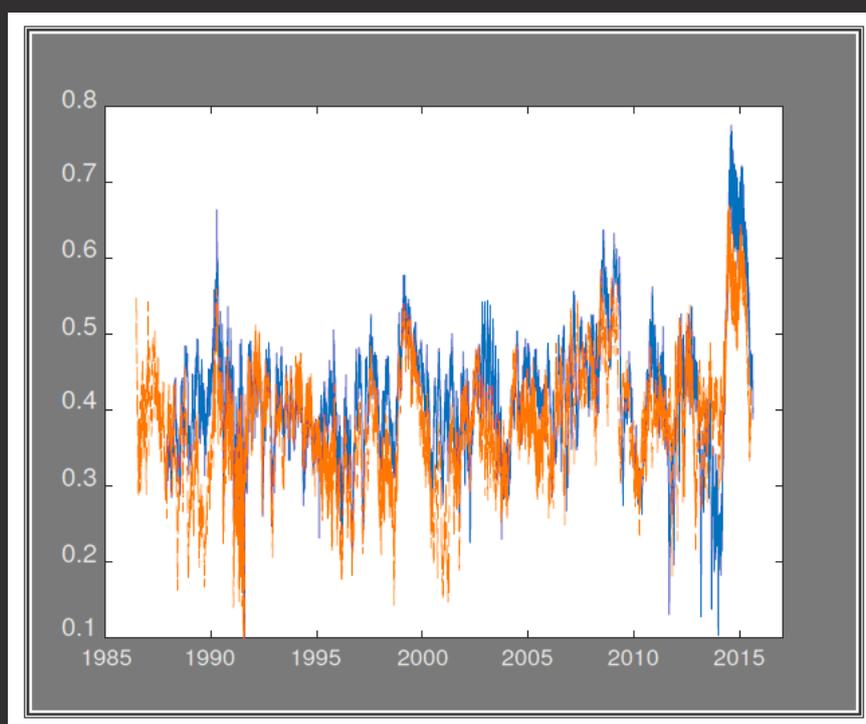


RÉGIME DE FORMATION DES PRIX ET VOLATILITÉ

LE PÉTROLE FACE AU CHARBON ET AU GAZ EN LONGUE PÉRIODE



ROBERT BOYER , JEAN-PHILIPPE TOUFFUT

MISE À JOUR
NOVEMBRE 2016

REGIME DE FORMATION DES PRIX ET VOLATILITE

LE PETROLE FACE AU CHARBON ET AU GAZ EN LONGUE PERIODE

CENTRE COURNOT

MISE A JOUR : NOVEMBRE 2016

ROBERT BOYER, JEAN-PHILIPPE TOUFFUT

**Rapport réalisé avec le soutien
de la Caisse des Dépôts**

GROUPE



Table des matières

1. INTRODUCTION.....	3
2. IDENTIFIER LES PRIX A PARTIR DES FONDAMENTAUX ?.....	3
A) LES DESAJUSTEMENTS DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE PHYSIQUES	3
B) L'INFLUENCE DES FACTEURS GEOPOLITIQUES	7
C) UNE APPROCHE TEMPS-FREQUENCE DES EVOLUTIONS DE LONGUE DUREE	9
D) LES REGIMES DE PRIX EN LONGUE PERIODE	11
3. LES FLUX PHYSIQUES ET LA VOLATILITE FINANCIERE	14
A) UNE SUBSTITUTION ENTRE SOURCES D'ENERGIE.....	14
B) UN CHANGEMENT DANS LA STRUCTURE DE L'OFFRE	17
C) L'EXPOSITION A LA VOLATILITE PAR GRANDS SECTEURS ET PAR TYPE DE PRODUCTEUR	19
D) DE LA COUVERTURE A LA SPECULATION : LE DEVELOPPEMENT DES MARCHES A TERME.....	25
E) LE CONSOMMATEUR EN BOUT DE CHAINE	26
4. LES LINEAMENTS D'UN NOUVEAU REGIME DES PRIX DE L'ENERGIE	31
A) LE RESULTAT DE L'INTERDEPENDANCE DE TROIS MODES DE DEVELOPPEMENT.....	32
B) UNE CRISE QUI AFFECTE L'ENSEMBLE DU SECTEUR ENERGETIQUE	33
Encadré : Exposants de Hurst et dépendance des séries de prix	34
C) LA FIN DES CHOCS ET CONTRE-CHOCS ?.....	36
i. <i>Les années 1970-1980 : pays producteurs contre pays consommateurs de pétrole.....</i>	<i>36</i>
ii. <i>Les années 2000-2010 : les financiers contre l'économie pétrolière</i>	<i>37</i>
D) LA CRISE DES PAYS PRODUCTEURS : L'ILLUSION D'UN RENVERSEMENT DURABLE DES TERMES DE L'ECHANGE.....	38
E) LES REPRESENTATIONS DE LA FINANCE FAÇONNENT LA DYNAMIQUE DU SECTEUR PETROLIER	41
i. <i>La simplification des enchaînements à l'œuvre</i>	<i>41</i>
ii. <i>La volatilité du prix de l'énergie : conséquence de l'apprentissage des agents</i>	<i>42</i>
5. CONCLUSION	42
6. BIBLIOGRAPHIE.....	43
7. FIGURES, TABLEAUX ET SCHEMAS	44
8. ANNEXE : LE GAZ ET LE CHARBON FACE AU PETROLE	46
A) GAZ, CHARBON ET AUTRES SOURCES D'ENERGIE.....	46
B) EVOLUTION DES PRIX, DE LA VOLATILITE ET EXPOSANT DE HURST POUR LE GAZ.....	46
C) GAZ ET PETROLE.....	48
D) GAZ, CHARBON ET ELECTRICITE	50

1. Introduction

Formés essentiellement sur les marchés à terme, les prix du pétrole se déterminent aussi bien à partir de données physiques que financières. Les données physiques concernent l'équilibre dynamique entre l'offre et la demande, toutes deux faiblement élastiques à court terme, et créent les conditions d'une forte volatilité. En tant que produit financier, le pétrole se positionne dans une certaine classe d'actifs, lesquels sont en concurrence permanente les uns avec les autres. La demande de pétrole physique se distingue ainsi de la demande « papier », pour laquelle les opérateurs des marchés s'inquiètent de la diversification des risques, arbitrent dans le temps et entre produits, couvrent le risque de prix, ou spéculent.

Comment comprendre les interactions entre le physique et le financier, et interpréter leur évolution? Comment les prix et leur volatilité évoluent-ils en fonction de ces interactions? Ce texte présente les développements historiques des régimes de prix qui semblent correspondre à autant de configurations géopolitiques et aboutissent à la période contemporaine. Il met en perspective les travaux classiques sur les explications physiques (la demande des pays émergents, les craintes d'un pic du pétrole, les crises politiques) et les travaux centrés sur les représentations de la finance (taux de change et d'intérêt, développements du pétrole « papier », rôle des fonds indexés sur les matières premières ou des arbitragistes). Il s'attarde sur la sensibilité de certains secteurs ou de certains pays à la volatilité, ainsi qu'aux répercussions sur le consommateur final.

Enfin, la mise en place d'un nouveau régime de prix est l'objet de la dernière partie du rapport. Le rôle du pétrole « papier » est devenu central, et les acteurs financiers amplifient les mouvements des cours, augmentant la volatilité naturelle des prix. Même si les données statistiques ne permettent pas forcément de justifier les liens directs entre les positions ouvertes des investisseurs sur les marchés à terme et les prix observés sur le marché instantané, la question du prix du pétrole est aujourd'hui de l'ordre de la réglementation des marchés financiers. L'analyse spectrale des prix de 1986 à 2005 montre combien les dernières périodes de persistance sur les marchés sont déconnectées de l'économie réelle. Quel sens faut-il donner au régime de prix actuel?

2. Identifier les prix à partir des fondamentaux ?

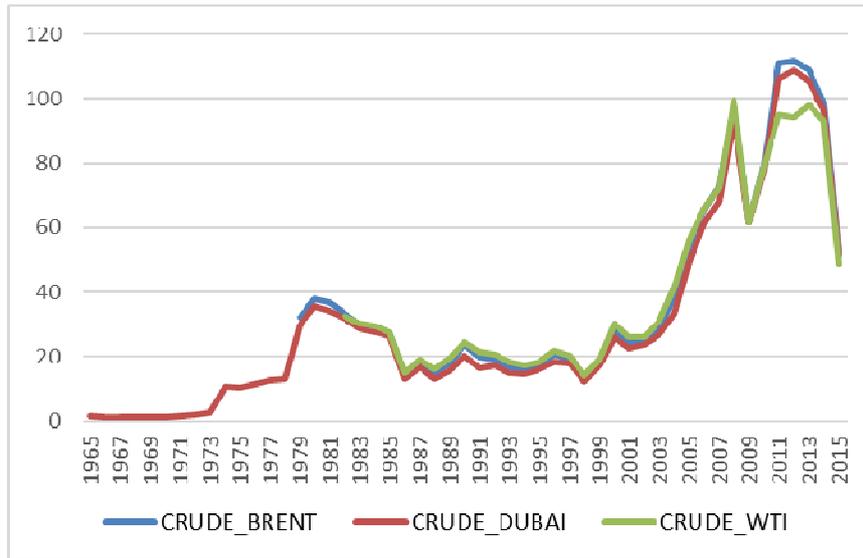
a) Les désajustements de l'offre et de la demande physiques

La formation des prix peut-elle être comprise à partir de la dynamique de l'offre et de la demande, de la situation à un instant donné? Du côté de l'offre, il s'agit d'analyser les conditions de la production et des anticipations (réserves, exploitation, investissement et flux réels). Du côté de la demande, il faut mesurer et anticiper l'évolution de la consommation, selon la croissance anticipée des consommateurs. La question des réserves et des stocks doit être également examinée, il fallait non seulement les mesurer, mais aussi décliner leur utilité économique.

Les calculs divergent néanmoins, selon qu'ils émanent des entreprises pétrolières, ou des administrations. Les figures ci-dessous comparent les évaluations de British Petroleum (sur longue période, Figures 1 et 2) et de l'Agence d'information sur l'énergie des États-Unis

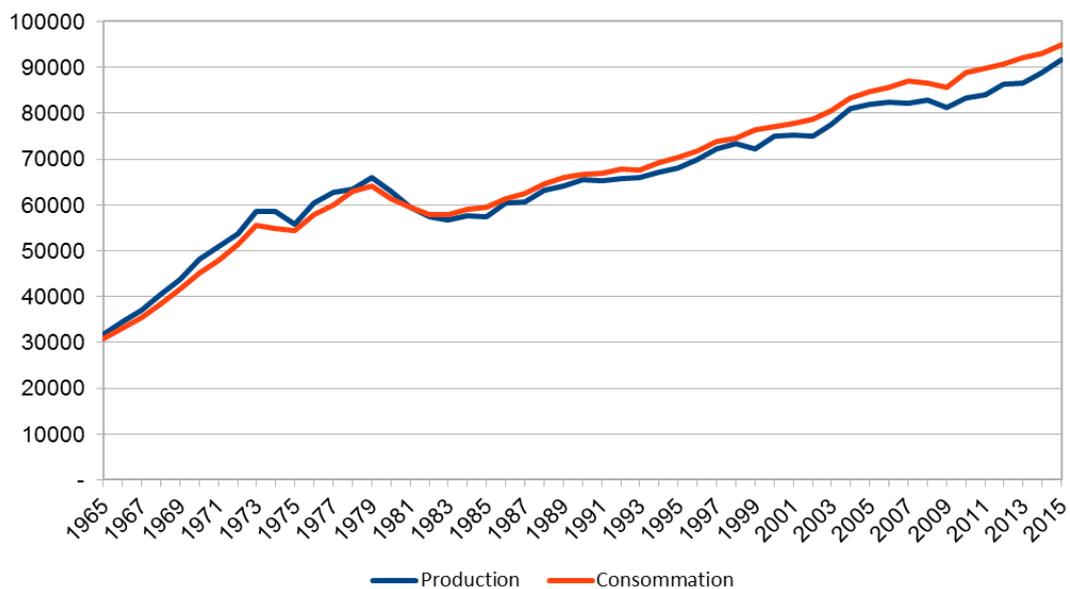
(depuis 2012, Figure 3). Selon BP, les écarts s'expliquent par les changements des stocks et la consommation de substituts au pétrole qui n'apparaissent pas dans les données de production. Les courbes de BP donnent ainsi la tendance depuis cinquante ans, mais semblent moins justes que celles tirées des données de l'Agence, notamment pour décrire les phénomènes de surproduction qui ont marqué l'année 2014.

Figure 1 : Les principaux prix du pétrole depuis 1965 en données annuelles (Brent, Texas et Doubaï)



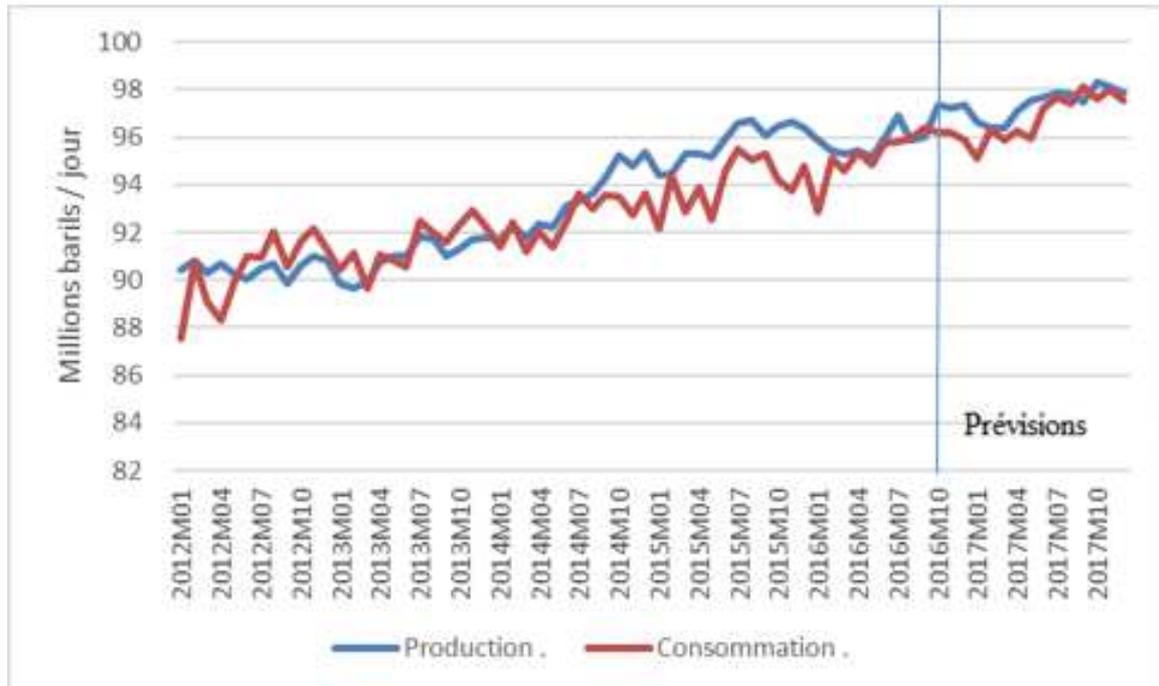
Source : Banque mondiale

Figure 2 : Consommation et production selon BP, 1965-2015



Source : BP Statistical Review 2016 (milliers de barils en ordonnées)

Figure 3 : Consommation et production depuis 2012 selon l'Agence d'information sur l'énergie



Source : U.S. Energy Information Administration, novembre 2016

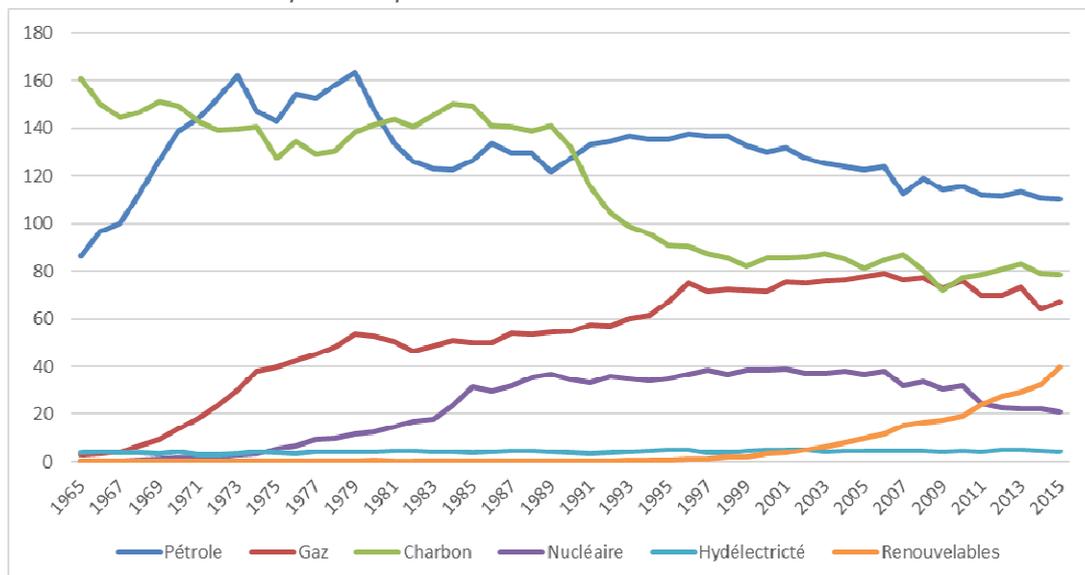
Depuis le début des années soixante-dix, un certain nombre de déterminants des prix se conjuguent :

- Les producteurs répondent à la demande des consommateurs privés, de l'industrie, du transport ou de la fourniture d'électricité dans des circonstances géopolitiques et financières variables, mais les prix sont loin de s'ajuster instantanément.
- Les structures du marché changent : la domination des pays de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) a laissé la place à des rapports de force plus ou moins stables. La multiplication de l'offre de pétrole est intervenue, alors que se confirmait la difficulté de réduire l'écart entre offre et demande.
- Le pouvoir de modifier le cours des prix s'exprime avec plus ou moins de forces selon les acteurs. La montée en régime de l'OPEP, ou la stratégie individuelle de pays comme de l'Arabie Saoudite montrent le rôle de quelques acteurs-clefs, variable de période en période.
- Les prix, quel que soit leur niveau, ont un effet sur la structuration de la demande et les incitations à la recherche de nouveaux gisements modifient l'offre. Sur longue période, les chocs pétroliers de 1973 puis 1979 ont entraîné un processus d'innovations visant à économiser le pétrole ou le remplacer par d'autres sources. Le graphique ci-après illustre par exemple les fluctuations des consommations d'énergie en Allemagne au cours des cinquante

dernières années, difficile d'y voir les seules conséquences des tensions entre offre et demande. On y observe aussi la substitution entre sources d'énergie.

Figure 4 : La consommation d'énergie en Allemagne 1965-2016

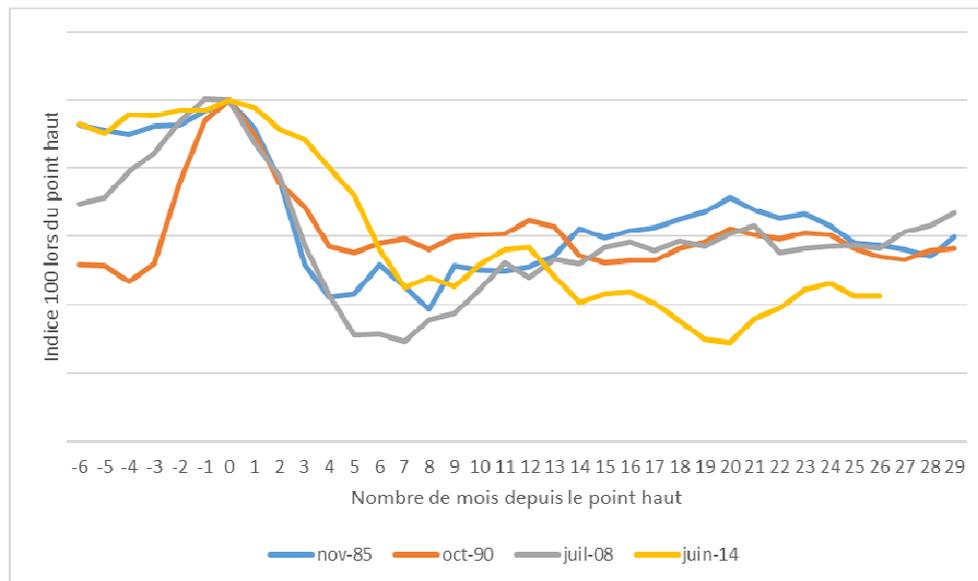
En millions de tonnes équivalent pétrole



Source : BP Statistical Review of World Energy 2016

La chute des prix du pétrole qui s'observe à partir de 2014 dans la figure 5 ne s'inscrit pas dans la continuité des précédents ajustements à la baisse, ramenant les prix de l'énergie vers leur moyenne sur long terme. Le graphique ci-après présente leur spécificité par rapport aux chutes précédentes. Chaque pic correspond au prix atteint avant une baisse des prix d'au moins 50 % (quatre pics sont dénombrés en novembre 1985, octobre 1990, juillet 2008 et juin 2014). Le zéro de l'axe des abscisses correspond au moment du point haut, chaque courbe décrit autour de ce pic l'évolution à la hausse ou à la baisse. Les chutes, qui se succèdent à l'été 2014 et à l'été 2015, sont remarquables par leur enchaînement et par leur durée.

Figure 5 : La soudaineté des quatre dernières crises (baisses supérieures à 50 %, en dollars courants)



Source : Calculs du Centre Cournot, d'après les données de la Banque mondiale, septembre 2016

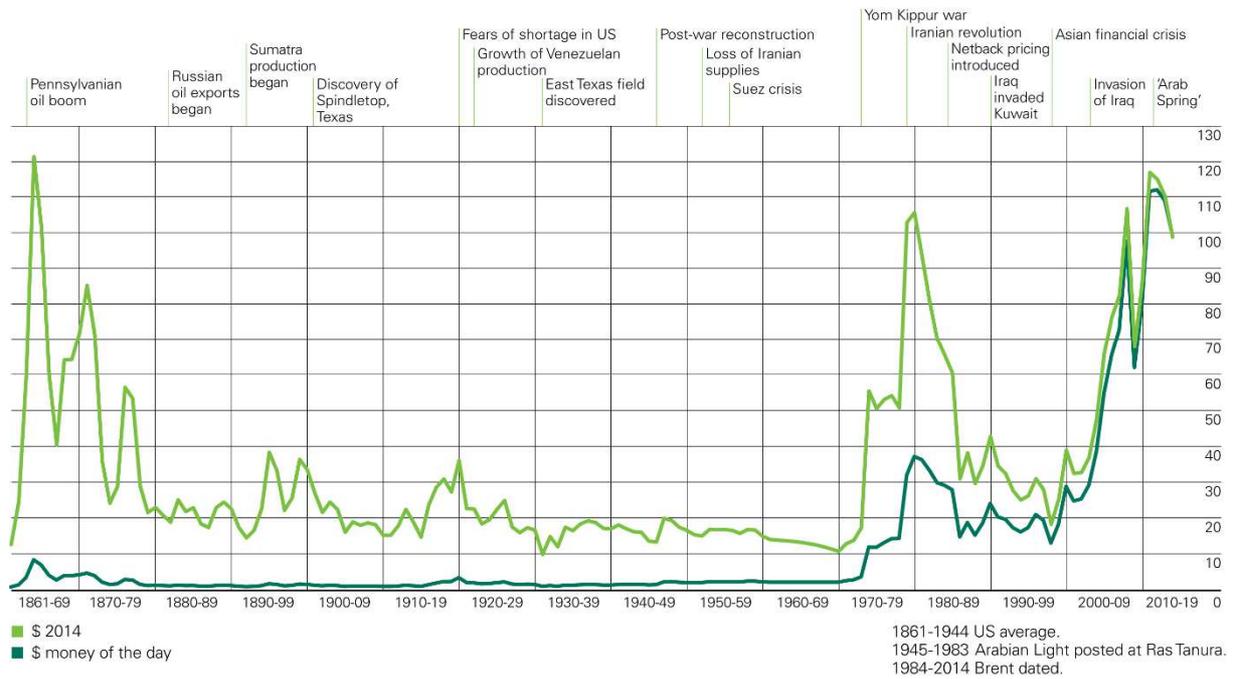
Une tendance est particulièrement forte : celle de la chute cumulative caractérisée par la corrélation entre prix du pétrole et indices boursiers des principales économies. L'articulation du secteur énergétique et de l'économie mondiale semble ainsi renforcée. Auparavant, le niveau et la volatilité du prix de l'énergie avait certes des répercussions sur la macro-économie, mais le retour à une dynamique peu perturbée s'imposait à moyen long terme (Barsky et Kilian, 2004). L'hypothèse développée plus loin dans le texte est que la financiarisation de la formation des prix a eu, depuis 2003, des répercussions plus directes sur la formation des taux de change, l'évaluation des compagnies pétrolières et la dynamique boursière en général. Il faut noter que le choix du seuil à 50 % ne fait pas apparaître d'autres chutes comme celles qui ont suivi la crise asiatique de la fin des années 90.

b) L'influence des facteurs géopolitiques

La chute des prix depuis juin 2014 n'est pas sans précédent. Au cours des trente dernières années, cinq épisodes de déclin ont eu lieu pendant des périodes de sept mois ou plus, coïncidant avec des épisodes de changements structurels de l'économie mondiale. Le parallèle de la période contemporaine avec les années 1985-86 est d'ailleurs possible. A l'époque, la fin d'une forte période de croissance est déclenchée par la décision des pays de l'OPEP de se passer de prix-cibles et d'augmenter la production. En perspective séculaire, comme au cours des quarante dernières années, les événements géopolitiques ont pesé sur les fluctuations des cours. L'analyse la plus intuitive consiste à moduler les analyses offre-demande en fonction de la géopolitique.

