de cointégration avec rupture. Après l'analyse économique des données, nous présentons et nous analysons les équilibres de long terme et la dynamique de court terme entre les séries de prix. Ensuite, nous effectuons les tests de causalités entre les prix spot et futurs du pétrole et des produits pétroliers. Enfin, les principaux enseignements de l'analyse économétrique sont résumés dans la conclusion.

2 Méthodologie

Nous menons une analyse économétrique en terme de cointégration pour tester, dans un premier temps, s'il existe des relations d'équilibre entre les prix du pétrole et des produits pétroliers, et dans un second temps lorsqu'elles existent estimer l'équilibre de long terme et le modèle à correction d'erreur, en particulier pour les produits pétroliers dont les volumes distribués sont les plus importants. Classiquement, nous effectuons successivement les tests de racine unité (Dickey-Fuller, 1981), les tests de cointégration (Johansen, 1989), l'estimation des relations d'équilibre de long terme et l'estimation des modèles à correction d'erreur.

Les marchés pétroliers étant caractérisés par des changements, nous avons été conduits à effectuer des tests de racine unité et des tests de cointégration avec rupture. A cette fin, nous avons suivi les démarches et les tests de Perron et Vogelsang (1992), Perron (1993) et de Zivot et Andrews (1992) pour les tests de racine unité. Ceux-ci développent une procédure pour tester 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 survenant durant la période d'estimation. Ces auteurs proposent aussi de distinguer entre un effet instantané (noté AO pour "Additive Outlier") et un effet avec transition (noté IO pour "Innovational Outlier"). Le modèle IO peut être considéré avec rupture sur la constante IO(c) ou sur la constante et la variable de la régression de Dickey-Fuller IO(c,s). Ensuite, pour tester l'existence d'une relation de cointégration comportant une rupture, Gregory et Hansen (1996) appliquent une procédure similaire à celle de Zivot et Andrews. Ils développent des tests de cointégration basés sur l'étude des résidus du modèle de régression de long terme de Engle et Granger (1987). Ils incluent un changement de régime dans le modèle de régression dont la date n'est pas connue *a priori*, celle-ci est déterminée de façon endogène à partir des données. L'hypothèse nulle des tests de Gregory et Hansen est la non cointégration tandis que les différentes alternatives permettent plusieurs types de ruptures dans le modèle standard de cointégration de Engle et Granger. S'il n'y a pas de changement de régime, on retrouve alors le test classique de Engle et Granger. On pourra se reporter à Indjehagopian et al. (2000) pour une description détaillée de ces procédures de test. L'interaction entre le changement de structure et l'analyse de racine unité que nous venons de mentionner a donné lieu à de nombreuses publications. Les changements de structures à dates connues ou inconnues dans le contexte de l'analyse de co-intégration à partir de modèles vectoriels auto-régressifs (VAR) ont été notamment étudiés par *Quintos (1998) ou Saikkonen et Lütkepohl (2000)*. Le problème plus général de l'estimation de modèles linéaires avec changements structurels multiples a été étudié par *Bai et Perron (1998, 2003)*.

La modélisation des prix des produits pétroliers fait l'objet d'une abondante littérature. Sertletis (1994) propose une modélisation de la relation entre le prix du pétrole brut, l'essence et le fioul sur le marché nord américain où il met en évidence une équilibre en terme de cointégration entre le prix du pétrole et ceux des produits. Lanza et al. (2005) estiment également la relation entre prix du pétrole et ds produits pétroliers en s'intéressant à la dynamique de court terme entre les prix. Ils étudient les marchés européens et nord américains et s'intéressent au sens de la causalité entre prix des produits et prix du pétrole brut, en mettant en évidence un sens de causalité des prix des produits vers le prix du pétrole brut. Plus récemment Westgaard et al. (2011) s'intéressent aux relations entre les prix sur les marchés futurs suivant plusieurs maturités de contrat. Ils mettent en évidence la cointégration sur les échéances courtes mais pas pour les contrats de plus longue échéance.

3 Données et analyse économique

L'étude des interactions entre prix du pétrole brut WTI et des produits pétroliers porte plus spécifiquement sur les séries mensuelles spot et futures au terme de deux mois pour le pétrole brut,

et les deux produits, essence et gazole. Les prix spot et futurs des produits concernent ainsi les séries de prix pour l'essence « New York Harbor RBOB gasoline » et le gazole « 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 mars 2006 pour le marché à terme. Nous utilisons pour notre analyse des statistiques hebdomadaires allant jusqu'en juin 2011. Nos analyses statistiques et économétriques portent sur les périodes correspondantes, septembre 2003 à juin 2011 pour les marchés spot, mars 2006 à juin 2011. 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 jusque fin 2003, une phase de hausse associée à une plus grande volatilité jusqu'à l'été 2008 suivie d'une chute puis d'une reprise sur les deux dernières années d'étude.