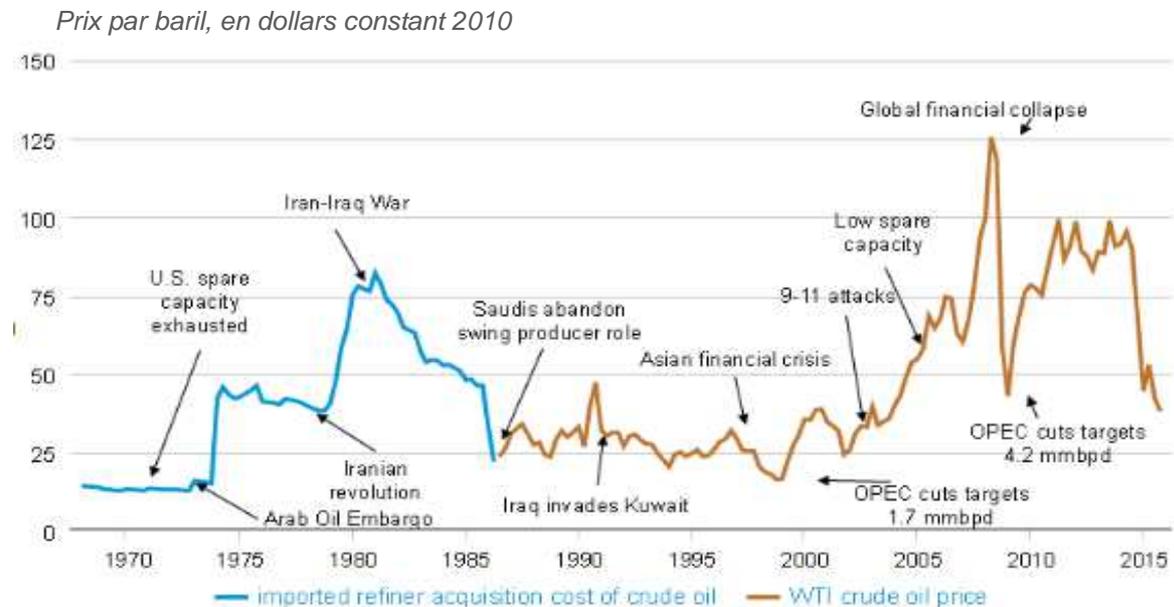
Les graphiques ci-dessous présentent un indice de longue période, calculé par BP, à partir de la succession de trois prix, celui du pétrole de l'Arabie, de la Mer du nord et du Texas en longue période.

Figure 6 : Prix des pétroles de 1865 à 2014



Source : Revue statistique de BP sur l'énergie mondiale, 2015

Figure 7 : Prix du pétrole 1969-2016



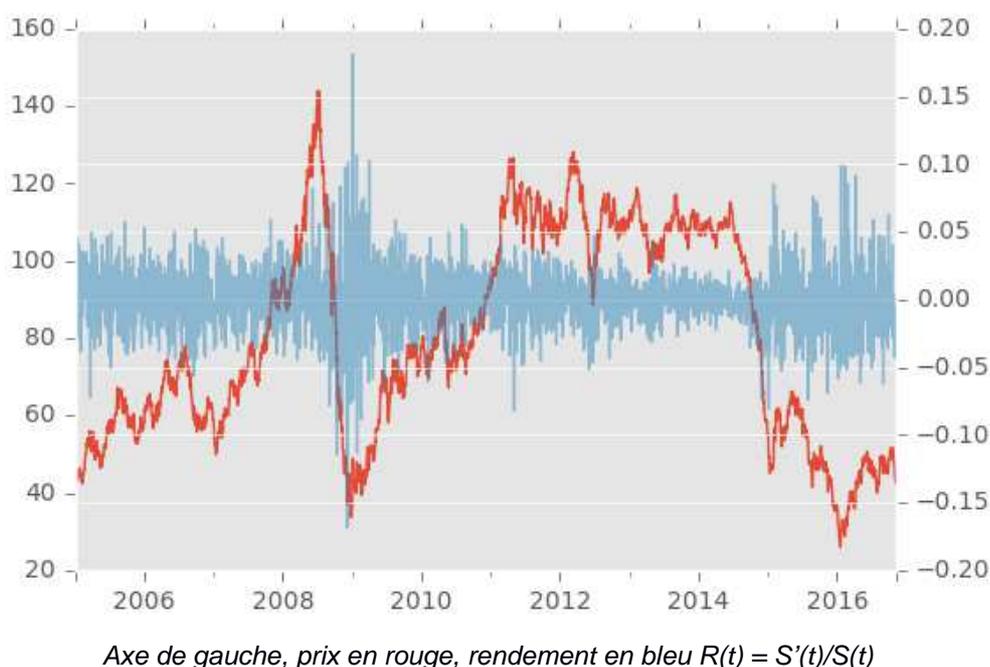
Source : US Energy Information Administration

c) Une approche temps-fréquence des évolutions de longue durée

La production mondiale de pétrole a augmenté de 2 millions de barils par jour (mbpj) en 2015 par rapport à 2014, alors que stagnait la demande. Ce genre d'épisode n'est pas nouveau dans l'histoire de l'ajustement entre production et consommation. La plus grande partie de la baisse récente des prix du pétrole semble liée à l'offre, mais ses déterminants ne peuvent justifier la réaction des marchés. Les mouvements de prix semblent d'ailleurs tout à fait inédits.

Une analyse temps-fréquence a été menée afin d'établir une périodisation des régimes de prix à partir des seules données de prix, et de justifier l'existence d'éventuels régimes de fluctuations, notamment dans la période récente. La démarche a fait ses preuves depuis la fin des années 1980 dans la modélisation de la dynamique des prix et pour la couverture des risques. Sont ici présentés le cheminement probabiliste traditionnel et un angle original, inspiré de la modélisation des turbulences pour analyser les fluctuations des prix en données journalières, depuis 1986 (Fannjiang et Sølna, 2005).

Figure 8 : Le prix quotidien du Brent et les rendements (2005-2016)



Une méthode classique pour aborder l'évolution des prix repose sur le modèle du brownien géométrique, afin d'établir le caractère de marche aléatoire de leur évolution au cours des dix dernières années. Si la dynamique est localement gaussienne, l'attention doit se porter sur les variations relatives (sur les dérivées du log), afin que soient étudiées les structures qui peuvent être exhumées de ces variations (Figure 10). L'analyse temps/fréquence des variations relatives révèlent des spectres locaux remarquablement robustes aux changements de taille de fenêtres. Comment calibrer la plage de sorte que l'approche rende compte des phénomènes de persistance sur les marchés ?

Figure 9 : Histogramme sur la période 2005-2015

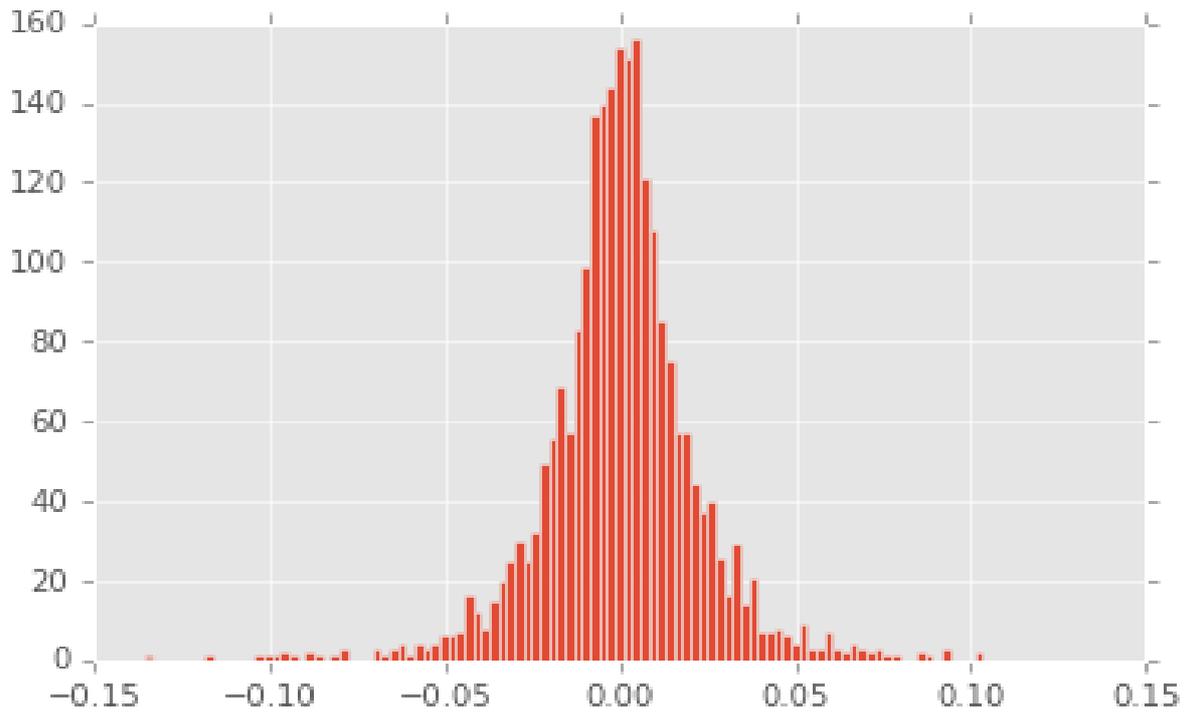
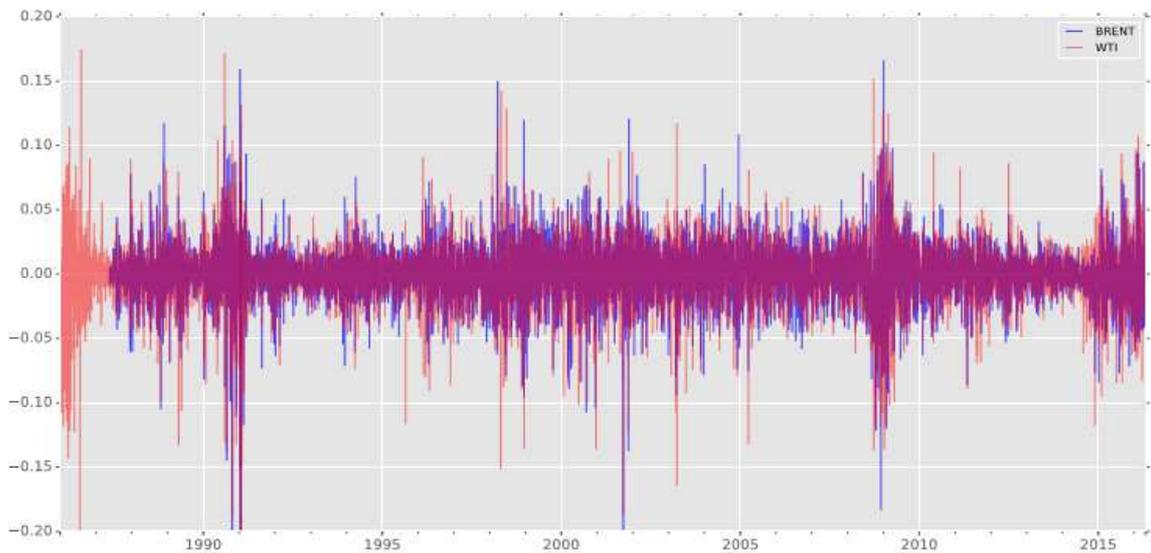


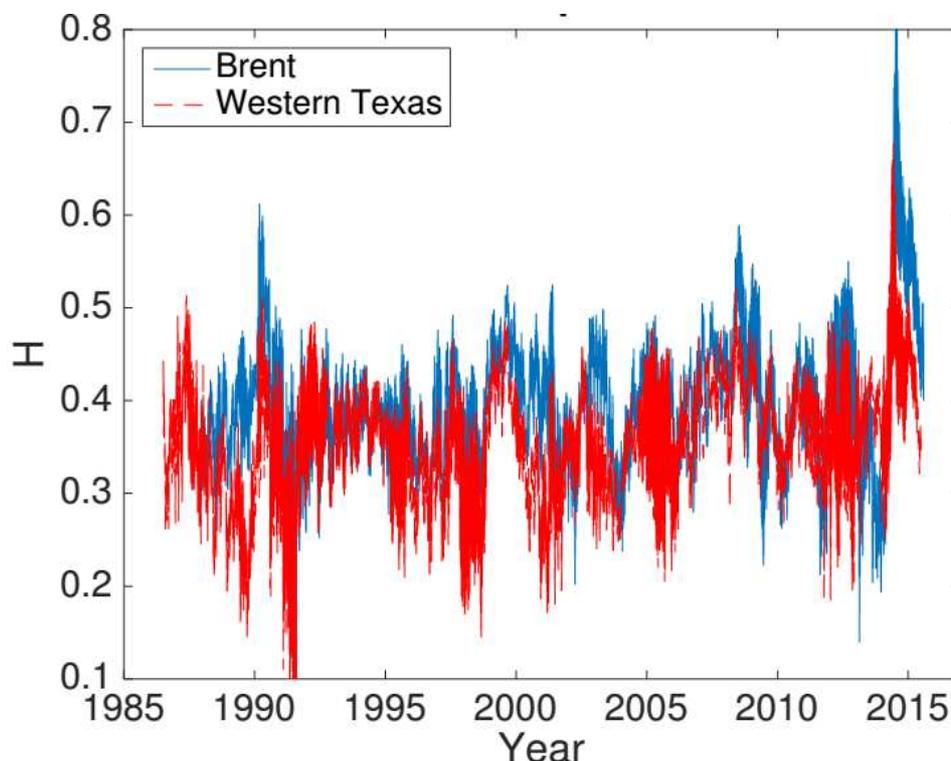
Figure 10 : Rendements des pétroles texans et Brent



Élaborés dans le cadre de l'étude rédigée pour alimenter l'argumentation de ce rapport (Garnier, Sølna, 2017 à paraître), les graphiques ci-dessous montrent la spécificité de la volatilité depuis 1986. L'exposant de Hurst permet de mesurer la régularité locale des fluctuations de prix : la volatilité des rendements sur l'investissement n'est pas constante. Une analyse temps/fréquence permet d'examiner la spécificité de la volatilité selon ces deux aspects. L'idée est de caractériser une série qui semble erratique. Le calcul de l'exposant de

Hurst permet de représenter le fait qu'un événement soit suivi par un événement similaire. Cet exposant qualifie la persistance de la dynamique. Le paramétrage permet de spécifier comment les variations de prix sont corrélées et l'étalonnage de l'énergie du prix sur des fréquences temporelles dépend de ce paramètre.

Figure 11 : L'exposant de Hurst 1985-2016

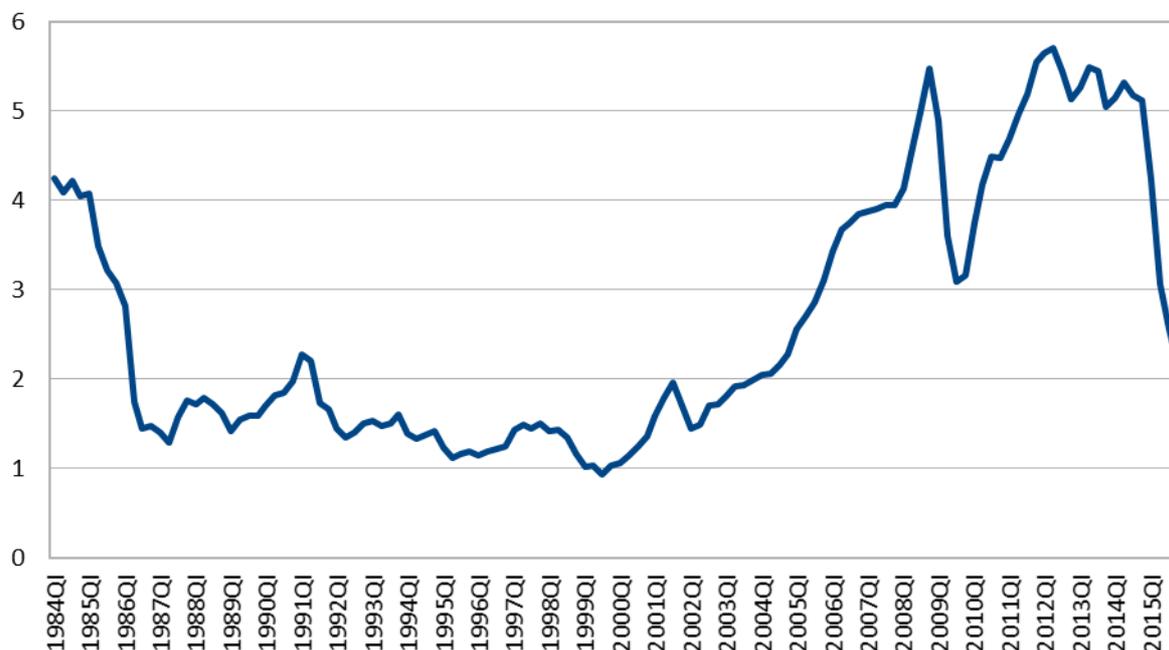


Les périodes 2006–2009 et 2013–2015 sont caractérisées par des régimes spéciaux à volatilité sans équilibre, de sorte qu'une simple loi de puissance ne correspond pas au spectre d'échelle de la volatilité. Un exposant de Hurst faible correspond à un processus de volatilité mouvementé. Il est intéressant de noter que cette volatilité est parfois plus forte pour le Brent, et parfois pour le pétrole texan, et que le décalage entre les deux marchés est très fréquent. L'exposant de Hurst fait ressortir plusieurs caractérisations, et confirme les intuitions de rupture de régime, développées dans le 3) et introduites dans l'encadré sur l'exposant.

d) Les régimes de prix en longue période

Longtemps, le niveau et le calendrier des investissements d'exploration et de production ont été les déterminants des anticipations sur les marchés. Le volume des réserves de pétrole exploitables et la transformation de ces réserves en capacité de production dépendaient directement du niveau des investissements. La crise économique, déclenchée à l'été 2007 a changé la donne, a lourdement fait baisser le montant des investissements dans les activités extractives et pétrolières (Figure 12).

Figure 12 : Part des activités extractives et pétrolières dans l'investissement aux États-Unis* depuis 1984

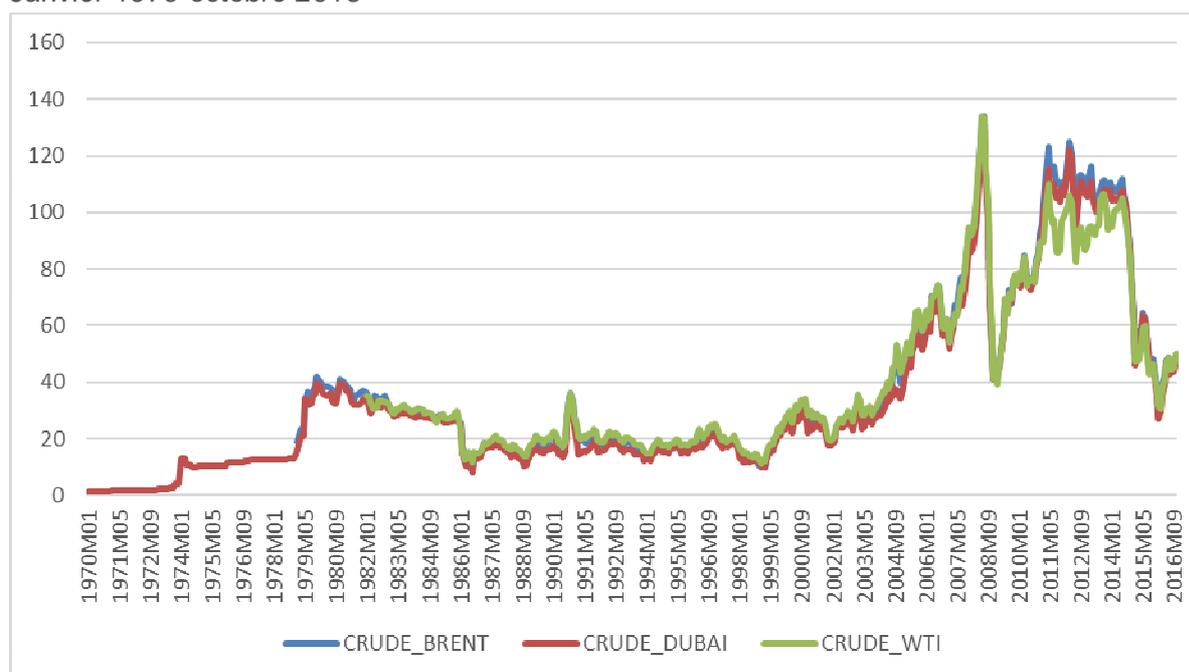


Source : Bureau of Economic Analysis

La crise a accentué l'incertitude des marchés. Les graphiques précédents suggèrent qu'une périodisation est proposée, en fonction de régimes, qui sont établis plus loin dans le texte.

Figure 13 : Comparaison des prix pétroliers (données mensuelles en dollars courants)

Janvier 1970-octobre 2016



Source : World Bank Commodity Price Data (10/2016)

- 1973-1985

La part de marché et la coordination au sein de l'OPEP détermine le prix du pétrole. Elle s'achève par la détérioration du pouvoir de marché de l'Organisation, à la suite des effets macro-économiques et technologiques sur les pays consommateurs de pétrole (les implications macro-économiques, et notamment celles des politiques monétaires en réaction au choc pétrolier sont documentées dans Barsky et Kilian, 2004).

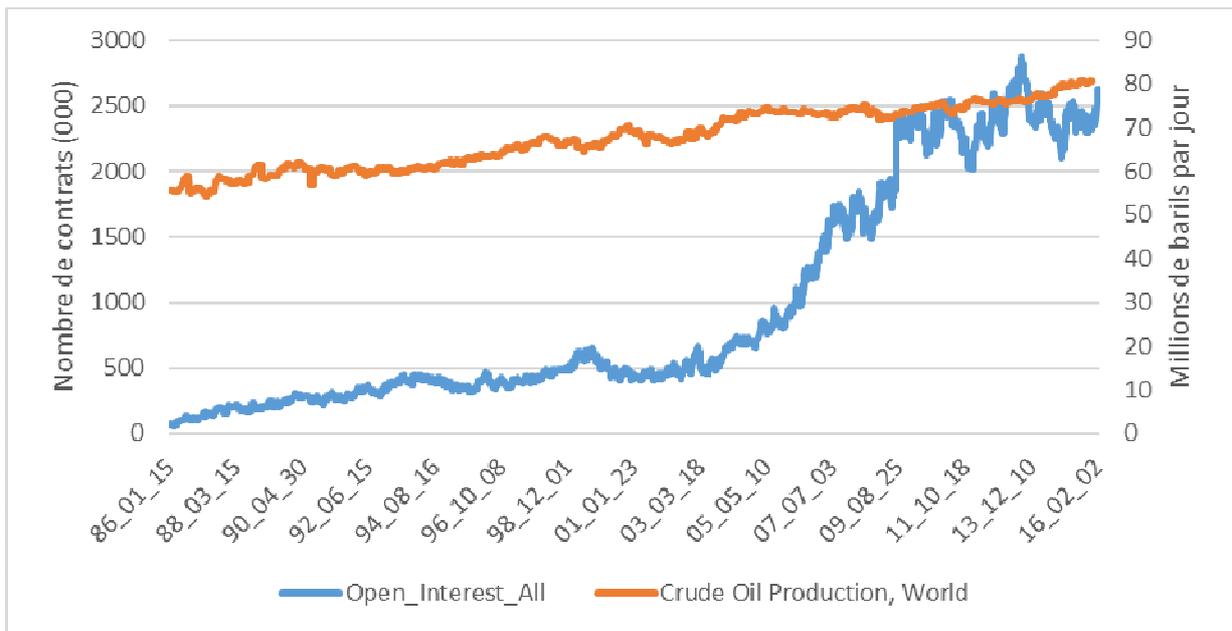
- 1986-2002

Le changement de stratégie de l'Arabie saoudite, destiné à contrer les initiatives soviétiques de renchérissement des matières premières, s'accompagne du renforcement de la concurrence, qui redevient dominante du fait de retour à un équilibre des pouvoirs de négociation des producteurs et des consommateurs. Le prix du pétrole se forme en fonction des usages du pétrole dans le système productif, le transport et la consommation des ménages.

- 2003-2015

Le développement du pétrole papier accompagne la diffusion des contrats à terme, dans lesquels les marchés voient un placement et un objet de spéculation. Alors que la demande mondiale de pétrole est stagnante voire décroissante dans les Pays de l'OCDE. Le prix du Brent grimpe. L'invasion de l'Irak sous l'impulsion des Etats-Unis marque le début d'une période où le Brent, notamment, devient un support d'échanges de contrats. À partir de 2008, ce régime voit exploser la volatilité du prix du pétrole : son prix accompagne d'abord la spéculation financière des années 2003-2008, puis l'ampleur de la crise financière mondiale fait chuter fortement ce prix. Les marchés synchronisent leurs anticipations autour de l'idée que la Chine est l'importateur en dernier ressort de la plus grande partie des ressources naturelles. Lorsque s'effondre la spéculation boursière en Chine à l'été 2015, les anticipations des marchés financiers convergent vers une évaluation basse du prix du pétrole et depuis lors les indicateurs statistiques ont validé ces anticipations.

Figure 14 : Production de pétrole et positions ouvertes des vendeurs (1986-2016)

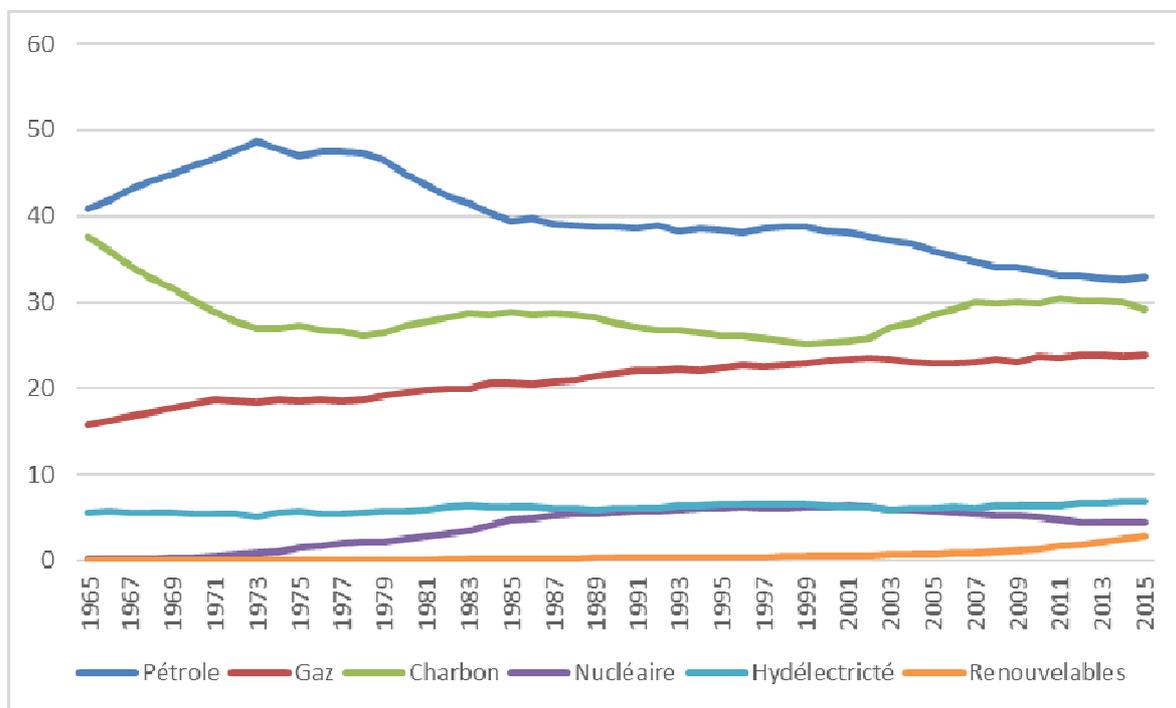


3. Les flux physiques et la volatilité financière

a) Une substitution entre sources d'énergie

Au cours des cinquante dernières années, l'évolution de la consommation du charbon a suivi des directions opposées à celles du pétrole (Andrews, 2014). Lorsque la consommation de charbon monte, celle du pétrole baisse. Lorsque la consommation du pétrole stagne (entre 1985 et 1995), celle du charbon fait de même. Il est facile d'imaginer un effet de substitution. En revanche, la consommation du gaz semble prendre une partie de la place dans la consommation, qu'abandonner les deux autres grandes sources d'énergie (voir annexe sur le gaz).

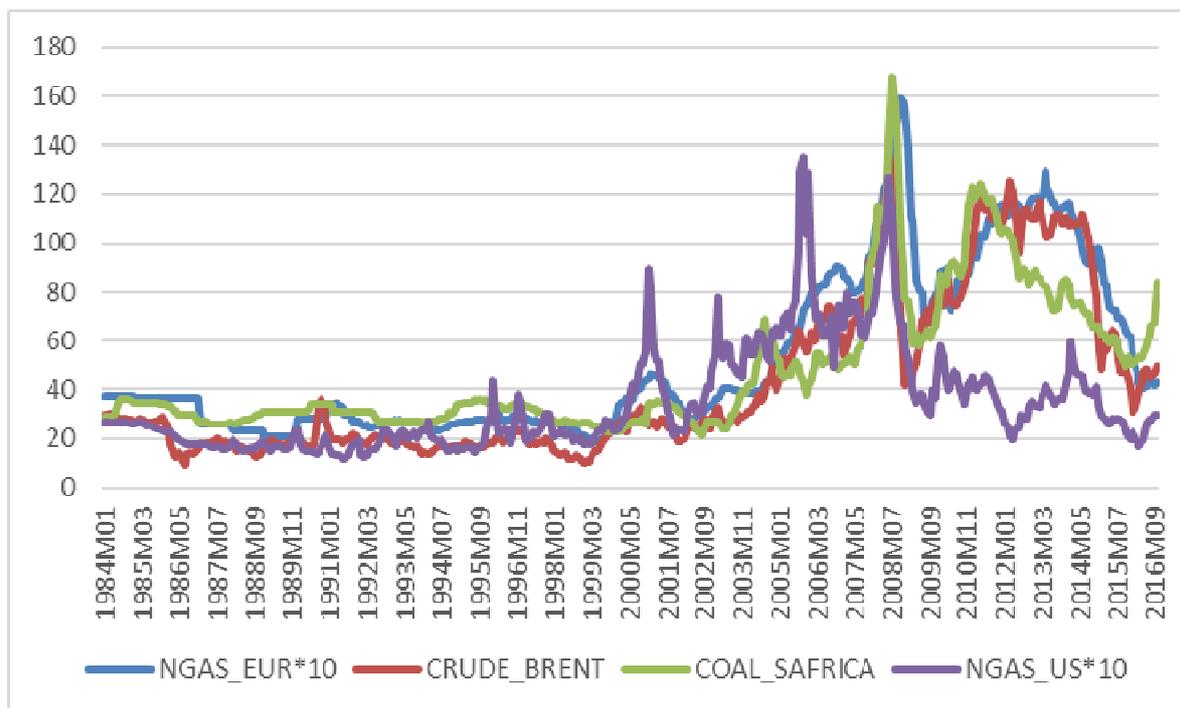
Figure 15 : Contribution des différentes énergies à la consommation mondiale



Source : Calculs Centre Cournot d'après BP Statistical Review of World Energy 2016

Les prix de ces matières ont également subi des trajectoires différentes depuis le début des années 2000. Les figures suivantes présentent l'évolution des prix et des consommations, selon la moyenne OCDE et en dehors de l'OCDE.

Figure 16 : Le prix du pétrole par rapport à celui du charbon et du gaz

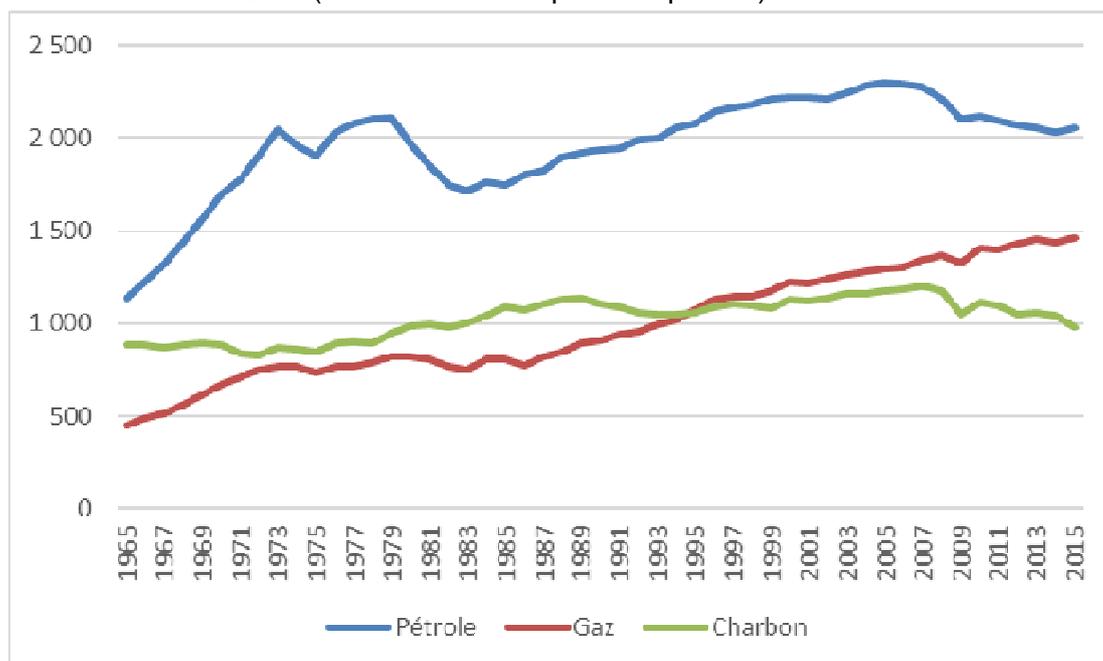


Source : World Bank Commodity Price Data

Cette figure illustre l'idée d'une régionalisation au moins depuis 2010, des marchés du gaz et, dans une certaine mesure, du marché du charbon, alors que les prix des autres énergies sont fixés au niveau mondial.

Figure 17 : Le gaz, le pétrole et le charbon dans l'OCDE

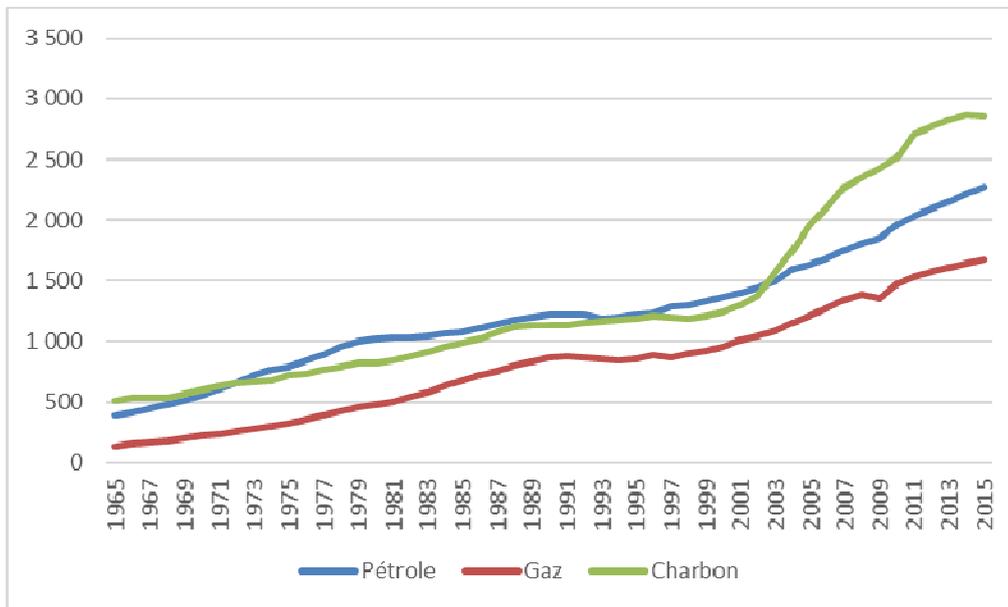
Consommation OCDE (millions tonnes équivalent pétrole)



Source : BP Statistical Review of World Energy 2016

En dehors des pays de l'OCDE, la consommation du gaz semble accompagner la consommation du pétrole. Le charbon a connu un fort ralentissement depuis 2013 : la production chinoise qui représente plus de quatre fois la production du second producteur (les Etats-Unis) donne le la.

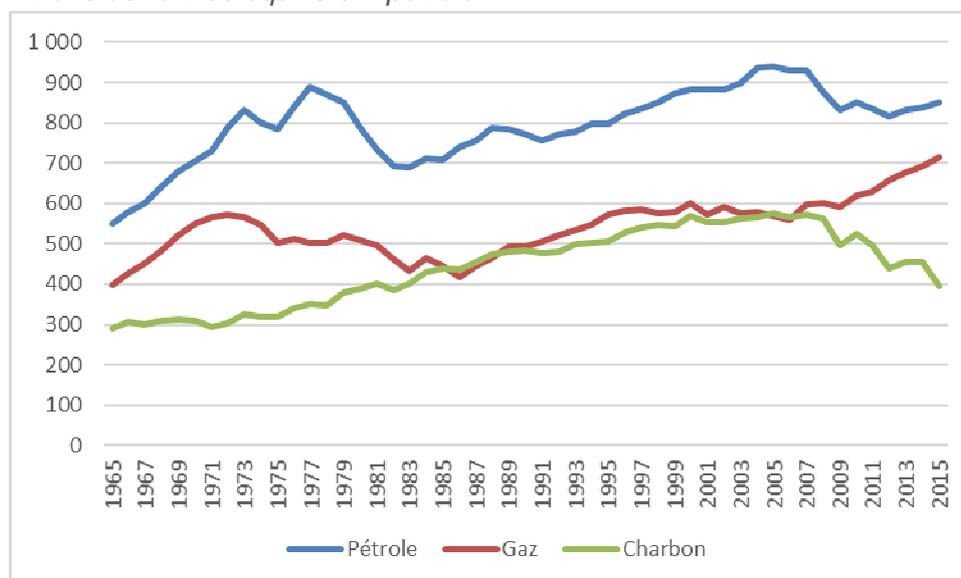
Figure 18 : Le gaz, le pétrole et le charbon, consommation hors OCDE



Source : BP Statistical Review of World Energy 2015

Figure 19 : La consommation aux États-Unis : compensation charbon/gaz, pic du pétrole ?

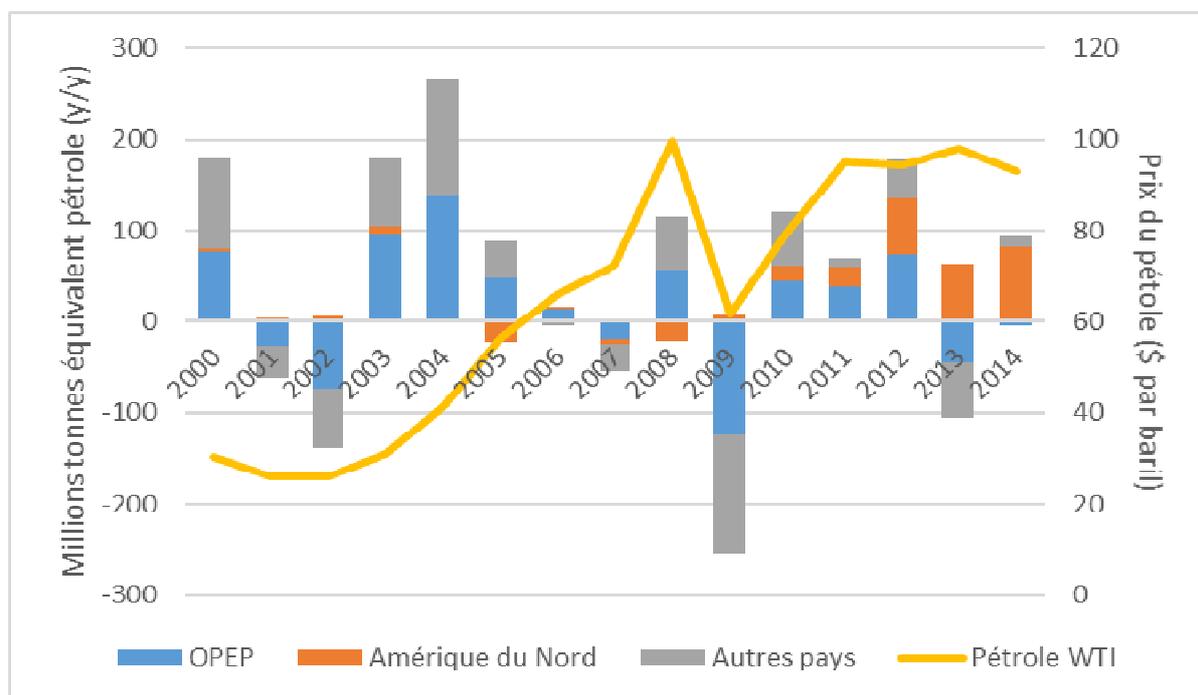
Millions de tonnes équivalent pétrole



A quels changements dans la structure de l'offre l'ensemble de ces figures peut-il correspondre ? La partie suivante propose quelques pistes, distinguant les zones OPEP, Amérique du nord, du reste du monde.

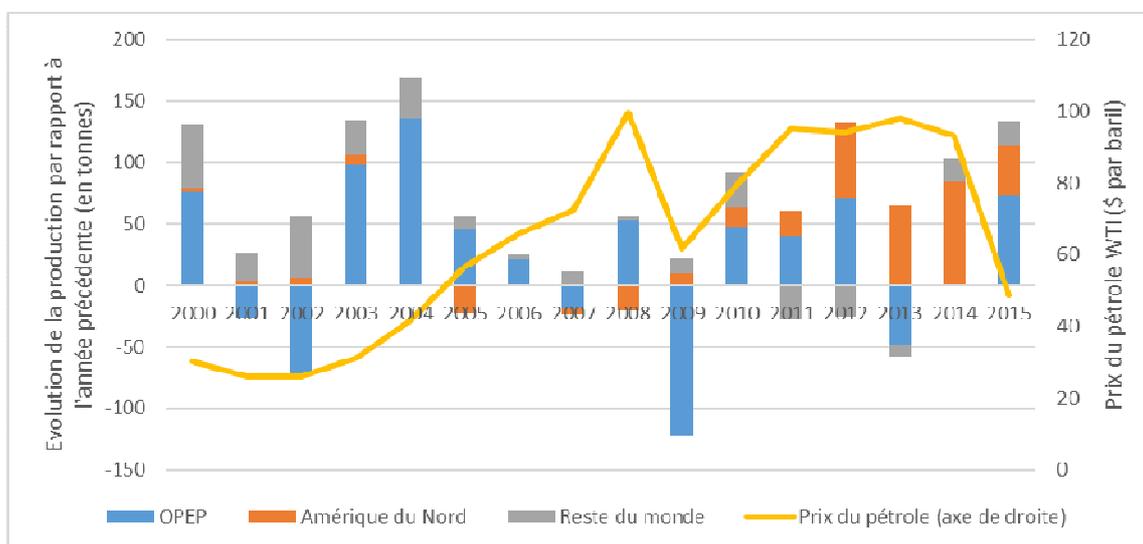
b) Un changement dans la structure de l'offre

Figure 20 : La montée de la production de pays hors de l'OPEP et l'évolution des prix



Source : World Bank Commodity Price Data (01/2016) and BP Statistical Review of World Energy 2015

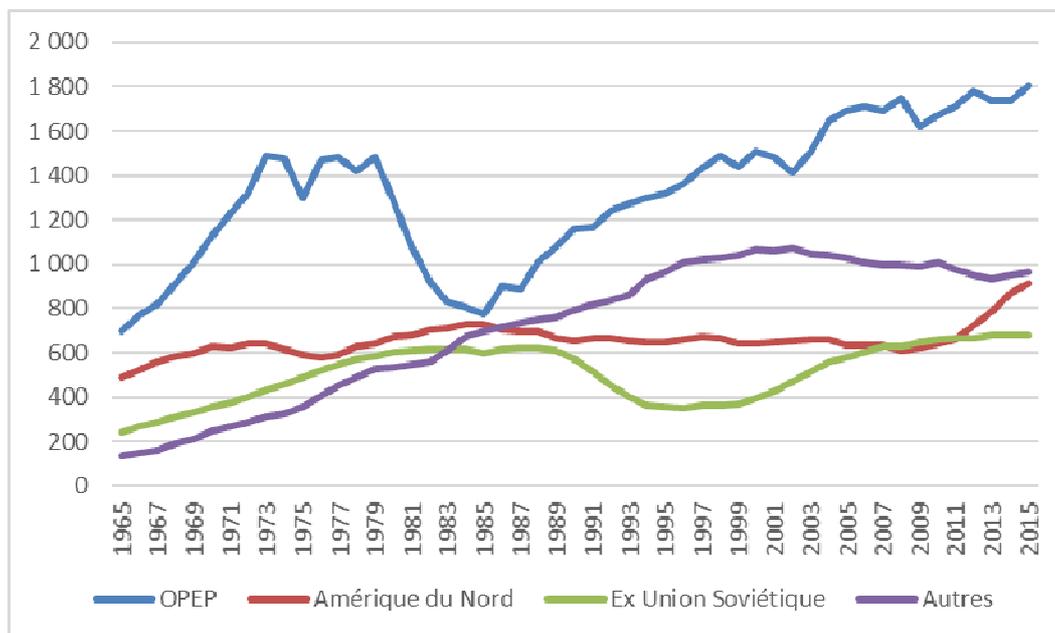
Figure 21 : La montée de la production de pays hors de l'OPEP et l'évolution des prix



Source : World Bank Commodity Price Data (09/2016) et BP Statistical Review 2016 (06/2016)

La production de pétroles non conventionnels est, depuis 2009, à l'origine de la hausse de la production en Amérique du Nord. Cette production concerne les hydrocarbures qui restent dispersés dans les couches peu perméables du bassin sédimentaire et sont souvent piégés dans la roche-mère. La Figure 22 présente une vision d'ensemble de cette hausse, en comparaison de la stagnation des autres zones.

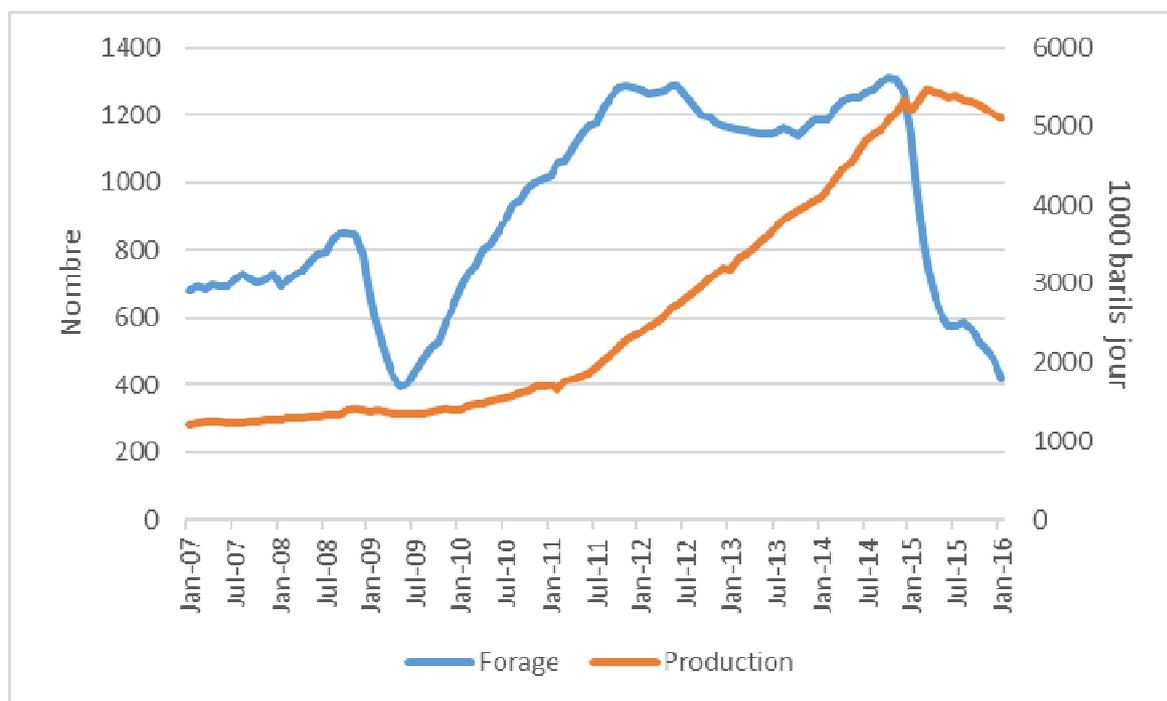
Figure 22 : L'augmentation de la production de pétrole en Amérique-du-Nord face aux autres régions du monde



Source : BP Statistical Review 2015

Millions de tonnes équivalent pétrole (Amérique du Nord : Canada, E.U., Mexique ; Ex Union Soviétique = URSS jusqu'en 1985, CIS après : Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Kazakhstan, Kirghizstan, Moldavie, Russie, Tadjikistan, Turkménistan, Ukraine, Ouzbékistan).

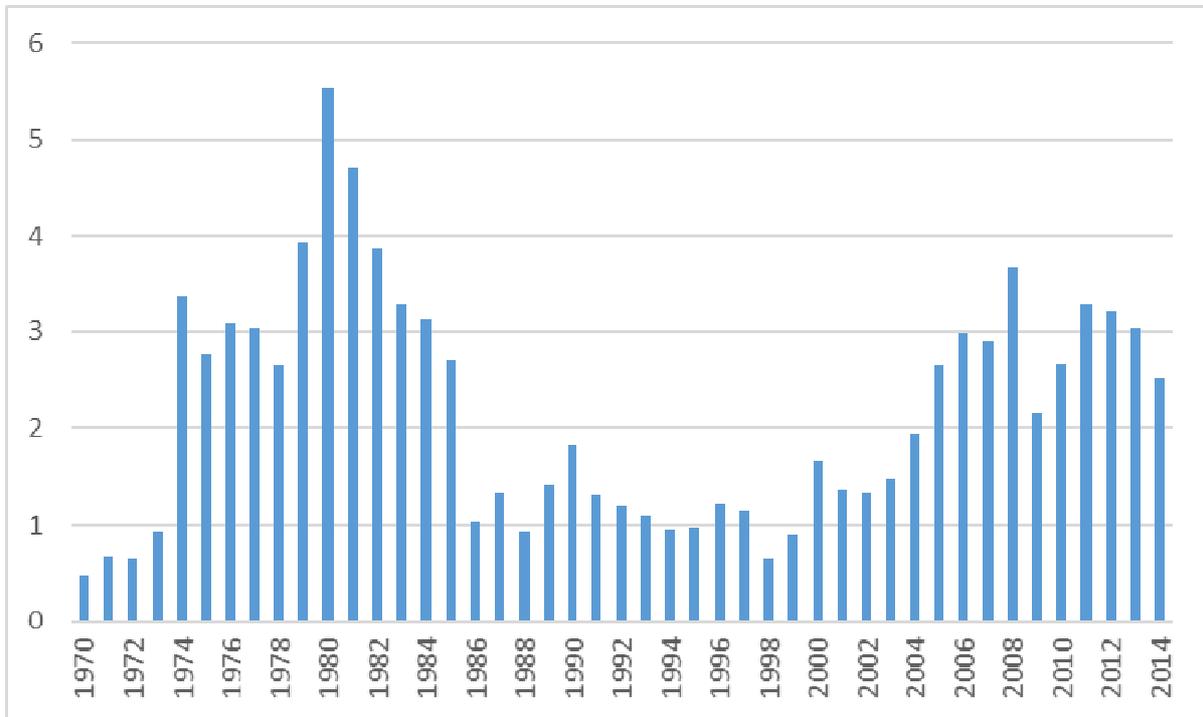
Figure 23 : Production mensuelle et nombre de forages dans sept régions témoins des Etats-Unis.