L'analyse des statistique descriptive 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. 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 qui dont le prix est le moins volatil.

4 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. 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). Le test de cointégration de Johanson (tableau 1) qui est effectué ensuite nous conduit à ne pas rejeter l'hypothèse de deux relations d'équilibre de long terme.

Tableau 1 – Test de cointégration sur le marché spot

Hyp.	Valeur propre	Test de Trace			Test de la valeur propre max.		
		Statistique de Trace	Valeur seuil à 0.05	Prob	Statistique valeur propre max.	Valeur seuil à 0.05	Prob
r=0	0.070814	56.19721	35.19275	0.0001	29.30489	22.29962	0.0045
r ≤ 1	0.052102	26.89232	20.26184	0.0053	21.34968	15.89210	0.0062
r ≤ 2	0.013795	5.542641	9.164546	0.2291	5.542641	9.164546	0.2291

En normalisant par rapport au prix du WTI, nous obtenons les deux relations d'équilibre de long terme suivantes:

$$\ln(P_{S,RBOB}(t)) = 1.031 \ln(P_{S,WTI}(t)) - 3.701 + \varepsilon_{RBOBt}$$

(0,037) (0,158)

$$\ln(P_{S,HTO}(t)) = 0.783 \ln(P_{S,WTI}(t)) - 2.601 + \varepsilon_{HTOt}$$

(0,056) (0,234)

Il apparait ainsi que les prix des produits sont reliés au prix du pétrole avec des coefficients proche de l'unité pour l'essence et inférieur pour le gazole. L'estimation du modèle à correction a été ensuite

Sur le marché à terme, le prix de l'essence et le prix du WTI "causent" au sens de Granger le prix du gazole alors que dans le même temps, il y a une influence simultanée du prix de l'essence et du prix du WTI l'un sur l'autre. Ainsi, les anticipations sur l'avenir à la fois sur le prix du brut et sur le prix du produit qui est le plus répandu ont un impact sur le prix futur du produit moins consommé.

Finalement, nous testons la causalité entre les prix spot et futurs pour chacun des produits ainsi que pour le WTI. Il apparaît ainsi que le prix futur de l'essence "cause" au sens de Granger le prix spot alors que la causalité va du prix spot vers le prix futur pour le WTI.

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 futur 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 futur

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.

Conclusion

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

Bibliographie

- [1] Bai J., P. Perron (1998). Estimating and testing linear models with multiple structural changes. *Econometrica*, vol. 66.
- [2] Bai J., P. Perron (2003). Computation and analysis of multiple structural change models. *Journal of Applied Econometrics*, vol. 18
- [3] Gregory A.W., Hansen B.E. (1996), Residual-based tests for cointegration in models with regime shifts, *Journal of Econometrics*, Vol. 70, pp. 99-126.
- [4] Gregory A.W., Hansen B.E. (1996), Tests for cointegration in models with regime and trend shifts, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 58, n° 3, pp. 555-559
- [5] Indjehagopian J.P., Lantz F., Simon V. (2000), Dynamics of heating oil market prices in Europe, *Energy Economics* 22, pp. 225-252
- [6] Lanza A., Manera M., Giovannini M. (2005), Modeling and forecasting cointegrated relationships among heavy oil and product prices, *Energy Economics*, n°27, pp 831-848
- [7] Perron P. (1989), The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis, *Econometrica*, Vol. 57, n° 6, November, pp. 1361-1401.
- [8] Perron P. (1994), Trend unit root and structural change in macroeconomics time series, in B Bhaskara Rao ed., *Cointegration for the Applied Economist*, MacMillan Press.
- [9] Perron P., Vogelsang J. (1992), Non stationarity and level shifts with an application to purchasing power parity, *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 10, July, pp. 301-320.
- [10] Perron P., Vogelsang J. (1992), Testing for a unit root in a time series with a changing mean: corrections and extensions, *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 10, n° 4, pp. 467-470.
- [11] Quintos C. (1998). Stability tests in error correction models. *Journal of econometrics*, vol. 82 (2) p. 289-315.
- [12] Saikkonen P., H. Lütkepohl (2000). Testing for the cointegrating rank of a VAR process with structural shifts. *Journal of business and economic statistics*, vol. 18 (4).
- [13] Sertletis A. (1994), An integration analysis of petroleum future prices, *Energy Economics*, n°16, pp 93-97
- [14] Vogelsang T., Perron P. (1998), Additional tests for a unit root allowing for a break in the trend function at an unknow time, *International Economic Review*, 4, pp. 1073-1100.
- [15] Westgaard S., Estenstad M., Seim M., Frydenberg S. (2011), cointegration of ICE gas oil and crude oil futures', *Energy Economics*, n°33, pp 311-320
- [16] 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*, Vol. 10, July, pp. 251-270.