Source : Energy Information Administration

La très forte hausse du nombre de forages non conventionnels peut être comparée avec les fluctuations des investissements industriels consacrés au pétrole.

Figure 24 : Evolution des profits tirés du pétrole (en pourcentage du PIB)



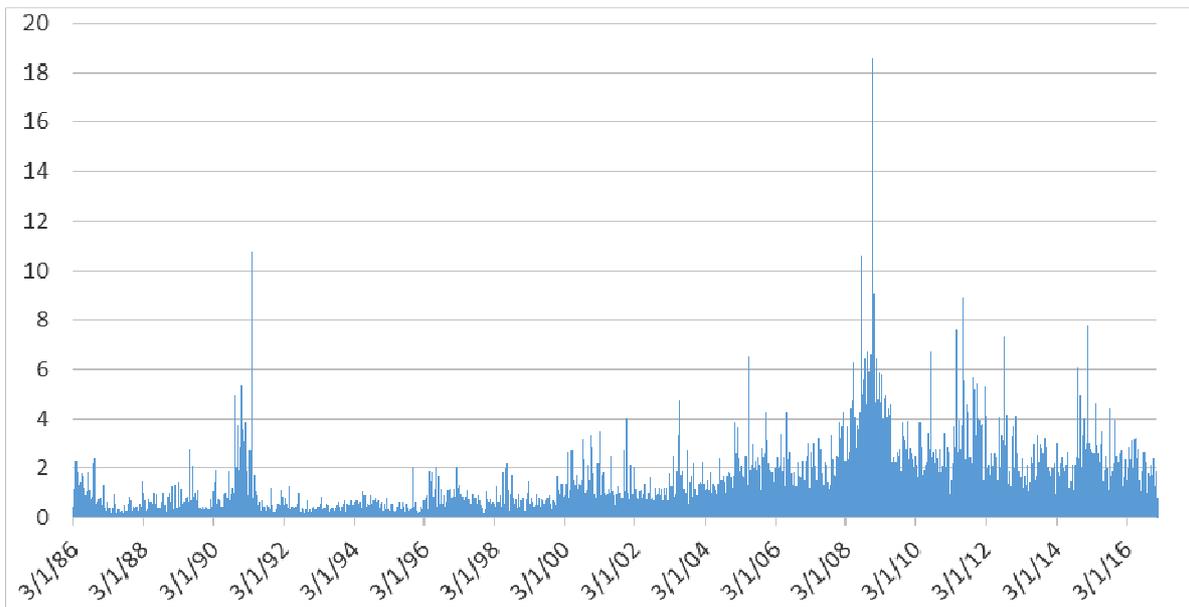
Source : Banque mondiale

Les bénéfices tirés du pétrole correspondent à la différence entre la valeur de pétrole brut aux prix sur les marchés internationaux et le coût de production total.

c) L'exposition à la volatilité par grands secteurs et par type de producteur

Calculée sur une base journalière, hebdomadaire, mensuelle ou annuelle, la volatilité joue un rôle majeur dans l'articulation entre les marchés physiques et les marchés financiers. La volatilité des prix des produits raffinés en Europe ne suit pas exactement la volatilité des prix du pétrole brut. Certains mécanismes peuvent exacerber sur les marchés des produits des hausses de prix observées sur le marché du brut. Cette partie revient sur l'articulation entre les différentes formes d'énergie, depuis que la crise a ouvert une période de volatilité inédite et présente l'exposition relative des types de production.

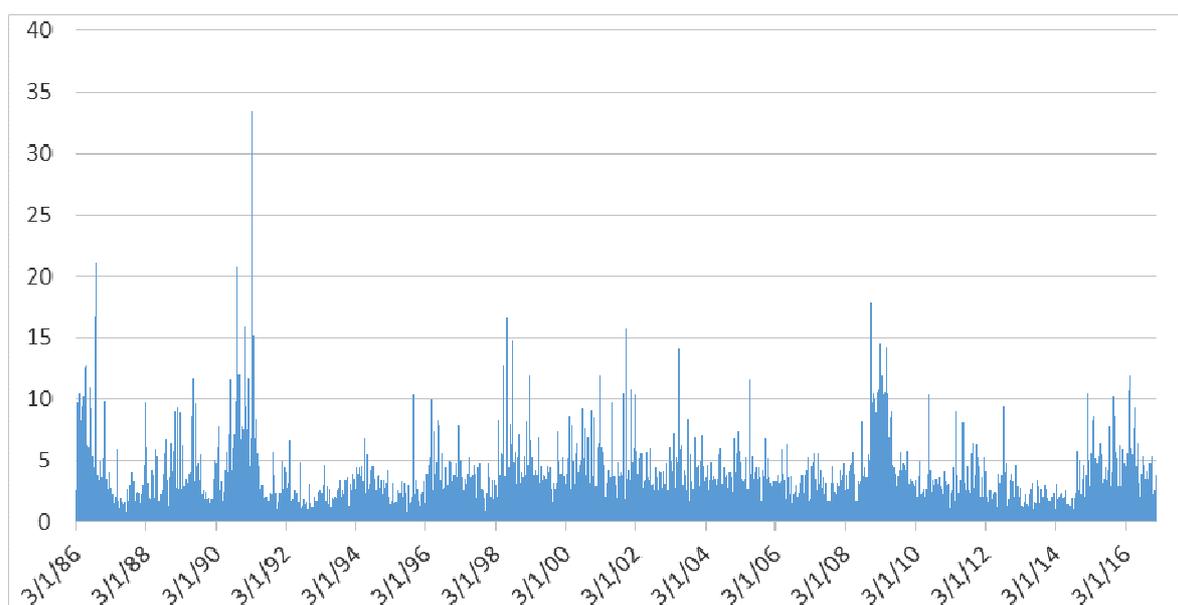
Figure 25 : Variation quotidienne du prix du pétrole WTI depuis 1986, en \$ par baril



Source : calculs sur donnée EIA, *valeur absolue de [prix du jour - prix précédent]

La période de l'été 2008 à la fin 2009 était singulière à au moins deux titres : le prix du pétrole sur les marchés a connu des mouvements d'une ampleur inconnue, et ces oscillations, sur des périodes très courtes, n'étaient pas associées à des chocs structurels géopolitiques, mais plutôt à des événements sur les places financières. Depuis 2009, la volatilité est globalement restée élevée. Le graphique ci-dessus montre la magnitude des chutes de prix depuis 1986, d'abord en valeur absolue, puis une approximation de la volatilité journalière.

Figure 26 : Volatilité au jour le jour [(prix du jour - prix précédent)/ prix précédent*100]



Source : calculs sur donnée EIA, *valeur absolue de [(prix du jour - prix précédent) / prix précédent*100]

Le tableau ci-dessous présente les consommations de pétrole par secteurs en 2014 et l'évolution de la consommation mondiale entre 1990 et 2014: le pétrole est la source d'énergie principale du secteur du transport, son poids dans l'industrie diminue. Pour la fabrication de l'électricité, charbon et pétrole sont en concurrence. Le charbon est devenu l'énergie la plus utilisée dans l'industrie, juste devant le gaz.

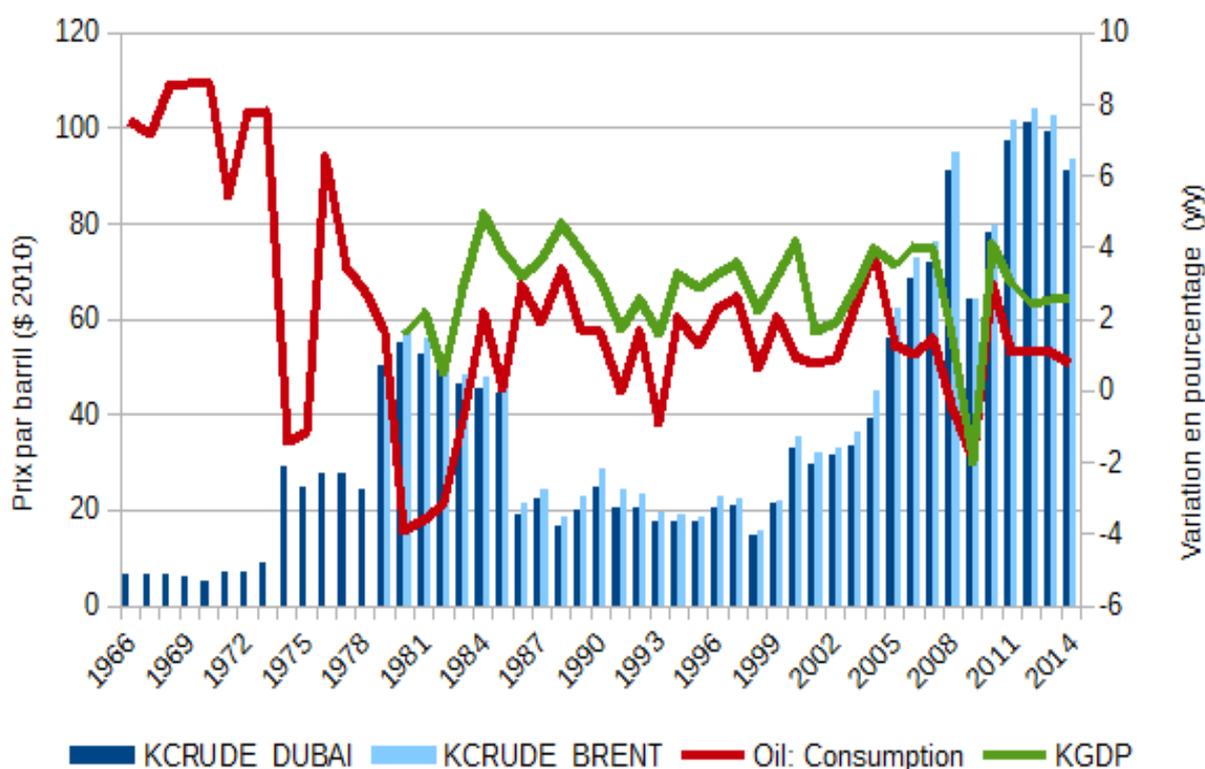
Tableau 1 : Consommation mondiale d'énergie par type et par secteur

Millions tonnes équivalent pétrole

	Transport	Électricité	Industrie	Autres secteurs*	Total
2014					
Pétrole	2247,6	215,4	1185,7	469,7	4118,4
Gaz	51,2	1106,8	1237,9	679,8	3075,9
Charbon	15,2	2342,9	1383,9	151,4	3893,4
Nucléaire		574,0			574,0
Hydroélectricité		879,0			879,0
Renouvelables	70,8	316,9			387,7
Total	2384,9	5435,1	3807,6	1300,9	12928,4
2014-1990					
Pétrole	777,7	-70,5	263,7	-1,9	969,0
Gaz	49,5	619,4	444,8	194,5	1308,2
Charbon	-2,6	1175,4	604,1	-121,5	1655,4
Nucléaire		120,9			120,9
Hydroélectricité		389,5			389,5
Renouvelables	7,1	288,4			295,4
Total	888,3	2523,0	1312,6	71,1	4795,1

Source : BP Energy Outlook 2016 (02/2016) / * usages non électriques dans les bâtiments

Figure 27 : Une moindre consommation de pétrole du fait de la montée des prix ?



Source : IMF-WEO (10/2015), World Bank Commodity Price Data (01/2016) and BP Statistical Review of World Energy 2015

*En \$ 2010 ; « Oil : consommation » = pourcentage d'évolution d'une année sur l'autre de la consommation mondiale de pétrole (calculé sur la consommation en volume) ; « KGDP » évolution d'une année sur l'autre du PIB mondial à prix constant (prix du marché)

Lorsqu'ils ne sont pas couverts, les secteurs industriels les plus exposés à la volatilité des prix des produits énergétiques (hors électricité) peuvent être repérés en fonction de la part de leurs achats sur la marge commerciale. Le poids des consommations intermédiaires de produits issus du raffinage et de la cokéfaction dans la valeur totale de la production est un indice supplémentaire. Dans les secteurs les plus exposés, comme les industries chimiques ou l'informatique, l'impact de la volatilité est partiellement compensé par des clauses contractuelles qui prennent en compte le niveau des prix des carburants. Le tableau qui suit présente la sensibilité au sein des secteurs manufacturiers (l'hétérogénéité au sein des secteurs de la construction donne des résultats peu fiables).

Tableau 2 : Sensibilité des secteurs aux variations des prix

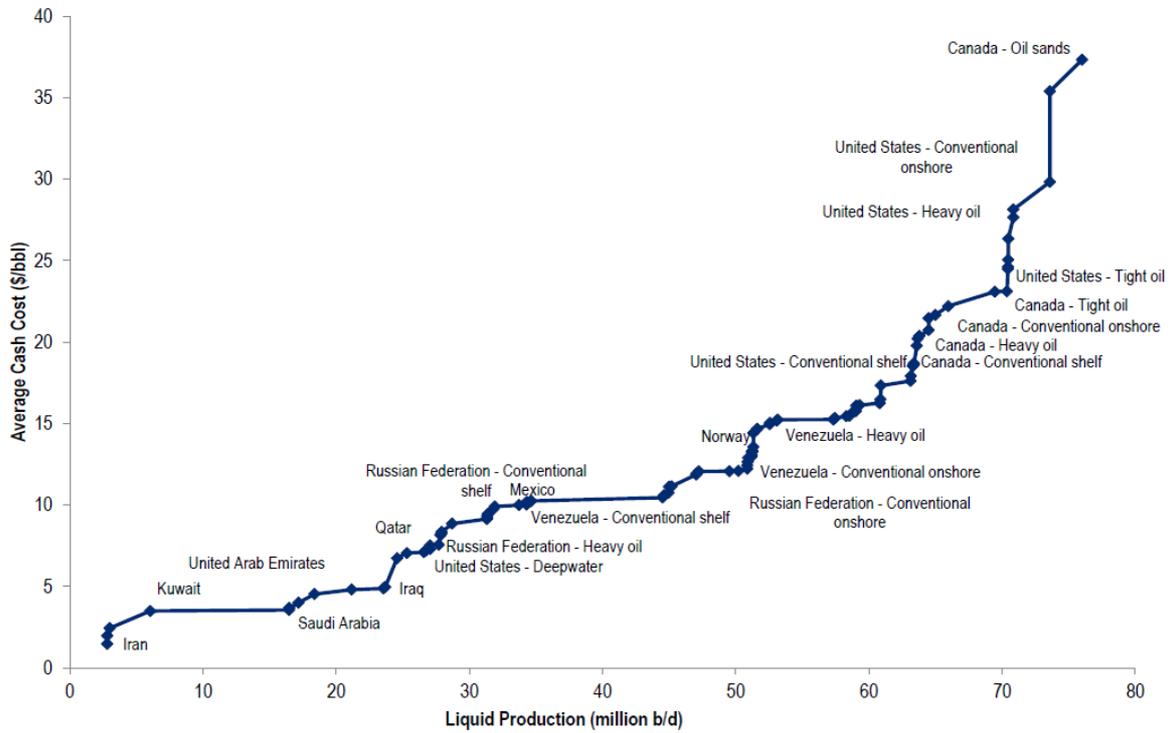
En millions d'euros	Valeurs des achats de produits énergétiques*	Marge commerciale**	Production vendue de biens**	(10 % des achats de produits énergétiques / marge commerciale)*100 ^μ
17 - Industrie du papier et du carton	577	357,7	16244,4	16,13
24 - Métallurgie	1570	1038,2	25140,6	15,12
20 - Industrie chimique	2975	2545,1	65451,3	11,69
23 - Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	871	1003,6	24774,1	8,68
26 - Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques	31	44,1	29366,9	7,03
08 - Autres industries extractives	95	153,4	4954,7	6,19
38 - Récupération	35	79,9	20105,3	4,38
18 - Imprimerie et reproduction d'enregistrements	35	102,7	8759,1	3,41
10 - Industries alimentaires	1302	5061,2	135862,9	2,57
30 - Fabrication d'autres matériels de transport	83	328,7	47506,3	2,53
25 - Fabrication de produits métalliques, à l'exception des machines et des équipements	247	996,7	50325,9	2,48
13 - Fabrication de textiles	60	245,5	6327,4	2,44
16 - Travail du bois et fabrication d'articles en bois et en liège	53	306,1	10455,2	1,73
22 - Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique	157	1203,9	27629,6	1,30
31 - Fabrication de meubles	29	320,3	6439,8	0,91
27 - Fabrication d'équipements électriques	92	1802,4	22867,9	0,51
28 - Fabrication de machines et équipements n.c.a.	116	2325	36595	0,50
11 - Fabrication de boissons	55	1245,9	23548,7	0,44
21 - Industrie pharmaceutique	122	4525	23480,6	0,27
33 - Réparation et installation de machines et d'équipements	25	1673,3	24494,3	0,15
29 - Industrie automobile	169	13017	50644,6	0,13
32 - Autres industries manufacturières	15	1318,8	10359,4	0,11
14 - Industrie de l'habillement	10	992,3	5377,9	0,10
15 - Industrie du cuir et de la chaussure	7	821,3	3726	0,09

μ : réduction de la marge commerciale en cas d'une hausse de 10% des achats énergétiques

Sources : * calculs sur données INSEE Enquête annuelle sur les consommations d'énergie dans l'industrie en 2013 et ** INSEE, Esane 2013

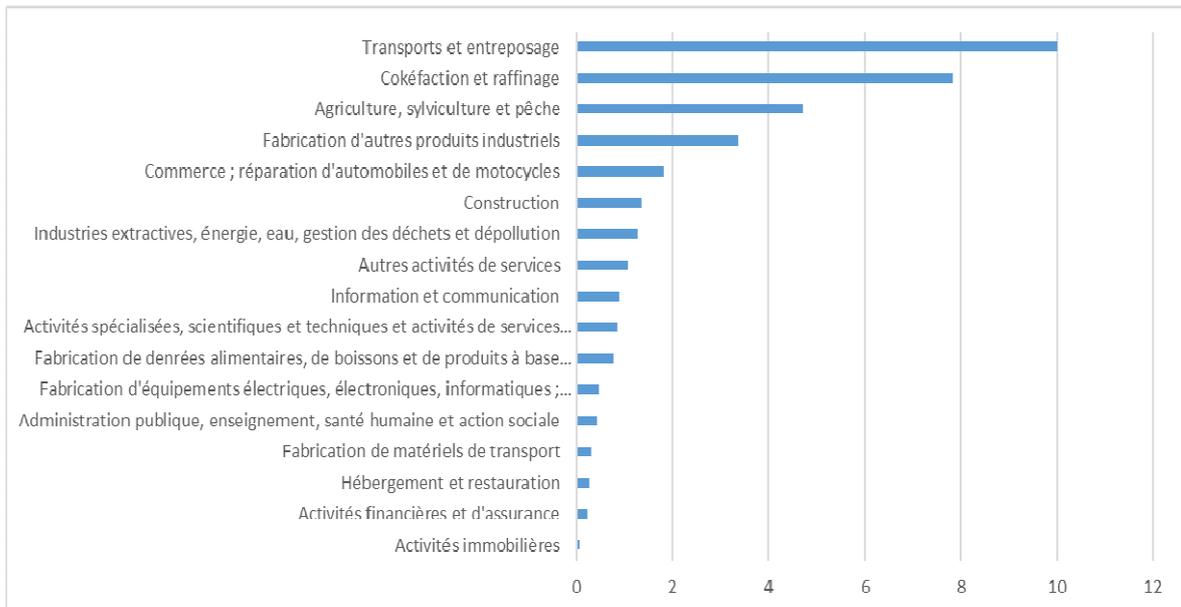
Figure 28 : L'inégalité des types de producteurs face à la baisse du prix

Cash costs of oil production by country and production type



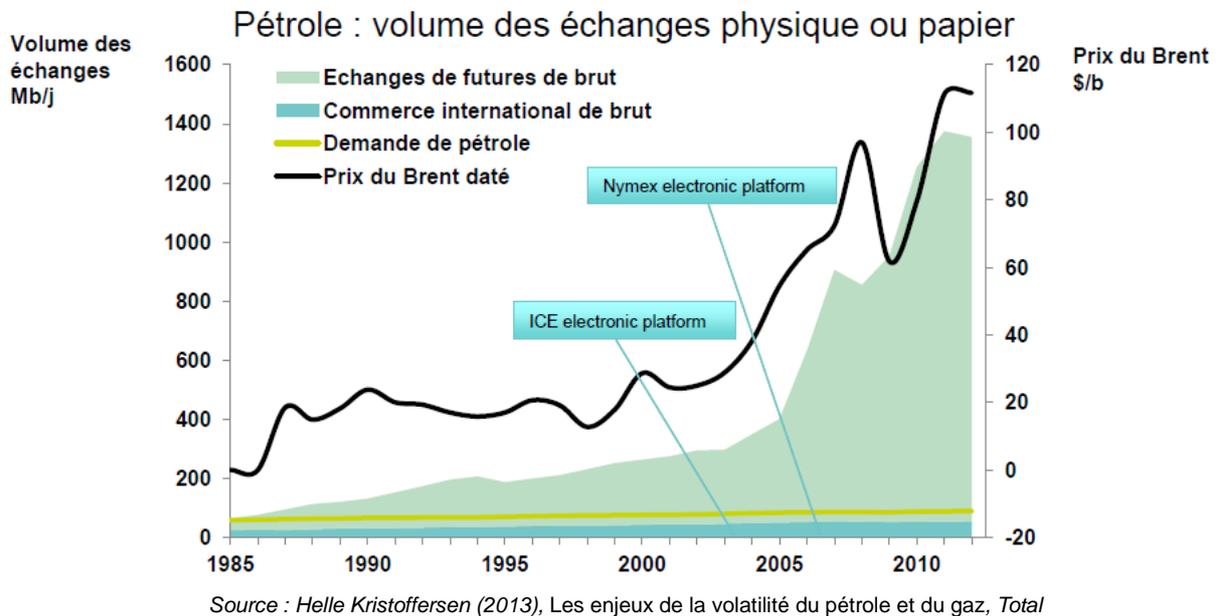
Source : EL Morse, « Global Oil and Gas – Volatile Times Ahead », CITI Research, mai – juin 2015

Figure 29 : Consommation intermédiaire de produits issus du raffinage et de la cokéfaction dans la valeur totale de la production, 2013, %



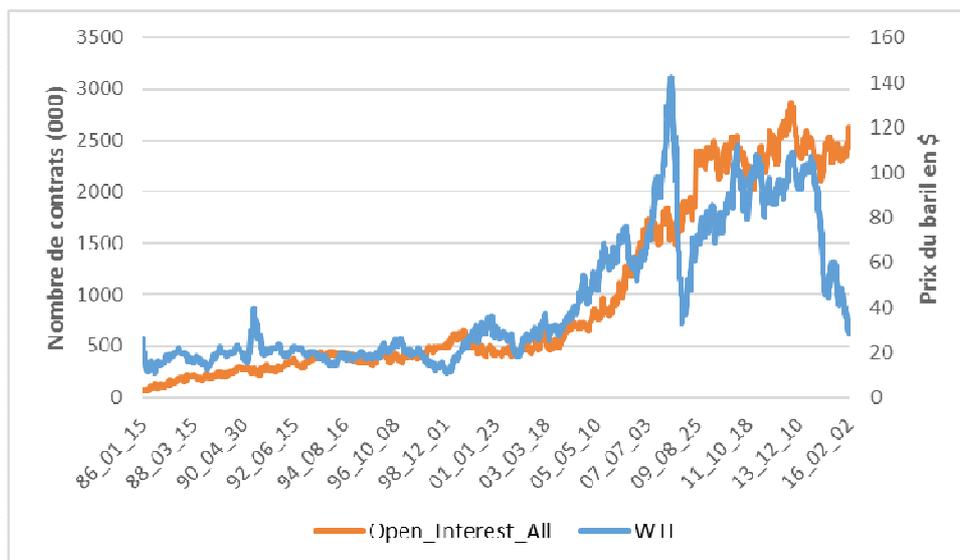
d) De la couverture à la spéculation : le développement des marchés à terme

Figure 30 : Depuis 2003, les échanges de contrats sur le brut au cœur de la formation des prix



Notre point de vue est que le développement des produits financiers et la hausse des pratiques spéculatives l'accompagnant ont entraîné l'augmentation des prix et non que cette hausse a entraîné l'accroissement des couvertures. C'est en quelque sorte le changement technique des outils des financiers qui a fait du pétrole un objet de spéculation de premier choix.

Figure 31 : Nombre de positions ouvertes pour les contrats de à terme et prix du pétrole



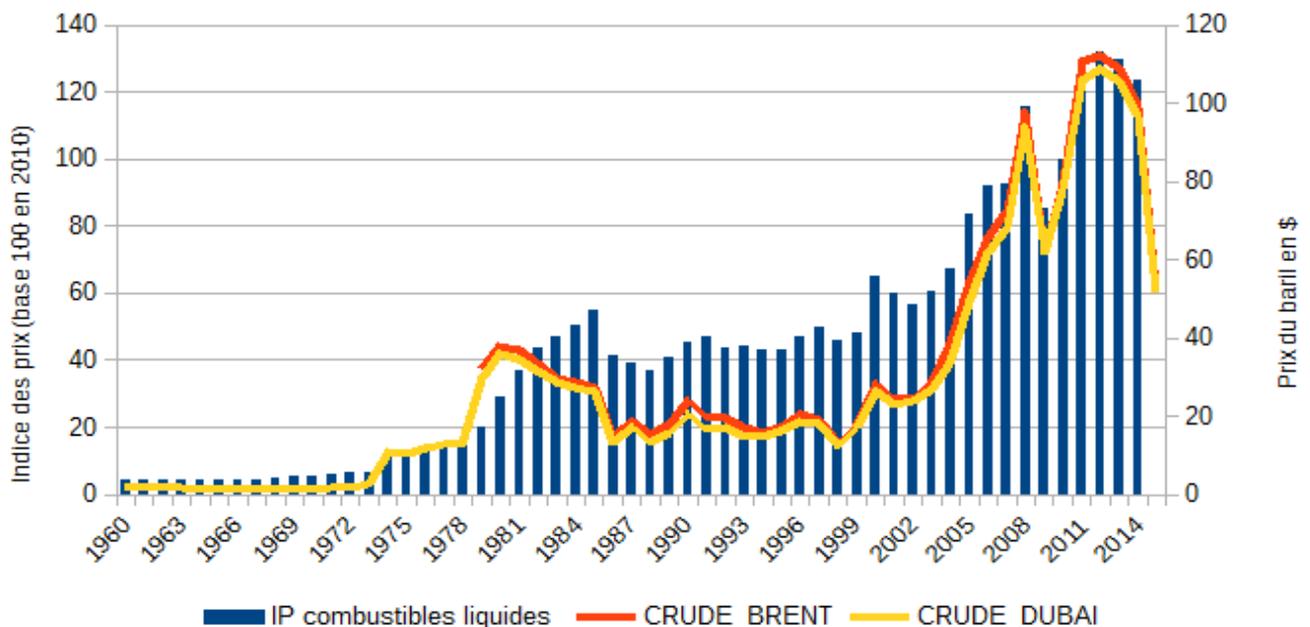
e) Le consommateur en bout de chaîne

Derrière les flux physiques de pétrole brut et de produits raffinés, s'articulent des marchés et des prix. Entre le prix du pétrole brut et le prix de l'essence à la pompe, différents acteurs interviennent, selon le processus industriel de transformation, qui contribuent chacun à la formation du prix final. Le consommateur ne connaît des prix pétroliers que leurs expressions en euros, toutes taxes comprises, soit par leur fournisseur de fioul, soit par leur pompiste.

Un marché des livraisons de carburant aux stations par camions existe en amont des transactions avec les stations-services, et en aval de ce marché, s'organise le marché entre entrepositaires agréés par les douanes, qui s'échangent des lots de carburants en s'appuyant sur le parc de dépôts sous douane existant en France et les infrastructures de logistique massive correspondantes (cessions en bacs ou par oléoducs, péniches ou wagons). Cette intermédiation est l'une des raisons de la moindre volatilité du prix à la pompe (série de figures suivantes).

La baisse des prix du pétrole se transmet aux ménages via la baisse du prix des produits pétroliers entrant dans le panier de biens consommés (5 % du panier en France), ce qui accroît le pouvoir d'achat du revenu disponible des ménages et encourage des dépenses supplémentaires. Au niveau macro-économique, les chocs pétroliers sont réputés inflationnistes. Les années 1990 ont illustré à plusieurs reprises cette intuition, alors que la première moitié des années 2000 a plutôt montré le contraire (Barsky, Kilian, 2004). La superposition des courbes des prix du baril et de l'indice des prix illustre la viscosité des prix qui concernent le grand public.

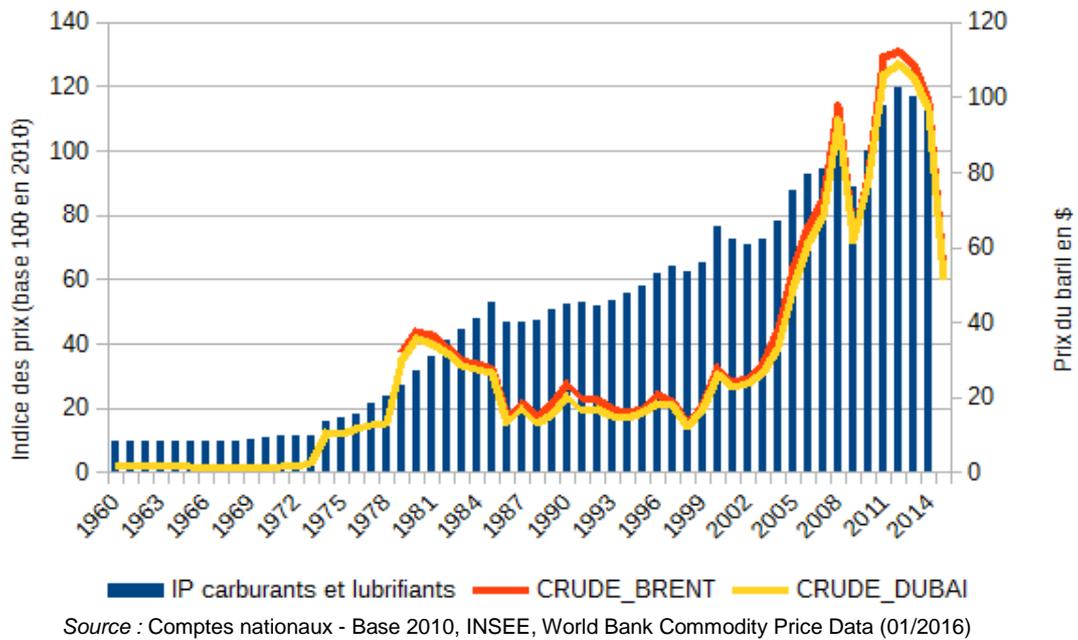
Figure 32 : Indice des prix de la consommation effective des ménages pour la fonction Combustibles liquides* et prix du baril de pétrole (\$)



Source : Comptes nationaux - Base 2010, INSEE, World Bank Commodity Price Data (01/2016)

* Fioul domestique (pour le chauffage et l'éclairage).

Figure 33 : France - Indice des prix de la consommation effective des ménages pour la fonction « Carburants et lubrifiants »* et prix du baril de pétrole (\$)



* Essence et autres carburants (gazole, gaz de pétrole liquéfié, alcool et mélanges pour moteur à deux temps, etc.) ; lubrifiants, liquides de frein et d'embrayage, liquides de refroidissement et additifs.

Selon les estimations de l'OFCE (Antonin *et al.*, 2015), une baisse durable du prix du pétrole de 20 dollars entraîne en France une hausse du PIB de 0,2 point la première année. L'effet maximum est atteint au bout de 2 ans et atteint 0,3 point de PIB. Si la baisse du prix du pétrole se transmet rapidement aux prix à la consommation (l'inflation en France ralentit en moyenne de 1,2 point la première année), ce processus n'est pas entièrement répercuté.

Figure 34 : France - Indice des prix de la consommation effective des ménages pour les produits « Essence super plombé », « Super sans plomb » et « Gas-oil » et prix du baril de pétrole (\$)

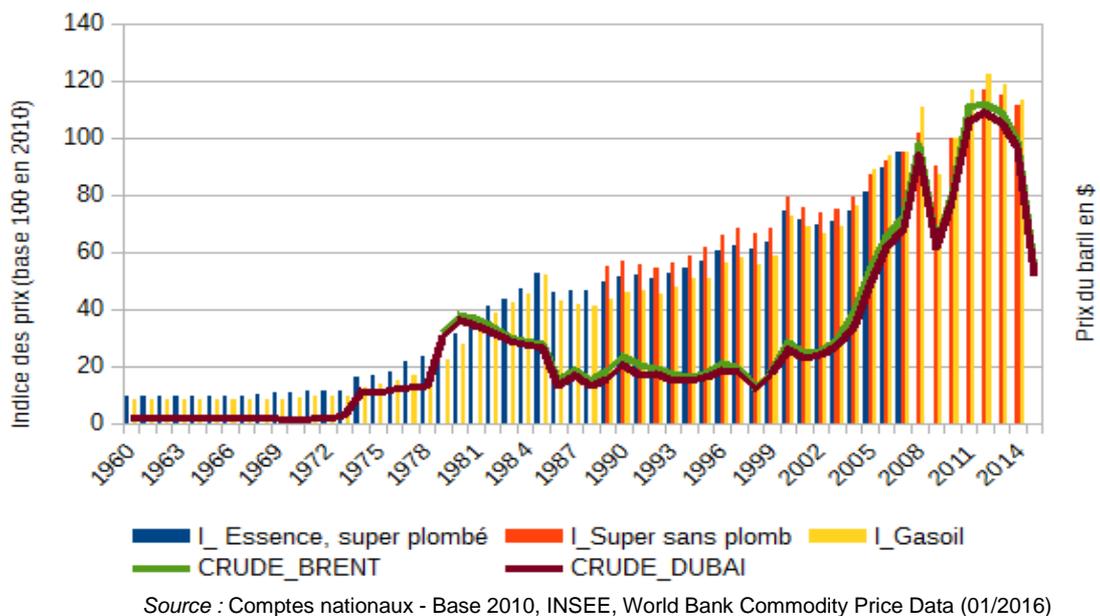
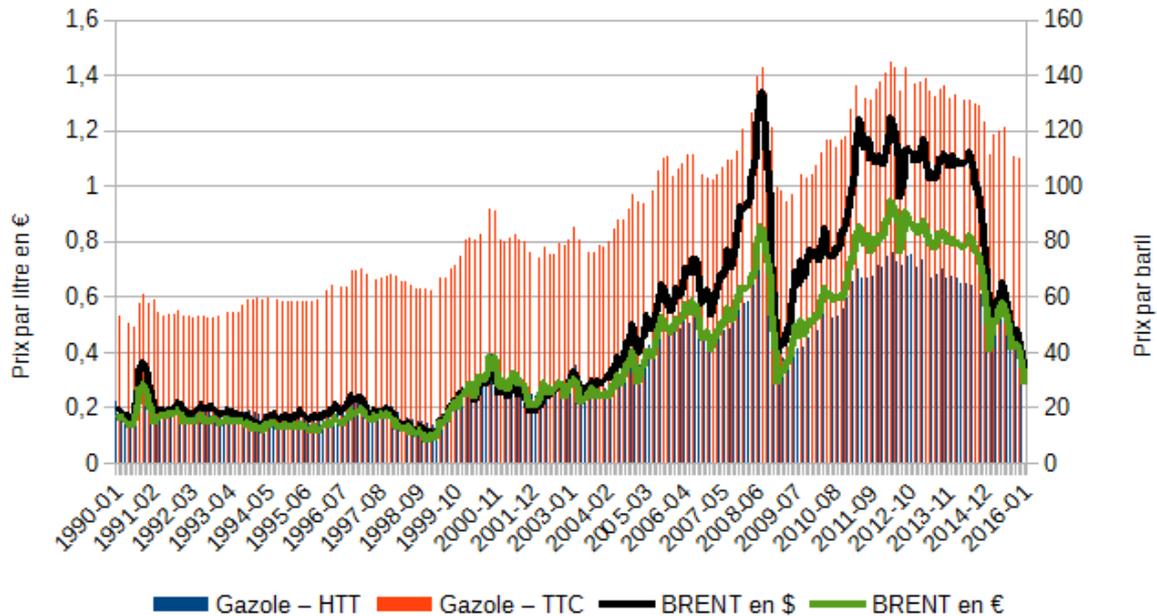
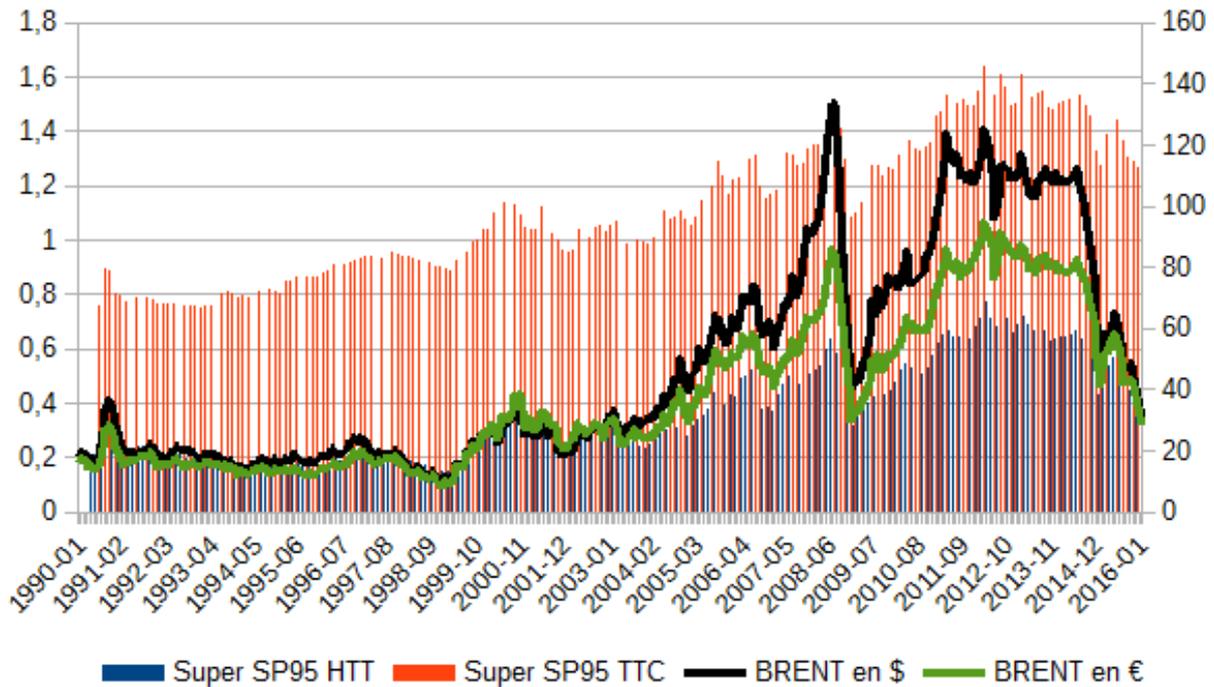


Figure 35 : France - Prix en € du gazole avec ou sans taxe et prix du pétrole Brent importé en \$ et en €



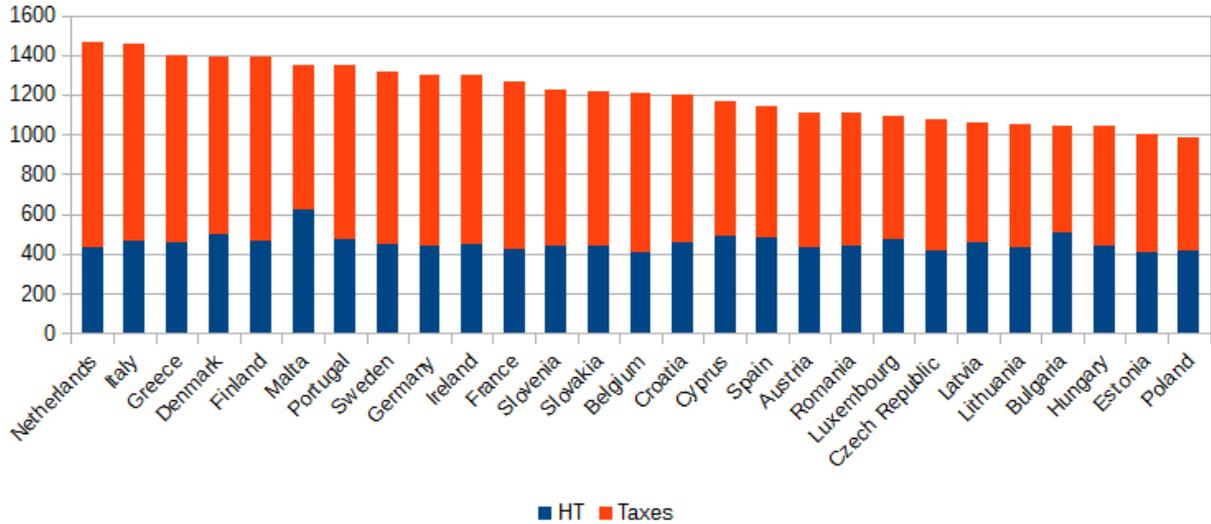
Source : DGEC et INSEE

Figure 36 : France - Prix en € du super 95 avec ou sans taxe et prix du pétrole Brent importé en \$ et en €



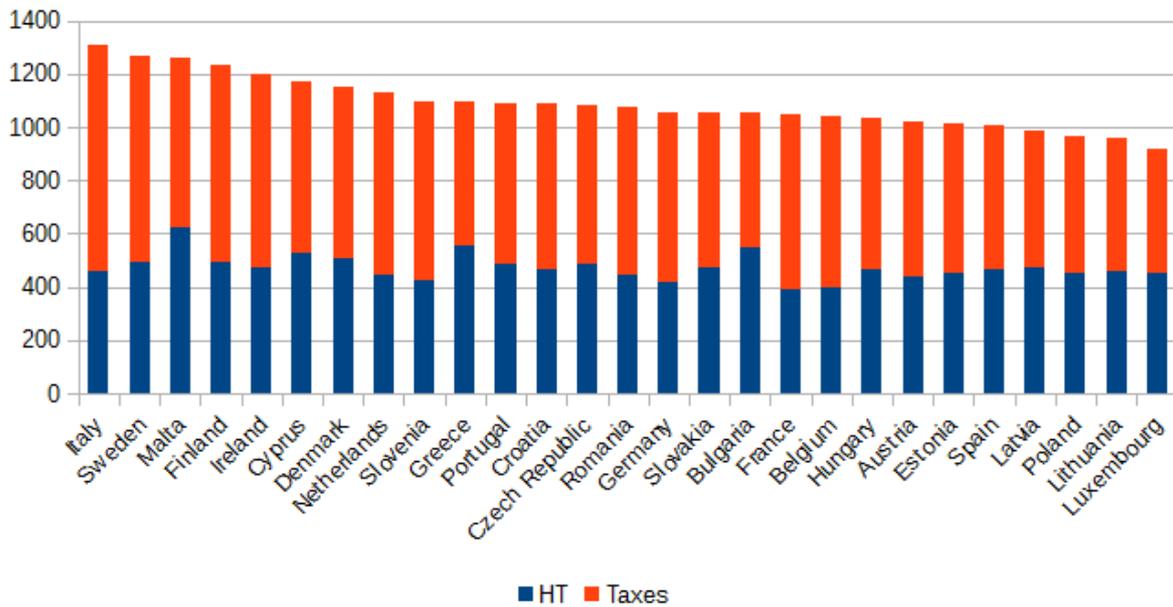
Source : DGEC et INSEE

Figure 37 : Europe - Prix à la consommation des produits pétroliers hors et avec droits et taxes : Euro Super 95, 1000 litres en €, tarif au 14/12/2015



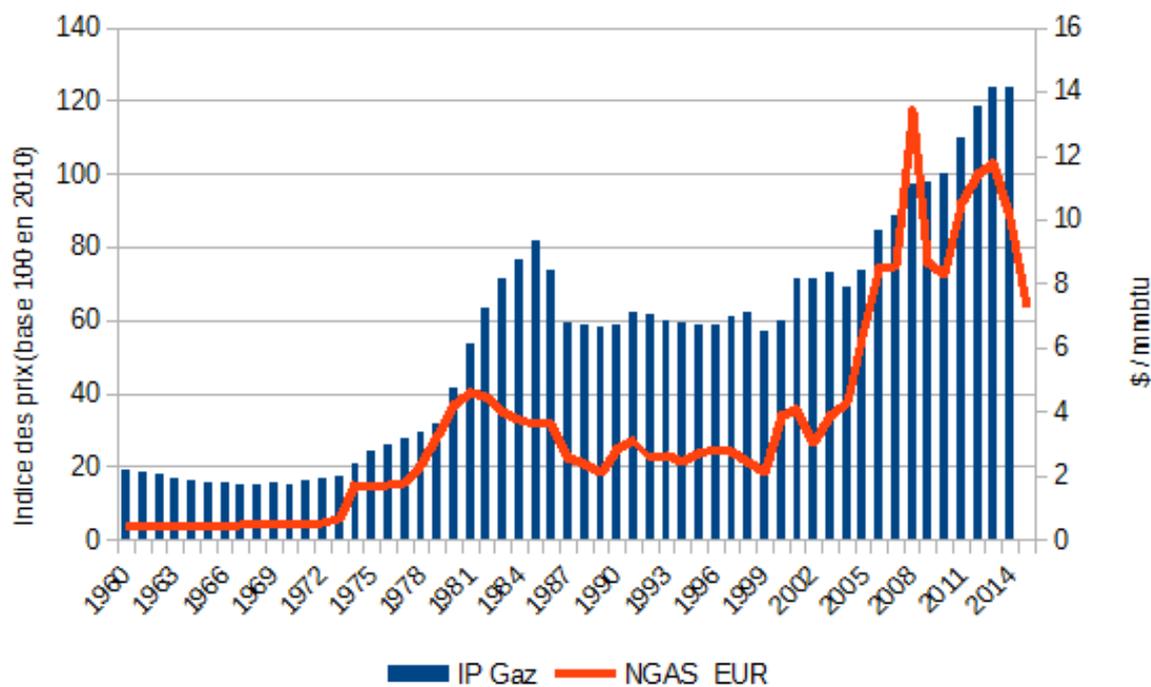
Source : Commission européenne (Oil bulletin)

Figure 38 : Europe - Prix à la consommation des produits pétroliers hors et avec droits et taxes : Gazole, 1000 litres en €, tarif au 14/12/2015



Source : Commission européenne (Oil bulletin)

Figure 39 : Indice des prix de la consommation de gaz* des ménages en France et prix du gaz naturel*

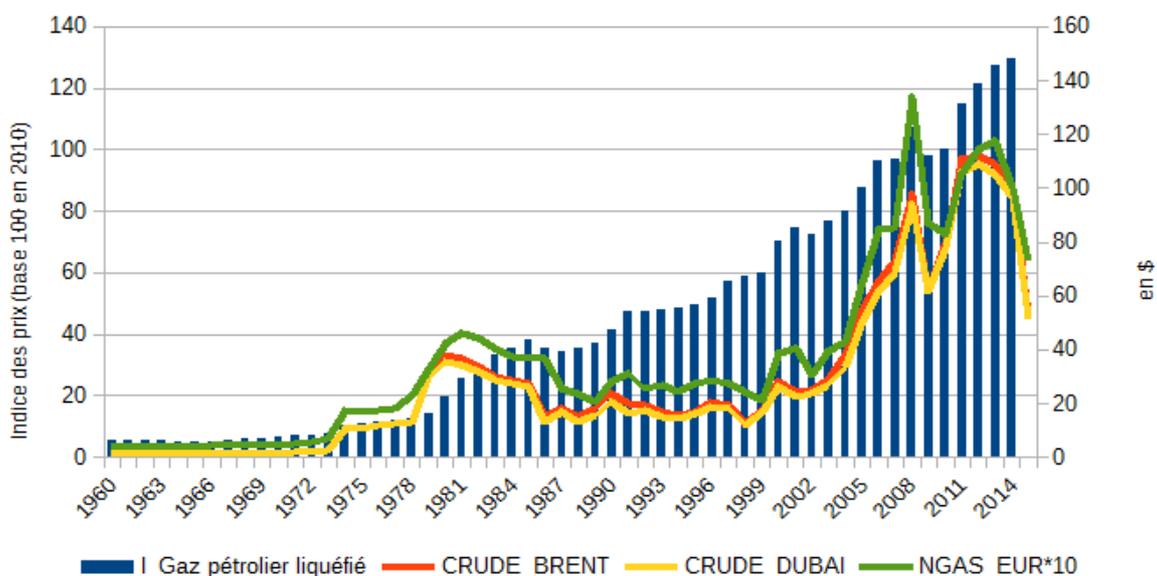


Source : Comptes nationaux - Base 2010, INSEE, World Bank Commodity Price Data (01/2016)

* Gaz de ville et gaz naturel ; Hydrocarbures liquéfiés (butane, propane, etc.). Sont inclus : dépenses connexes (location de compteur, relevé de compteur, récipients de stockage, redevances fixes, etc.)

En 2015, 21% de la facture payée par les ménages étaient constitués de taxe (dont TVA 13,4%).

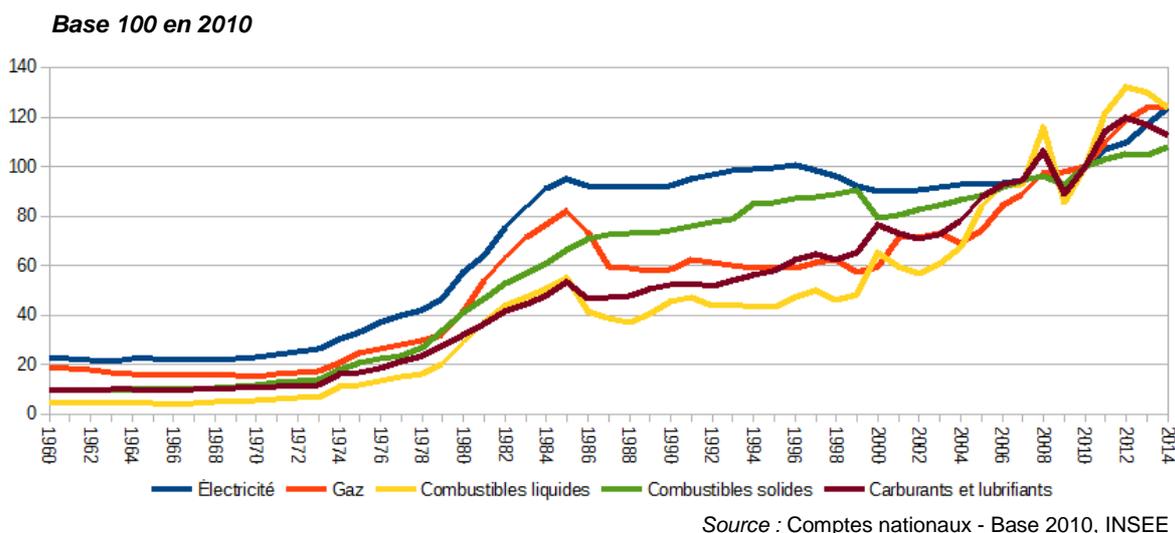
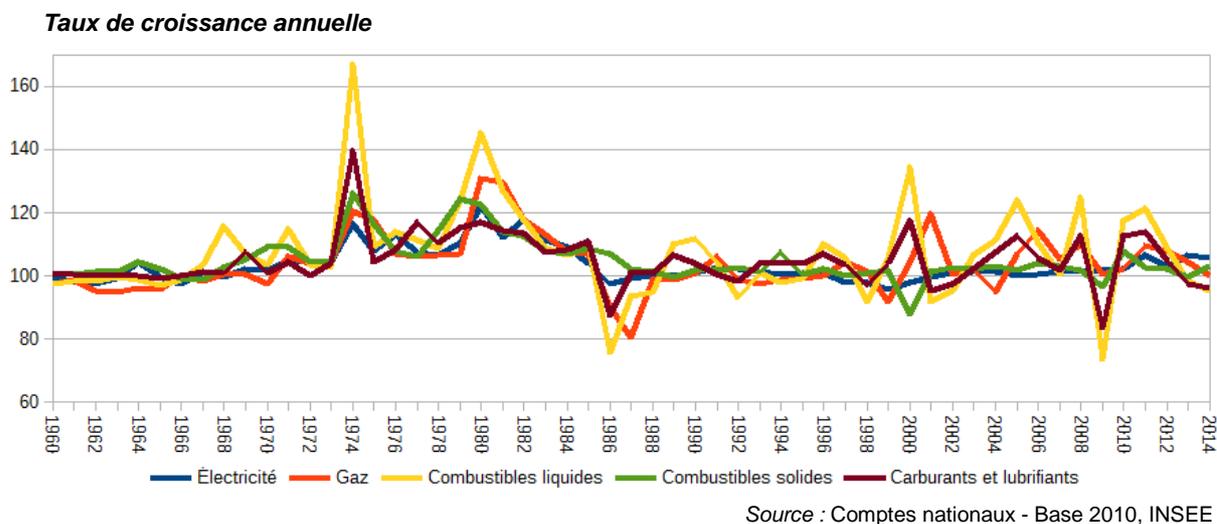
Figure 40 : France - Indice des prix de la consommation effective des ménages pour le produit « gaz pétrolier liquéfié »* et prix du gaz naturel et du pétrole



Source : Comptes nationaux - Base 2010, INSEE, World Bank Commodity Price Data (01/2016)

*Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) est un mélange d'hydrocarbures légers issu du raffinage du pétrole pour 40 % et de traitement du gaz naturel pour 60 %. Les hydrocarbures constituant le GPL sont essentiellement le propane et le butane.

Figure 41 : France - Indices de prix de la consommation pour « électricité », « gaz », « combustibles liquides », « combustibles solides »* et « carburants et lubrifiants » en 2014 (en haut) et en 2010 (en bas)



* Charbon, coke, boulets et briquettes, bois de feu, charbon de bois, tourbe, etc.

4. Les linéaments d'un nouveau régime des prix de l'énergie

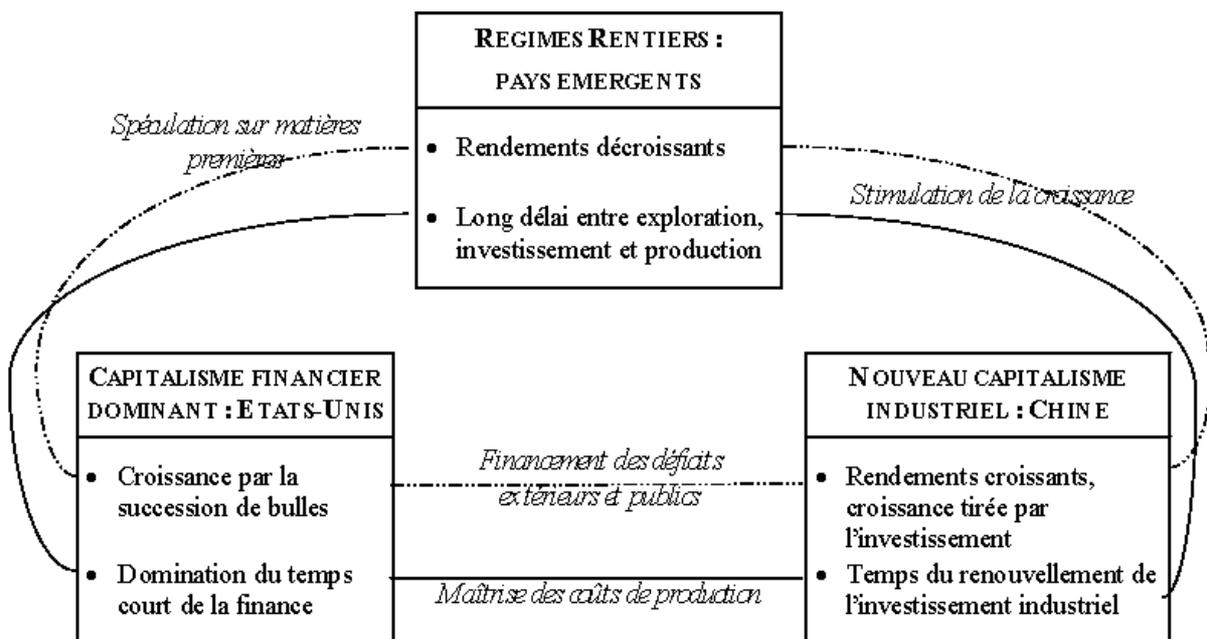
Les caractérisations successives qui précèdent permettent d'esquisser la configuration du régime en voie d'émergence. Il importe de se situer au niveau international puisque le prix du pétrole est une variable clé de l'économie mondiale et de montrer comment les déterminants entre les différents régimes de croissance interagissent et s'ils définissent de nouveaux déterminants pour la formation des prix de l'énergie.

a) Le résultat de l'interdépendance de trois modes de développement

Traditionnellement, le prix du pétrole se forme par la rencontre entre l'offre des pays producteurs et la demande des pays industrialisés pour lesquels l'énergie est un facteur déterminant, car largement complémentaire par rapport au volume de la production. Ce schéma doit être actualisé à la lumière de deux transformations majeures. D'une part l'essentiel de l'industrialisation opère au niveau des nouveaux entrants aux premiers rangs desquels l'Asie dont la Chine ; d'autre part, la mondialisation financière a transformé l'interdépendance entre ces deux régimes puisque le prix du pétrole fait l'objet tant de couverture par les consommateurs que de spéculation par les acteurs financiers.

A partir des années 2000, le phénomène nouveau tient à l'accélération de l'industrialisation chinoise qui devient le vecteur essentiel de la demande de matières premières et d'énergie. Le charbon est abondant en Chine mais pas le pétrole. La tension sur les prix suscite l'intérêt des financiers, de sorte que le prix du pétrole fait l'objet d'arbitrages typiquement financiers. Lorsque l'euphorie des bulles boursières se conjugue avec le dynamisme des pays émergents, les termes de l'échange entre énergie et produits industriels connaissent une réévaluation conséquente et durable. Ainsi s'amorce un cycle qui tient au décalage entre le temps court de la finance et celui plus long de l'ajustement de l'offre pétrolière aux signaux de prix courant et à terme. Pour les pétroles non conventionnels certes, le temps de réaction des nouveaux forages raccourcit à quelques mois, mais il demeure considérable par rapport au temps de cotations financières. A partir de 2009, l'écart grandissant entre l'évaluation financière et les usages de pétrole finit par déboucher sur un brutal renversement de la conjoncture, que favorise et amplifie le mimétisme, réaction typique de la finance face à l'incertitude (Schéma 1).

Schéma 1 : Une stylisation de la configuration géopolitique qui façonne la formation du prix de l'énergie



La chute du prix du pétrole est d'autant plus brutale que les logiques productives et financières conjuguent leurs effets dépressifs. D'un côté, de nouveaux producteurs sont entrés sur le marché pétrolier, comme les producteurs de pétrole non conventionnels aux Etats-Unis, mais leur rentabilité chute lorsque s'effondre le prix du pétrole. Ils font certes des efforts de productivité, mais un écart durable subsiste entre capacité de production et demande. D'un autre côté, les financiers découvrent que ce qu'ils croyaient être l'évolution de la valeur économique du pétrole n'était en fait que la conséquence de leur propre emballement spéculatif : un mécanisme de sur-ajustement fait chuter les prix du pétrole de telle sorte que même les plus performants des pays producteurs – l'Arabie Saoudite par exemple – rencontrent des difficultés sans précédent en matière de déficits des finances publiques.

Le travail statistique présenté dans l'encadré ci-après met en avant des discontinuités importantes, liées au phénomène de persistance sur les marchés. A l'exception de la hausse qui n'a pas touché la volatilité des prix du pétrole relevé dans les ports de New York et du Golfe du Mexique, trois périodes se distinguent par la forte persistance de la dynamique des prix et plus particulièrement la dernière, dont la force est totalement inédite.

Ces statistiques sont, pour la période plus récente, autant d'indices qu'une bulle spéculative portant sur le pétrole- et par extension sur nombre d'autres ressources naturelles- a joué un rôle déterminant dans la formation du prix du pétrole. D'autres arguments peuvent être avancés. D'abord les grands fonds financiers ont trouvé dans les futures portant sur les ressources naturelles le vecteur d'une croissance du rendement de leur capital, et ce, .après l'éclatement de la bulle immobilière américaine et la faillite de Lehman Brothers. L'anticipation d'un renchérissement à moyen-long terme a permis l'essor de la production de pétrole non conventionnel, ce qui a contribué à la surréaction par rapport à la demande physique de pétrole, en réponse à la vigoureuse croissance chinoise et l'explosion de la consommation liée à la rapide diffusion de l'automobile dans ce pays. Ensuite, la violence et l'ampleur de la chute des cours du pétrole est typique de l'éclatement d'une bulle spéculative et non pas de l'ajustement traditionnel sur un marché physique.

La confirmation du ralentissement de l'économie chinoise, une reprise américaine sans vigoureuse création d'emploi et une quasi-stagnation de l'Union européenne viennent confirmer l'irréalisme des prix du pétrole atteint à la fin de 2015. Enfin, au plan géopolitique se déploient des stratégies visant à éliminer les concurrents les moins compétitifs afin de restaurer le pouvoir de marché de certains acteurs clés, tel l'Arabie Saoudite. Ainsi la financiarisation du prix du pétrole a donc impliqué une accentuation de la volatilité.

b) Une crise qui affecte l'ensemble du secteur énergétique

Compte tenu de possibilité de substitution entre diverses sources d'énergie, le changement du régime des prix du pétrole se retrouve par exemple pour le gaz qui tend à remplacer le pétrole dans la production d'électricité. On retrouve en effet sensiblement les mêmes périodes de rupture pour le gaz et pour le pétrole. On peut y voir l'effet de la rationalisation des marchés de l'énergie qui franchissent une nouvelle étape, renforcée par les réactions à l'effondrement du prix du pétrole. C'est sans doute la conséquence des arbitrages que producteurs et consommateurs d'un côté, acteurs financiers de l'autre opèrent sur ces divers marchés. Cela augure de nouvelles interdépendances entre gaz et pétrole.

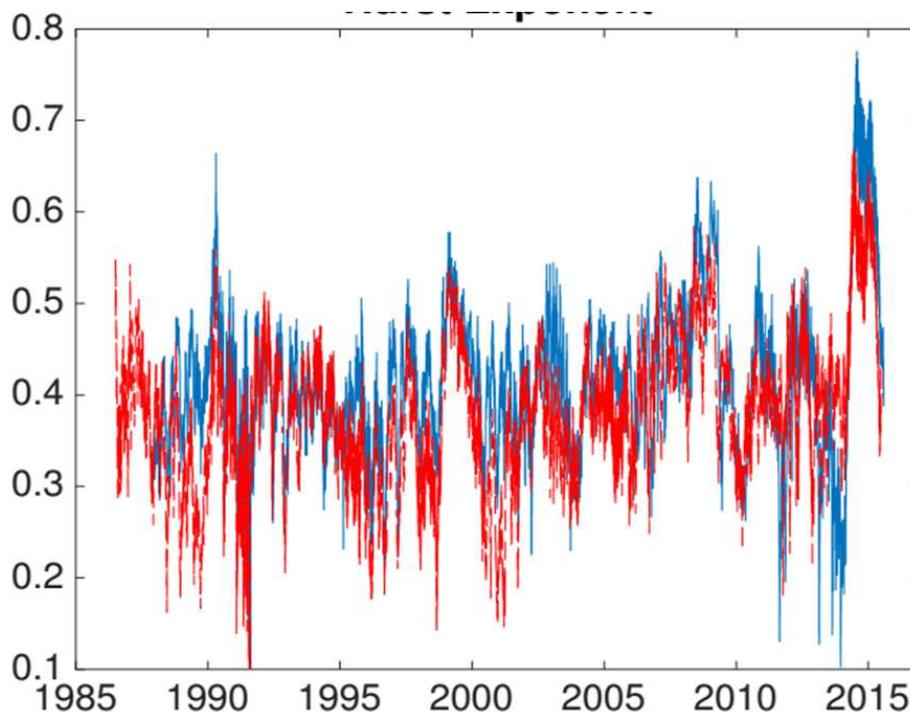
Encadré : Exposants de Hurst et dépendance des séries de prix

La méthode d'Harold Hurst (1880-1978), un hydrologue soucieux de modéliser les séries de crues du Nil, consiste à estimer, pour un intervalle donné, le rapport entre l'étendue d'une série centrée et intégrée et l'écart-type de la série originale. La série est ainsi considérée comme la cause du déplacement d'une variable.

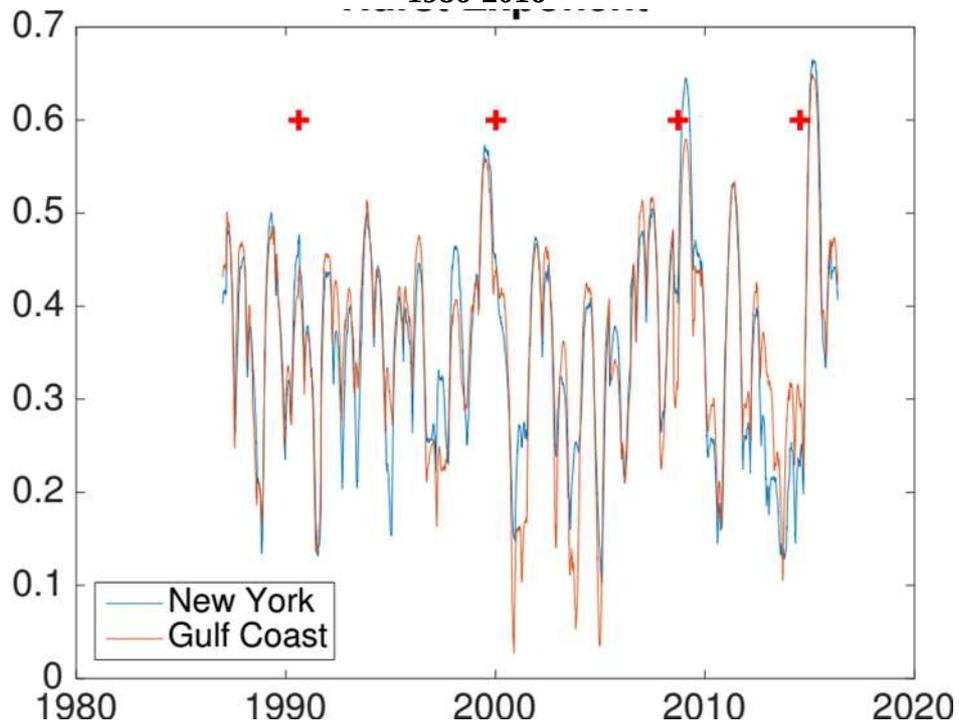
Le calcul de l'exposant de Hurst est sans intérêt pour les séries brèves, mais les calculs portent dans ce rapport sur des marchés étudiés sur trente ans pour le pétrole (Brent, WTI et stocks de pétrole raffiné aux E.U.) et vingt pour le gaz (bien au-dessus du seuil de 500 données). Si l'exposant est sensible à la taille de l'échantillon, il ne dépend pas, pour un intervalle de temps donné, de la fréquence d'échantillonnage. A court terme, le coefficient de Hurst caractérise donc les régularités locales (à l'échelle de quelques jours) et singulariser les corrélations des incréments, ce qui permet de faire des prédictions statistiques à moyen terme (sauf si $h=1/2$, auquel cas, les incréments sont indépendants).

L'exposant de Hurst fournit une mesure de l'intensité de la dépendance dans une série temporelle. Lorsqu'il est inférieur à $1/2$, l'exposant caractérise un processus d'anti-persistence, c'est-à-dire de retour à la moyenne, lorsqu'il est égal à $1/2$, il qualifie un marché aléatoire (un processus brownien géométrique), au-delà de $1/2$, l'exposant correspond à un processus persistant. La mise en évidence d'une loi de puissance du spectre jusqu'à l'échelle d'une bonne dizaine d'années permet de caractériser le processus à cette échelle.

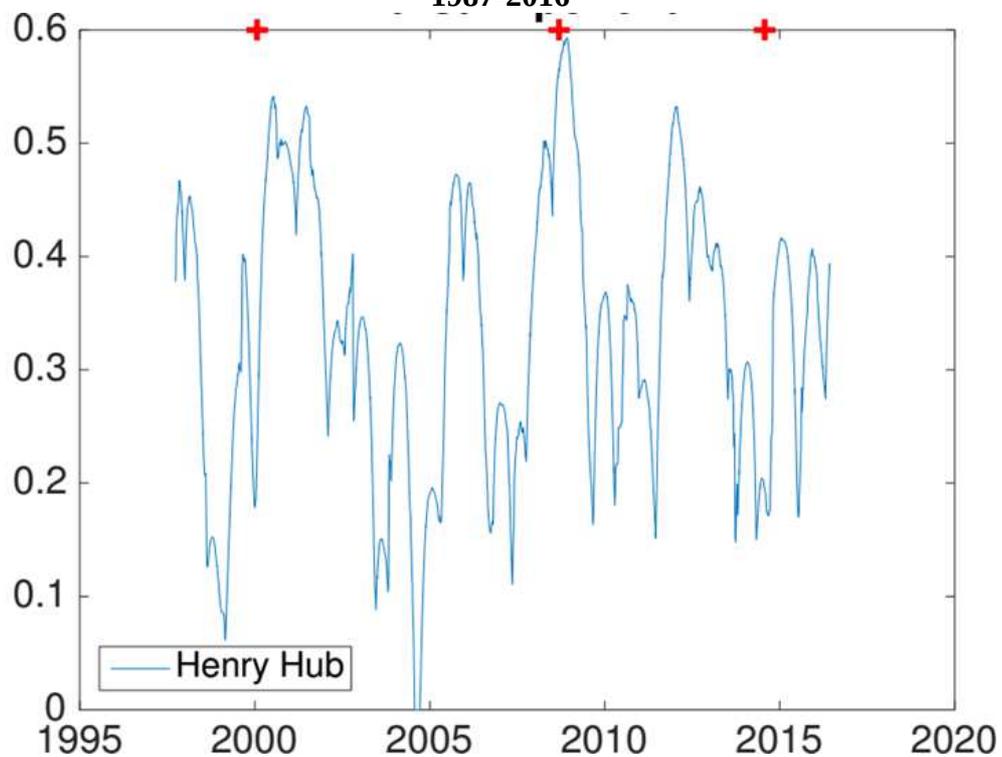
**Exposant de Hurst pour le pétrole Brent et le Texan
1986-2016**



**Exposant de Hurst pour l'essence
(prix du carburant stocké port de New York et golfe du Mexique)
1986-2016**



**Exposant de Hurst pour le gaz naturel
(Henry Hub)
1987-2016**



Cette rationalisation concerne aussi le secteur pétrolier lui-même : les divers lieux et méthodes d'extraction ont d'inégales aptitudes pour faire face à la volatilité des prix. De plus, les nouvelles techniques ont une réactivité plus grande que celle que mettent en œuvre les grands pays producteurs. On ne peut donc pas extrapoler les régularités du passé.

c) La fin des chocs et contre-chocs ?

La caractérisation macroéconomique du premier et du troisième régime des prix du pétrole oppose deux configurations, marquées par des changements structurels majeurs, ce qui permet de mettre en relief l'originalité de la période qui s'installe. L'analyse statistique dont cette étude est l'occasion, montre à quel point les phénomènes de persistance sur les marchés semblent coordonnés avec les changements de régime. Néanmoins, jusqu'à la baisse des prix de 2014, les changements de représentation pouvaient être perçus dans la logique de chocs et de contre-chocs pétroliers. Il n'en est plus nécessairement de même aujourd'hui.

i. Les années 1970-1980 : pays producteurs contre pays consommateurs de pétrole

Le brutal renchérissement du pétrole par décision de l'association des pays producteurs (OPEP) lance un cycle qui se termine par un retour à une formation concurrentielle des prix du pétrole. L'impact de ce renchérissement est très contrasté (Schéma 2).

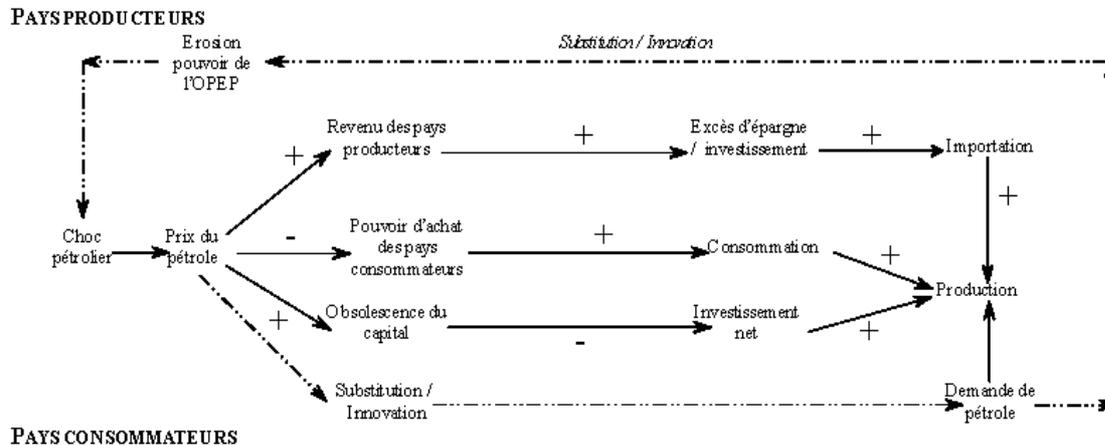
Pour les pays consommateurs, la ponction sur le revenu se répercute d'abord sur la rentabilité des entreprises, puis sur le pouvoir d'achat : en résulte une brutale récession accompagnée d'une spirale inflationniste (exemple frappant de stagflation) car les salaires sont indexés sur les prix à la consommation. Dans un second temps, les équipements les plus intensifs en énergie connaissent une obsolescence accélérée ; symétriquement, la recherche d'économie d'énergie devient à terme le support de nouveaux investissements.

Les pays producteurs enregistrent une flambée de leur revenu qui ne se convertit pas en un supplément de consommation car la distribution de la rente est très concentrée : il apparaît un excès d'épargne à l'échelle internationale, partiellement recyclé par le système financier des pays exportateurs. En conséquence, la stagnation l'emporte sur les facteurs d'expansion.

Cette configuration ne dure pas, car des effets de plus long terme progressivement érodent le pouvoir de l'OPEP dans sa capacité à fixer le prix mondial du pétrole. D'abord des anticipations de constante augmentation du prix du pétrole suscitent des adaptations parfois radicales, en matière de transport par exemple. Ensuite, d'autres sources d'énergie entrent en concurrence avec le pétrole – par exemple le nucléaire et dans une certaine mesure le charbon – ce qui conduit à une lente baisse de la demande de pétrole par rapport à la production. Enfin, ce ralentissement de la demande met à mal la coordination qu'opérait l'OPEP dans les années soixante-dix. Les politiques de chacun pour soi l'emportent de sorte que le prix réel du pétrole atteint des niveaux bien inférieurs à ceux qui étaient anticipés après les deux chocs pétroliers.

Dans ce contexte, la modération des prix pétroliers stimule la croissance mondiale en redistribuant du pouvoir d'achat des pays producteurs vers les pays consommateurs : les contre-chocs pétroliers s'avèrent donc bénéfiques pour l'économie mondiale considérée dans son ensemble.

Schéma 2 : Chocs et contrechocs pétroliers et conjoncture macroéconomique



ii. Les années 2000-2010 : les financiers contre l'économie pétrolière

La baisse brutale et considérable du prix du pétrole à la fin de l'année 2015 n'a pas eu les effets attendus de redressement de la croissance. Les analyses qui précèdent suggèrent que ce n'est, ni l'expression d'un retard d'ajustement, ni une anomalie par rapport à un modèle canonique. Il s'agit plutôt de la conséquence directe de la dialectique entre le pétrole comme facteur de production dans l'économie réelle et comme support de spéculation financière (Schéma 3).

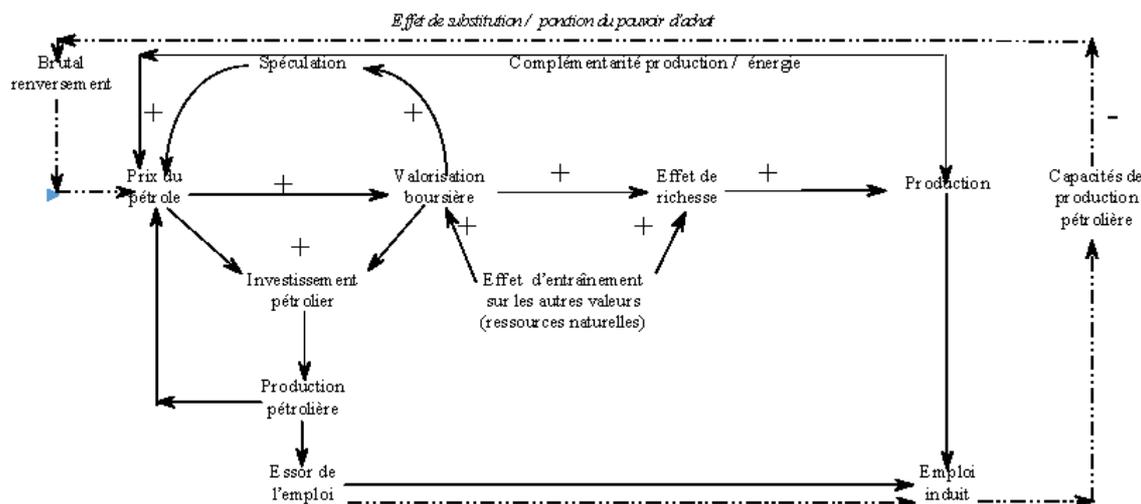
Pour les pays producteurs, la flambée des prix est une incitation à l'exploration de nouveaux gisements, plus difficiles à exploiter et donc considérablement plus coûteux. Aussi se développent les projets d'exploration pétrolière à grande profondeur ou encore l'exportation du gaz de roches. Un cercle initialement vertueux est entretenu entre augmentation des prix et croissance de la production.

Le redressement des cours du pétrole est attribué à la synchronisation de la croissance de la Chine, perçue comme l'atelier du monde, dévoreur d'énergie, et la culmination du régime Nord-Américain de croissance tirée par la finance. Dans ce contexte, le prix du pétrole devient le support d'un développement du crédit aux nouveaux producteurs, y compris dans les pays anciennement importateurs. C'est le point de départ d'une bulle spéculative boursière qui, par les effets de richesse, se répercute sur la consommation et finalement la conjoncture générale aux Etats-Unis. Ce mouvement est renforcé par les entrées de capitaux en provenance des Etats pétroliers et de la Chine.

Ainsi, la synchronisation des vues optimistes portant sur la croissance des pays émergents, dont la Chine, et sur le futur des pays producteurs de matières premières, conduit à la création d'un excès de capacités pour la production pétrolière. L'annonce d'un ralentissement de l'économie chinoise peut inverser la conjoncture. La surcapacité, associée

à une atomisation des divers offreurs dont plus aucun n'a le pouvoir de contrôler le marché car la capacité de l'OPEP n'a pas disparu mais est réduite, entraîne un brutal renversement de l'optimisme parmi les financiers qui avaient spéculé sur la durabilité de la réévaluation du prix du pétrole et la soutenabilité des régimes de croissance soutenus par la rente, tel le Brésil.

Schéma 3 : La financiarisation du prix du pétrole : 2009-2016



d) La crise des pays producteurs : l'illusion d'un renversement durable des termes de l'échange

La logique financière est à l'origine du retournement des anticipations portant sur les pays aussi bien consommateurs que producteurs de pétrole. Pourtant, les années 2015–2016 ne sont pas la répétition des contre-chocs pétroliers, car l'importance relative des pays producteurs et consommateurs n'est plus la même. Il faut se rappeler que les régimes organisés autour de la rente s'avèrent fragiles (Schéma 4).

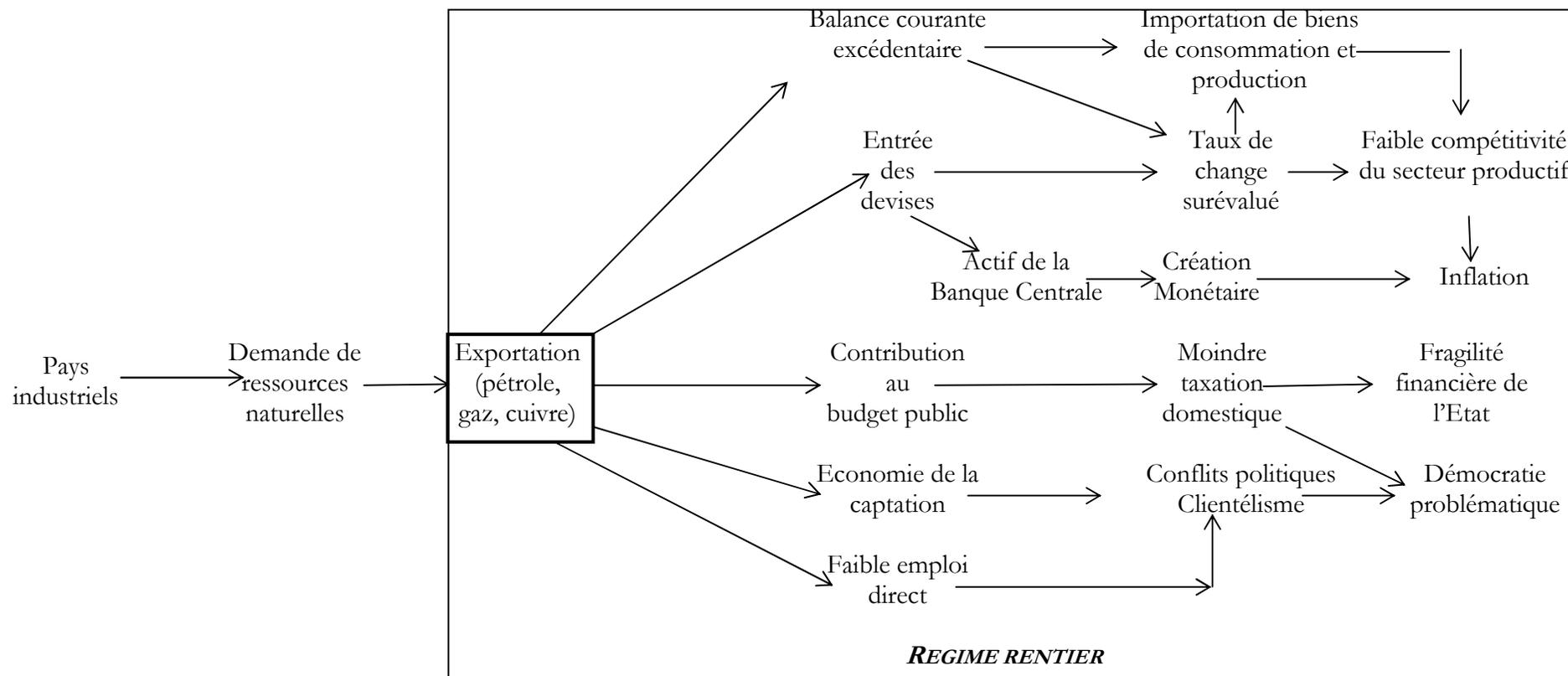
- La plupart des gouvernements de ces pays conçoit comme durable le haut niveau du prix de l'énergie. En conséquence, certains ont affecté les recettes pétrolières à de grands projets productifs porteurs d'avenir mais largement irréversibles (certains pays du Golfe Persique), d'autres ont lancé des programmes de couverture sociale qui ont suscité de nouvelles demandes (le Brésil). La chute des cours pétroliers fait donc apparaître de profonds déficits publics qui, une fois liquidés certains actifs, nécessitent des politiques d'austérité, car l'accès au crédit international devient difficile.
- De la même façon, l'équilibre de la balance courante est compromis et l'on assiste à une fuite des capitaux qui creuse le déséquilibre de la balance des paiements. Les marchés financiers ont tendance à provoquer une dépréciation de la monnaie nationale, excessive par rapport au taux de change qui assurerait à moyen terme l'équilibre extérieur. Une crise du change pèse sur la conjoncture domestique, arrête les projets d'investissements et favorise la fuite des capitaux. La faiblesse de la base

productive et la forte dépendance de la consommation à l'égard de l'étranger limitent les effets favorables des dévaluations.

- La conjonction d'une crise des finances publiques et du change, impliquent que les importations se contractent de sorte que les facteurs de dépression se transmettent des pays producteurs vers les pays consommateurs de pétrole. Compte tenu de la place qu'avaient occupée les pays rentiers dans la phase spéculative, les effets négatifs en provenance des pays émergents réduisent ou annulent, au niveau mondial l'impact, a priori positif, d'une baisse du prix de l'énergie dans les pays importateurs nets. Les conséquences d'une forte volatilité pour les pays producteurs, en termes d'équilibre des finances publiques, sont aujourd'hui moins graves dans les pays qui disposent d'un fonds souverain. Pour la Norvège, le Koweït, les Émirats arabes sont relativement protégés par la taille de leurs fonds souverains, qui représentent chacun plus de deux fois le PIB de leurs pays respectifs. L'Arabie saoudite, avec plus de 732 milliards de dollars investis via son fonds souverain, est elle aussi largement protégée à court terme des impacts de la chute des cours.

De ce fait, les multiples changements intervenus dans l'économie mondiale depuis deux décennies – percée industrielle de la Chine, retour à une certaine prospérité des pays rentiers, omniprésence d'une finance internationale à la recherche de rendements élevés, entrée de nouveaux pays sur le marché pétrolier,... – se conjuguent de façon brutale au dernier trimestre 2015 et au début de l'année 2016. Alors que la plupart des prévisionnistes attendaient une accélération de la croissance mondiale, c'est l'inverse qui est observé car le blocage du mode de développement des pays émergents l'emporte sur la dynamisation potentielle des économies de vieille industrialisation. D'autant que l'interprétation de ce ralentissement en termes de stagnation séculaire est l'objet d'un vif débat aux Etats-Unis, et que dure la crise de la zone Euro.

Schéma 4 : La baisse du prix du pétrole fait ressortir les fragilités structurelles des pays producteurs



e) Les représentations de la finance façonnent la dynamique du secteur pétrolier

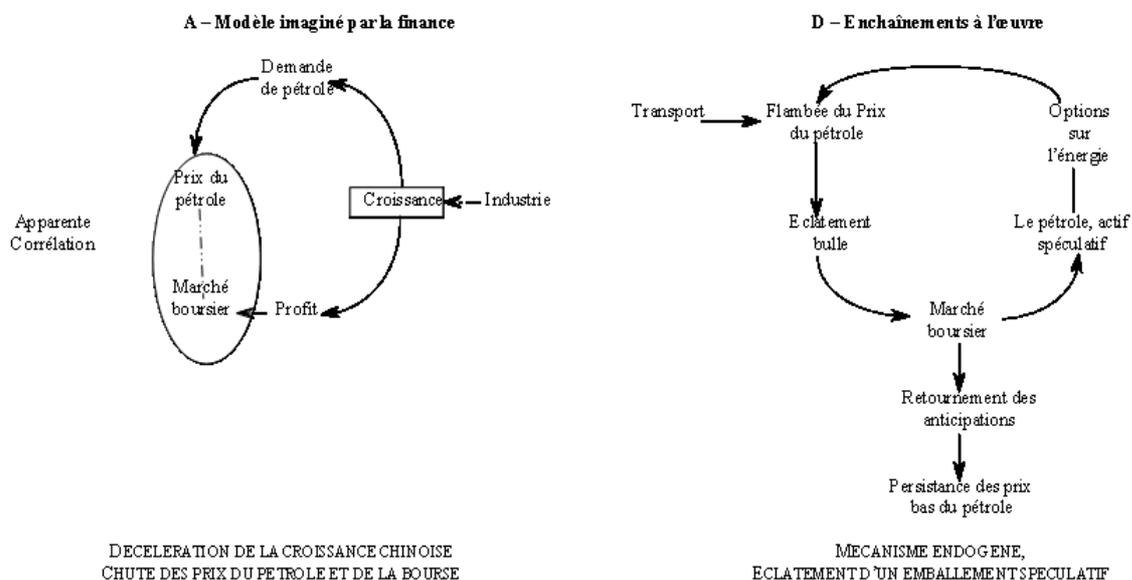
Les analyses statistiques ont fait ressortir l'entrée dans un nouveau régime depuis une décennie, mais telle n'est pas la procédure à partir de laquelle les acteurs du marché pétrolier forment leurs vues sur l'avenir et arrêtent leurs stratégies. C'est cet écart que révèlent les données les plus récentes.

i. La simplification des enchaînements à l'œuvre

Aucun agent n'est capable d'arrêter ses décisions en fonction d'un modèle explicitant l'ensemble des conséquences de ces choix. Ce sont les conventions, au sens de Keynes qui s'en chargent : elles fournissent un cadre de référence commun et permettent de réduire la complexité des processus à l'œuvre et l'incertitude qui lui est associée. Une revue de la presse financière et des prises de position des experts suggère la prégnance d'un modèle simple : la chute du prix du pétrole est un indicateur de la faible utilisation des capacités de production dans l'industrie, ce qui se répercute d'une part sur les autres ressources naturelles, d'autre part sur les profits, donc les cours boursiers, des firmes industrielles. Il en résulte une synchronisation des fluctuations des prix du pétrole et des mouvements de la bourse (Schéma 5).

Cette représentation n'est pas nécessairement exacte. Comme il a été montré précédemment, la demande de pétrole est fortement liée à l'activité transport et elle est concurrencée par des énergies autres en ce qui concerne l'activité industrielle ou la production d'électricité. En second lieu, prix de l'énergie et cotations boursières entretenaient des relations étroites dans la phase de financiarisation qui suit la crise des subprimes. La chute des cours boursiers entérine l'anticipation de la baisse des profits des pétroliers, les difficultés des banques qui ont prêté aux nouveaux producteurs et finalement la réévaluation de la soutenabilité du régime de croissance des pays émergents. Selon cette interprétation, les incertitudes sur la croissance chinoise peuvent avoir joué le rôle de détonateur mais il fallait s'attendre à ce que la bulle spéculative sur les ressources naturelles éclate et précipite une crise financière (Schéma 5).

Schéma 5 : En 2016, le prix du pétrole entre deux logiques



ii. La volatilité du prix de l'énergie : conséquence de l'apprentissage des agents

Dans cette interprétation, la volatilité du prix du pétrole dérive de l'entrée en concurrence de diverses représentations du futur : progressif retour à la moyenne, proximité d'un pic pétrolier ou au contraire irréversible remplacement du pétrole par d'autres sources d'énergie, persistance ou non d'une financiarisation des prix de l'énergie. Simultanément dans l'économie réelle, une autre incertitude radicale concerne la capacité ou non d'une reformation d'un consortium des pays producteurs de pétrole à imposer un prix, alors que divers facteurs géopolitiques impliquent plutôt un régime beaucoup plus concurrentiel que par le passé, équivalent à celui que l'on avait observé après l'érosion du pouvoir de l'OPEP à partir du milieu des années quatre-vingt.

5. Conclusion

Depuis le début des années 2000, la financiarisation de la formation des prix du pétrole avait des répercussions directes sur les autres matières premières, sur l'évaluation des compagnies pétrolières, sur la dynamique boursière en général. Depuis janvier 2015, l'évolution des prix du pétrole en-dessous de 65\$ confirme un changement de régime que le Centre Cournot a documenté. Il ne s'agit pas, bien sûr, d'une « définanciarisation », mais d'un changement de représentations, mais aussi semble-t-il, d'une remise en cause plus radicale des fondamentaux de l'analyse en termes d'efficience des marchés.

Un débroussaillage empirique a permis d'établir le changement perceptible dans les données : comment ont-évolué les prix relatifs ? Comment les facteurs géopolitiques ont-ils été pris en compte ? Quels sont les écarts de volatilité entre prix de marché et prix à la pompe ? Quelles sont les dynamiques macro-économiques à l'œuvre et notamment celle de la croissance chinoise, qui paraît déterminante dans les représentations de marchés ?

Un raisonnement théorique à deux entrées, macro-économique et géopolitique, a ensuite été développé à partir des déterminants des prix sur les marchés et des anticipations de la croissance mondiale. Une analyse spectrale originale des prix du pétrole et du gaz depuis 1986 permet d'appréhender les processus à long terme sur les marchés. L'étude des coefficients de Hurst confirme que la phase contemporaine dans laquelle se forment les prix n'a pas d'antécédents. Pour la première fois depuis 1986, des processus de persistance très élevés et durables sont à l'œuvre. La vigueur de la volatilité est en jeu, qui déstabilise les producteurs à court terme et les consommateurs, à moyen terme. Un régime se met en place à partir de 2003 et le changement de jeu des acteurs depuis lors entraîne la stabilisation d'un prix bas. Faut-il s'attendre à des crises de solvabilité des pays producteurs fragiles et à la crise des finances publiques de producteurs de tout ordre ? Agrégé, l'effet pourrait intervenir rapidement sur la croissance du commerce mondial.

6. Bibliographie

- Andrews, R. (2014), « Oil and Coal: Trends in Global Energy Substitution », Energy Matters Blog.
- Antonin, C., B. Ducoudré, H. Péléraux, C. Riffart et A. Saussay (2015), « Pétrole : du carbone pour la croissance », Etude spéciale, *Revue de l'OFCE* : 138.
- Baffes, J., M.A. Kose, F. Ohnsorge et M. Stocker (2015), « Great Plunge in Oil Prices: Causes, Consequences and Policy Responses », World Bank, mars.
- Barsky, R. et L. Kilian (2004), « Oil and the Macroeconomy since the 1970s », *Journal of Economic Perspectives*, 18:4, automne.
- British Petroleum (2016), *BP Energy Outlook 2016 Edition*.
- British Petroleum (2015), *BP Statistical Review of World Energy*, juin.
- Fannjiang, A. et K. Sølna (2005), « Propagation and Time Reversal of Wave Beams in Atmospheric Turbulence », in *Multiscale Model. Simul.*, 3(3) : 522–558.
- Federal Energy Regulatory Commission (2016), *State of the Markets Report 2015*, mars.
- Garnier, J. et K. Sølna (2017), « A Time-Frequency Analysis of Oil Price Data », *Prisme* N°33, octobre, Centre Cournot.
- Hubert, P. (2015), « Guide pratique de la baisse des prix du pétrole », *le blog*, OFCE, 25 janvier.
- Kilian, L. et D.P. Murphy (2014), « The Role of Inventories and Speculative Trading in the Global Market for Crude Oil », *Journal of Applied Econometrics*, 29(3), avril / mai : 454-478.
- Morse, E.L. (2015), « Global Oil and Gas – Volatile Times Ahead », CITI Research, mai-juin.
- US Commodity Futures Trading Commission (CFTC) (2016), *Commitments of Traders Report*, 26 février.
- US Energy Information Administration (2016), *Electric Power Monthly*, and *Short-Term Energy Outlook*, mars.
- US Energy Information Administration (EIA), *Monthly Electric Generator Inventory*, and *Platts World Electric Power Plants Database*.

7. Figures, tableaux et schémas

Figure 1 : Les principaux prix du pétrole depuis 1965 en données annuelles (Brent, Texas et Doubaï)	4
Figure 2 : Consommation et production selon BP, 1965-2015	4
Figure 3 : Consommation et production depuis 2012 selon l'Agence d'information sur l'énergie.....	5
Figure 4 : La consommation d'énergie en Allemagne 1965-2016	6
Figure 5 : La soudaineté des quatre dernières crises (baisses supérieures à 50 %, en dollars courants)	7
Figure 6 : Prix des pétroles de 1865 à 2014	8
Figure 7 : Prix du pétrole 1969-2016	8
Figure 8 : Le prix quotidien du Brent et les rendements (2005-2016).....	9
Figure 9 : Histogramme sur la période 2005-2015.....	10
Figure 10 : Rendements des pétroles texans et Brent	10
Figure 11 : L'exposant de Hurst 1985-2016	11
Figure 12 : Part des activités extractives et pétrolières dans l'investissement aux États-Unis* depuis 1984.....	12
Figure 13 : Comparaison des prix pétroliers (données mensuelles en dollars courants).....	12
Figure 14 : Production de pétrole et positions ouvertes des vendeurs (1986-2016).....	13
Figure 15 : Contribution des différentes énergies à la consommation mondiale.....	14
Figure 16 : Le prix du pétrole par rapport à celui du charbon et du gaz	15
Figure 17 : Le gaz, le pétrole et le charbon dans l'OCDE	15
Figure 18 : Le gaz, le pétrole et le charbon, consommation hors OCDE.....	16
Figure 19 : La consommation aux États-Unis : compensation charbon/gaz, pic du pétrole ?	16
Figure 20 : La montée de la production de pays hors de l'OPEP et l'évolution des prix	17
Figure 21 : La montée de la production de pays hors de l'OPEP et l'évolution des prix	17
Figure 22 : L'augmentation de la production de pétrole en Amérique-du-Nord face aux autres régions du monde.....	18
Figure 23 : Production mensuelle et nombre de forages dans sept régions témoins des Etats-Unis.....	18
Figure 24 : Evolution des profits tirés du pétrole (en pourcentage du PIB).....	19
Figure 25 : Variation quotidienne du prix du pétrole WTI depuis 1986, en \$ par baril.....	20
Figure 26 : Volatilité au jour le jour [(prix du jour - prix précédent)/ prix précédent*100].....	21
Tableau 1 : Consommation mondiale d'énergie par type et par secteur	21
Figure 27 : Une moindre consommation de pétrole du fait de la montée des prix ?	21
Tableau 2 : Sensibilité des secteurs aux variations des prix	23
Figure 28 : L'inégalité des types de producteurs face à la baisse du prix.....	24
Figure 29 : Consommation intermédiaire de produits issus du raffinage et de la cokéfaction dans la valeur totale de la production, 2013, %	24
Figure 30 : Depuis 2003, les échanges de contrats sur le brut au cœur de la formation des prix	25
Figure 31 : Nombre de positions ouvertes pour les contrats de à terme et prix du pétrole	25
Figure 32 : Indice des prix de la consommation effective des ménages pour la fonction Combustibles liquides* et prix du baril de pétrole (\$)	26
Figure 33 : France - Indice des prix de la consommation effective des ménages pour la fonction « Carburants et lubrifiants »* et prix du baril de pétrole (\$).....	26

Figure 34 : France - Indice des prix de la consommation effective des ménages pour les produits « Essence super plombé », « Super sans plomb » et « Gas-oil » et prix du baril de pétrole (\$).....	27
Figure 35 : France - Prix en € du gazole avec ou sans taxe et prix du pétrole Brent importé en \$ et en €.....	28
Figure 36 : France - Prix en € du super 95 avec ou sans taxe et prix du pétrole Brent importé en \$ et en €.....	28
Figure 37 : Europe - Prix à la consommation des produits pétroliers hors et avec droits et taxes : Euro Super 95, 1000 litres en €, tarif au 14/12/2015	29
Figure 38 : Europe - Prix à la consommation des produits pétroliers hors et avec droits et taxes : Gazole, 1000 litres en €, tarif au 14/12/2015.....	29
Figure 39 : Indice des prix de la consommation de gaz* des ménages en France et prix du gaz naturel*	30
Figure 40 : France - Indice des prix de la consommation effective des ménages pour le produit « gaz pétrolier liquéfié »* et prix du gaz naturel et du pétrole.....	30
Figure 41 : France - Indices de prix de la consommation pour « électricité », « gaz », « combustibles liquides », « combustibles solides »* et « carburants et lubrifiants » en 2014 (en haut) et en 2010 (en bas)	31
Schéma 1 : Une stylisation de la configuration géopolitique qui façonne la formation du prix de l'énergie.....	32
Schéma 2 : Chocs et contrechocs pétroliers et conjoncture macroéconomique	37
Schéma 3 : La financiarisation du prix du pétrole : 2009-2016.....	38
Schéma 4 : La baisse du prix du pétrole fait ressortir les fragilités structurelles des pays producteurs	40
Schéma 5 : En 2016, le prix du pétrole entre deux logiques	41
A-Tableau 1 : Consommation d'énergie primaire - ventilation par secteurs (millions tonnes équivalent pétrole).....	46
A-Figure 1 : Evolution des prix instantanés et prix de 4 contrats à termes (1 à 4 mois)	46
A-Figure 2 : Comparaison du prix du gaz aux Etats-Unis, en Europe et au Japon.....	47
A-Figure 3 : Indice de Hurst pour le prix Spot et quatre contrats en phase avec trois changements de régime	47
A-Figure 4 : Prix du gaz et du pétrole	48
A-Figure 5 : Exposants pour les prix instantanés du pétrole et du gaz (Louisiane)	48
A-Figure 6 : Etapes de fabrication de produits finis pétrochimiques à partir d'hydrocarbures (gaz ou pétrole)	49
A-Figure 7 : Evolution de la production et du coût mondial d'éthylène	49
A-Figure 8 : Consommation industrielle du gaz naturel aux Etats-Unis (MMcf).....	50
A-Figure 9 : Etats-Unis : Prix du gaz, du pétrole et du charbon, \$/mmbtu.....	50
A-Figure 10 : Les ajouts de capacité de production électrique par technologie.....	51
A-Figure 11 : La répartition de la production électrique totale aux Etats-Unis (1950-2016) ..	51

8. Annexe : Le gaz et le charbon face au pétrole

a) Gaz, charbon et autres sources d'énergie

A-Tableau 1 : Consommation d'énergie primaire - ventilation par secteurs (millions tonnes équivalent pétrole)

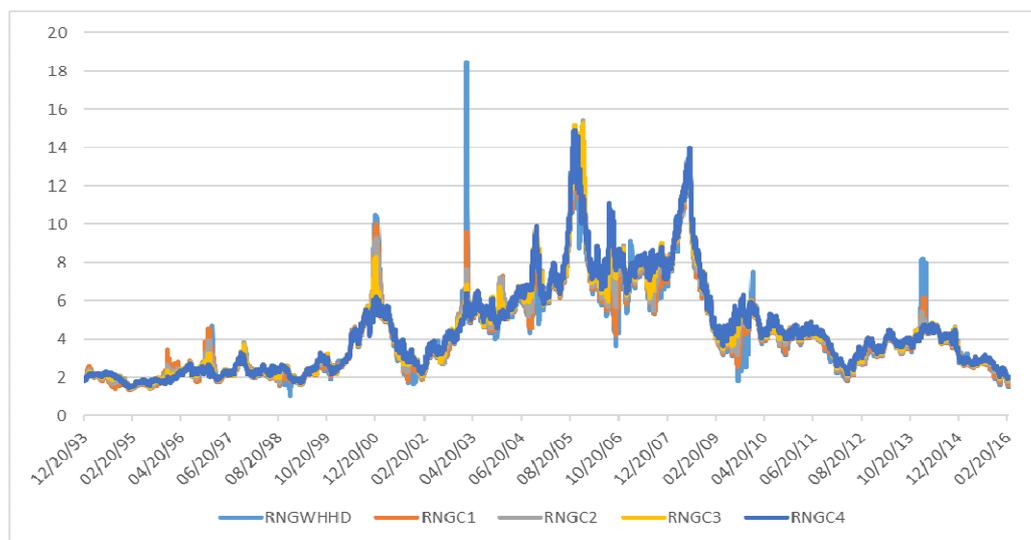
	Transport	Électricité	Industrie	Autres secteurs	Total
Pétrole	2247,6	215,4	1185,7	469,7	4118,4
Gaz	51,2	1106,8	1237,9	679,8	3075,9
Charbon	15,2	2342,9	1383,9	151,4	3893,4
Nucléaire		574,0			574,0
Hydroélectricité		879,0			879,0
Renouvelables	70,8	316,9			387,7
Total	2384,9	5435,1	3807,6	1300,9	12928,4

Source : BP Energy Outlook 2016 (02/2016)

b) Evolution des prix, de la volatilité et exposant de Hurst pour le gaz

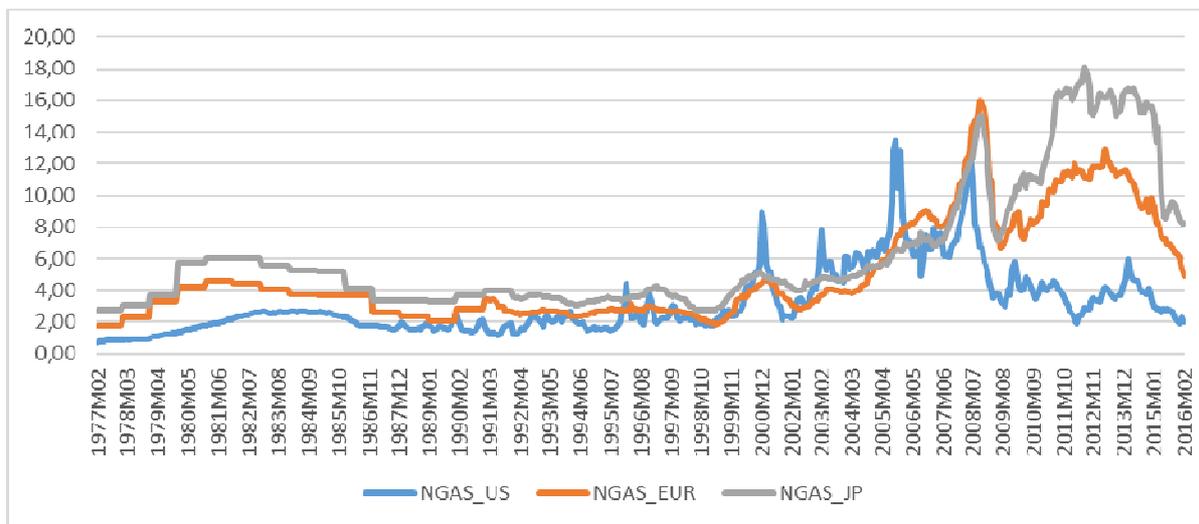
L'examen des prix journaliers sur la période 1997-2016 pour le prix spot et 1993 (ou 1994) pour des contrats de ventes à termes de 1 à 4 mois fait apparaître trois grandes périodes : jusqu'en 2000, « stabilité » du prix du gaz ; de 2000 à 2008, forte augmentation du prix du gaz ; à partir de 2009, nouveau régime de prix avec un prix très inférieure à la situation antérieure. Cette évolution s'explique par l'essor du gaz naturel non conventionnel aux États-Unis et par une demande moins forte depuis la crise. Le prix du gaz américain est devenu significativement inférieur à ceux prévalent en Europe ou au Japon.

A-Figure 1 : Evolution des prix instantanés et prix de 4 contrats à termes (1 à 4 mois)



Source : EIA

A-Figure 2 : Comparaison du prix du gaz aux Etats-Unis, en Europe et au Japon



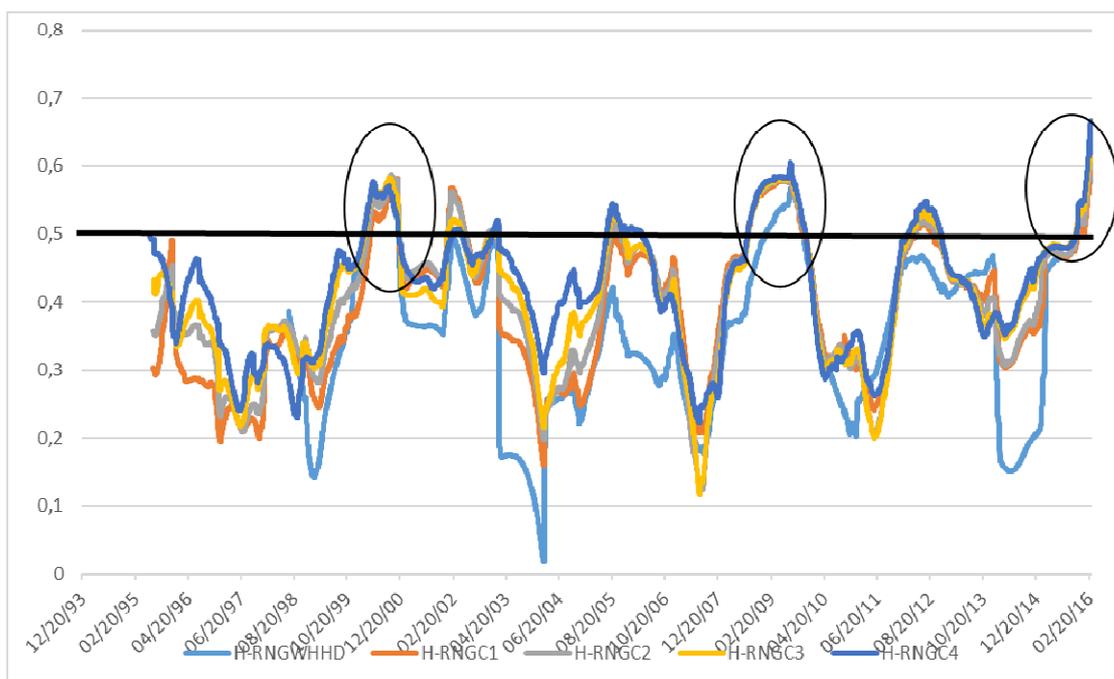
Source : World Bank Commodity Price Data

NGAS_US : Natural Gas (Europe), average import border price and a spot price component, beginning April 2010 including UK; during June 2000 - March 2010 prices excludes UK.

NGAS_EUR : Natural Gas (U.S.), spot price at Henry Hub, Louisiana

NGAS_JP : Natural gas LNG (Japan), import price, cif, recent two months' averages are estimates.

A-Figure 3 : Indice de Hurst pour le prix Spot et quatre contrats en phase avec trois changements de régime



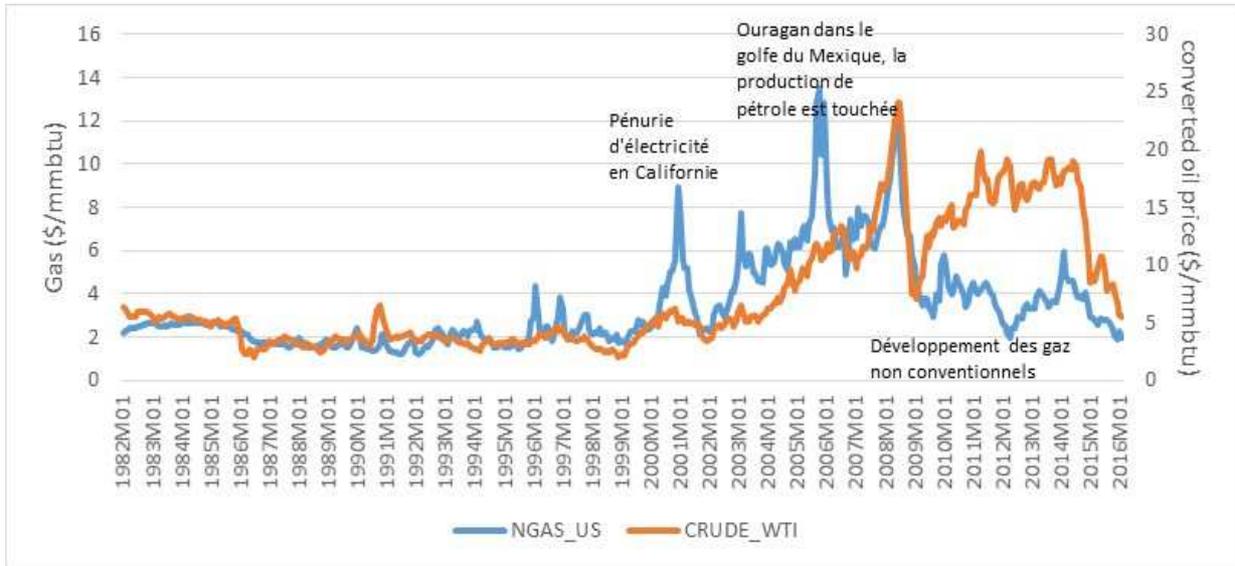
Source : calculs Han Wan sur données EIA

Le calcul de l'indice de Hurst jusqu'au début 2016 confirme les points de rupture en matière de volatilité pour les années 2000 et 2009 et fait apparaître un changement important depuis 2015.

c) Gaz et pétrole

Jusqu'en 2008, les prix du marché du gaz ont suivi les tendances générales du marché pétrolier (hors situations exceptionnelles : problèmes climatiques ou techniques, etc.). Entre 2009 et 2015, le prix du gaz semble plus autonome traduisant les conditions nouvelles du marché, avec une demande plus faible que prévue (impact de la crise) et une offre plus abondante liée au développement du gaz non conventionnels. L'année 2015, avec une baisse importante du pétrole et du gaz marque un nouveau changement.

A-Figure 4 : Prix du gaz et du pétrole



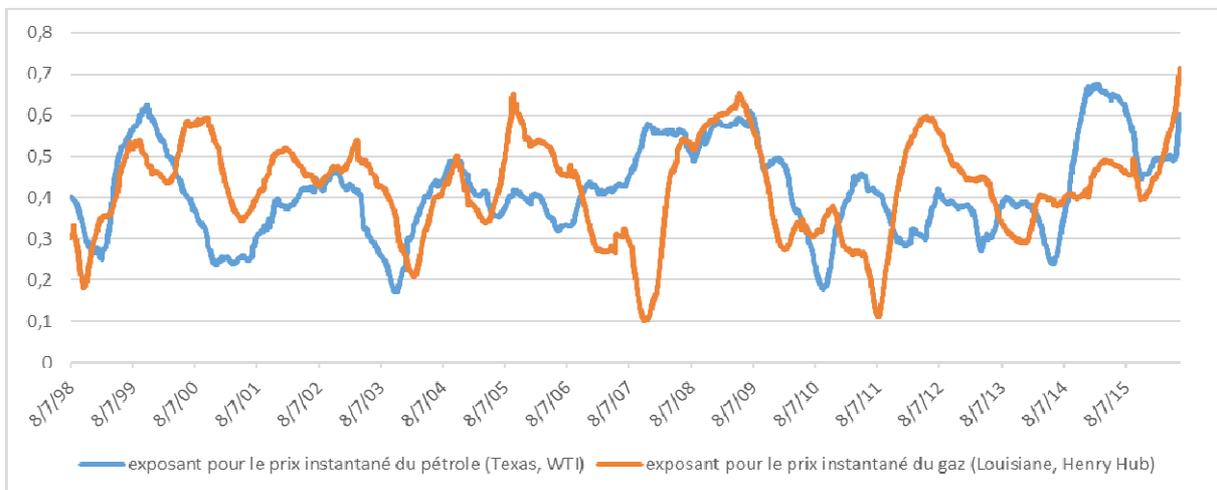
Source : World Bank Commodity Price Data

(Conversions réalisées en utilisant la relation 1 mmbtu = 0,180135869194341801 bbl)

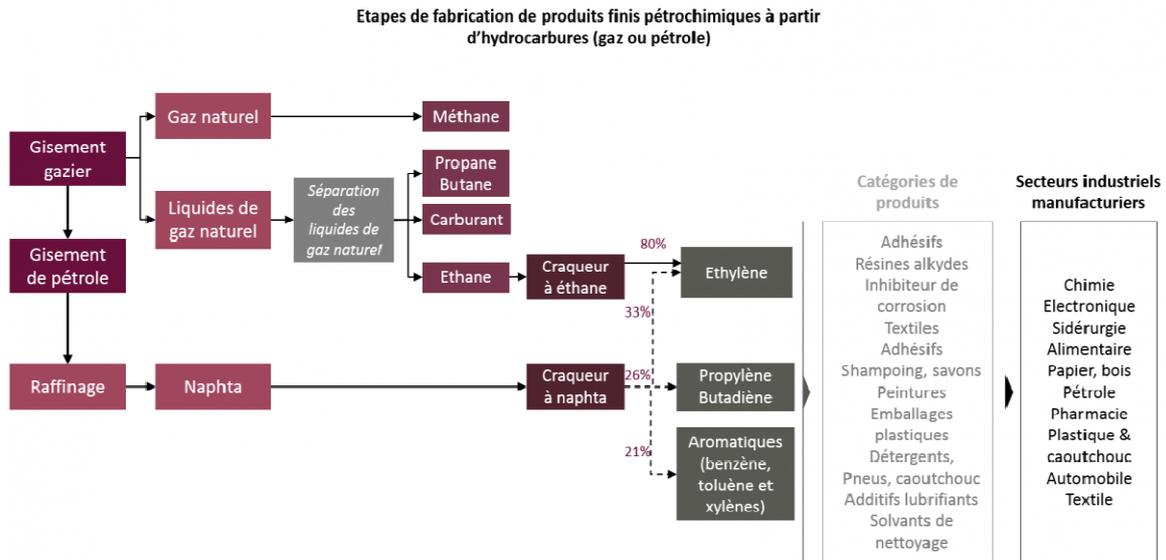
Le graphique ci-dessous permet de comparer les indices de Hurst pour le gaz (prix Henry Hub) et pour le pétrole (WTI), il est bien difficile d'établir une correspondance entre les tendances de ces indices.

Néanmoins, le phénomène de persistance (indice > 0,5), qui a concerné les prix du pétrole depuis l'été 2014 a touché le gaz dans les mêmes proportions.

A-Figure 5 : Exposants pour les prix instantanés du pétrole et du gaz (Louisiane)



A-Figure 6 : Etapes de fabrication de produits finis pétrochimiques à partir d'hydrocarbures (gaz ou pétrole)

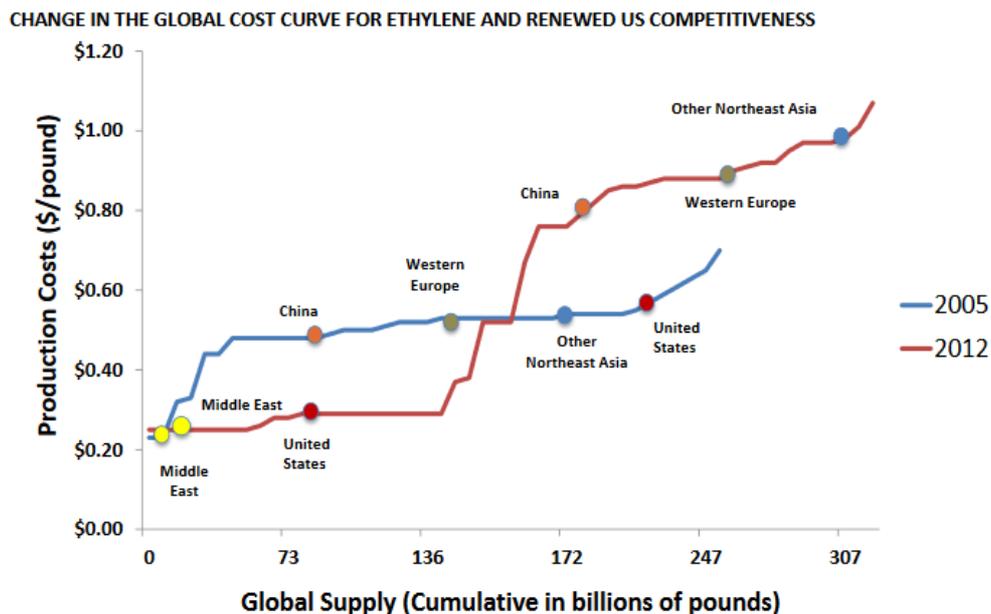


Source : Sia Partners :

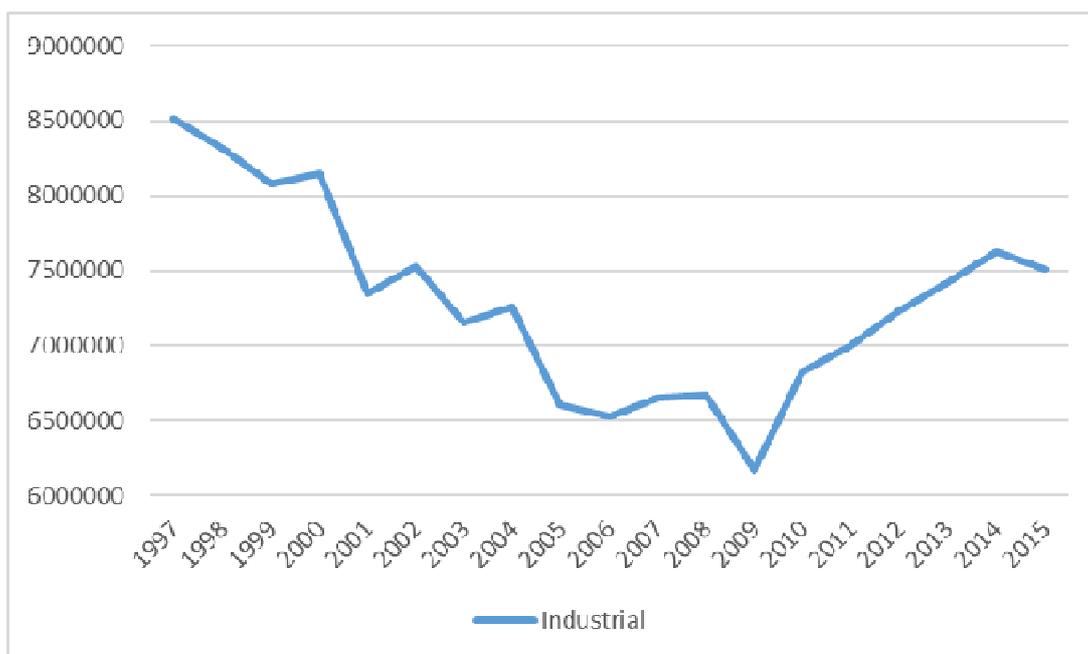
<http://www.energie.sia-partners.com/20160121/le-bas-prix-du-gaz-americain-met-il-en-peril-la-petrochimie-europeenne>

En raison de l'importance de sa production et de la diversité des marchés de ses dérivés, l'éthylène est souvent utilisé comme indicateur de la performance de l'industrie pétrochimique dans son ensemble. L'éthylène peut être produit par vapocraquage dans des fours soit à partir de gaz naturel riche en éthane (EU, Moyen-Orient) par pyrolyse ou craquage à température élevée, soit à partir du naphta (Europe, Asie). La baisse du prix du gaz aux Etats-Unis a permis aux Etats-Unis d'amorcer un redressement de la compétitivité de son industrie pétrochimique qui se traduit par le développement de nouvelles capacités de production.

A-Figure 7 : Evolution de la production et du coût mondial d'éthylène



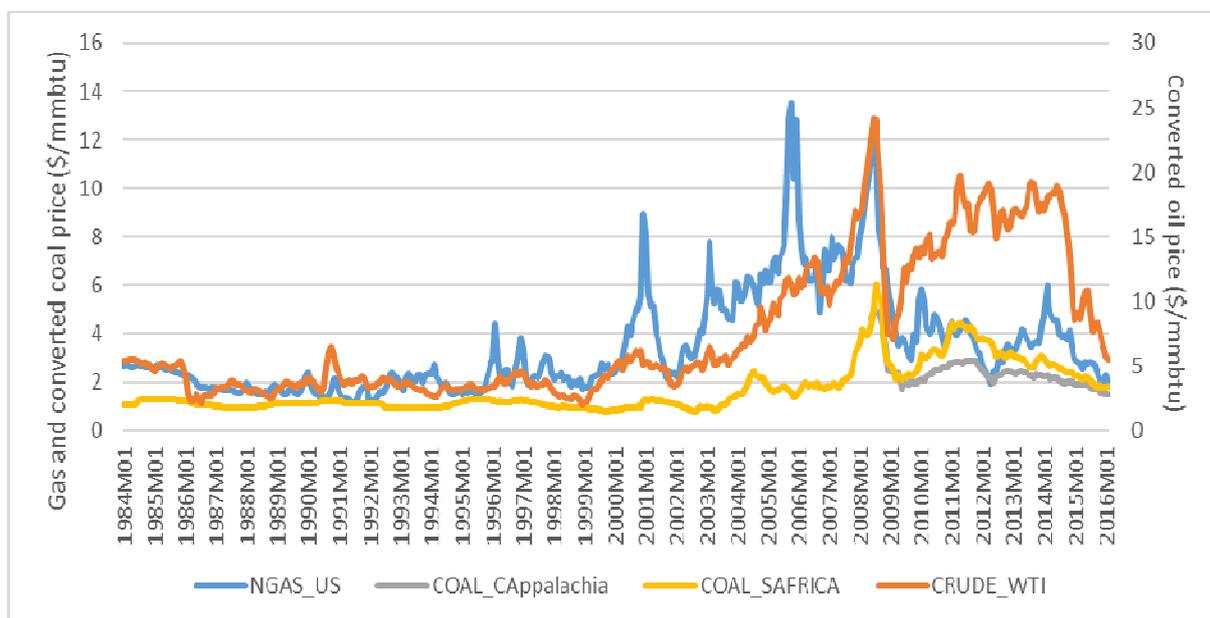
A-Figure 8 : Consommation industrielle du gaz naturel aux Etats-Unis (MMcf)



Source : EIA

d) Gaz, charbon et électricité

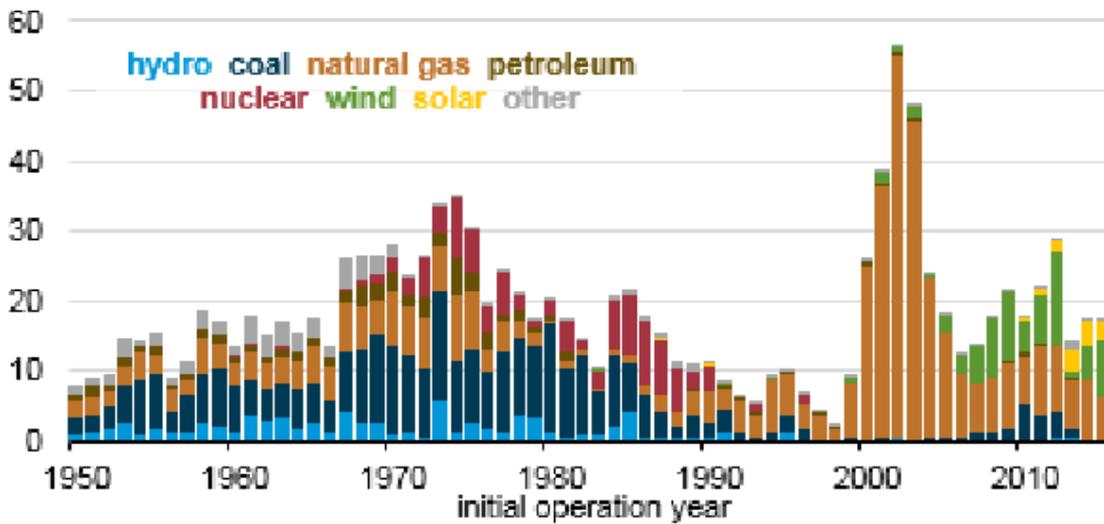
A-Figure 9 : Etats-Unis : Prix du gaz, du pétrole et du charbon, \$/mmbtu



Source : World Bank Commodity Price Data and US EIA

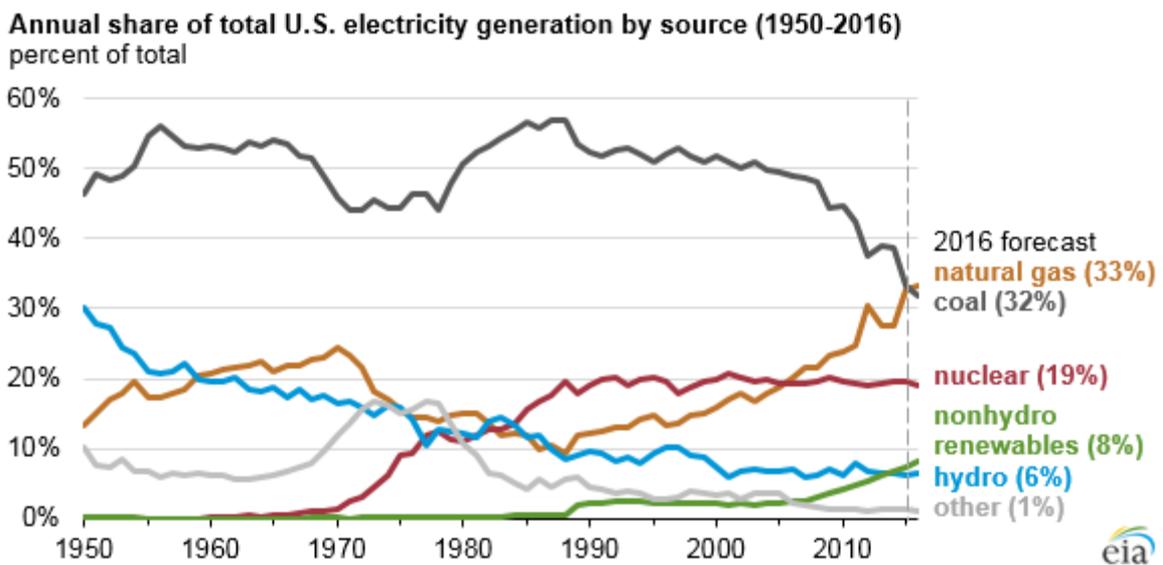
Conversions réalisées en utilisant : 1 mmbtu = 0,18013586919434 bbl et 1 mmbtu = 0,036027173838868 mt)
 Coal_CAppalachia = Coal Central Appalachia

A-Figure 10 : Les ajouts de capacité de production électrique par technologie



Source : US Energy Information Administration (EIA), Monthly Electric Generator Inventory, et Platts World Electric Power Plants Database

A-Figure 11 : La répartition de la production électrique totale aux Etats-Unis (1950-2016)



Source : US Energy Information Administration, Monthly Energy Review, et Short-Term Energy Outlook, mars 2016