

*Les effets
d'un prix du pétrole
élevé et volatil*

Rapport

*Patrick Artus, Antoine d'Autume,
Philippe Chalmin et Jean-Marie Chevalier*

Commentaires

*Benoît Cœuré
Roger Guesnerie*

Compléments

*Gaël Callonnec, Marie Clerc, Thomas Gaudin,
Yannick Kalantiz, Caroline Klein, Guy Lalanne,
François Lescaroux, Vincent Marcus, Valérie Mignon,
François Moisan, Erwan Pouliquen et Olivier Simon*

*Conception et réalisation graphique en PAO
au Conseil d'analyse économique (CAE)
par Christine Carl*

© Direction de l'information légale et administrative. Paris, 2010 - ISBN : 978-2-11-008213-8

« En application de la loi du 11 mars 1957 (article 41) et du Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992, toute reproduction partielle ou totale à usage collectif de la présente publication est strictement interdite sans l'autorisation expresse de l'éditeur.

Il est rappelé à cet égard que l'usage abusif de la photocopie met en danger l'équilibre économique des circuits du livre. »

Sommaire

Introduction	5
<i>Christian de Boissieu</i>	
RAPPORT	
Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatil	7
<i>Patrick Artus, Antoine d'Autume, Philippe Chalmin et Jean-Marie Chevalier</i>	
<i>Introduction</i>	7
<i>1. La place du pétrole</i>	11
1.1. Faut-il encore craindre les chocs pétroliers ?	11
1.2. La consommation d'énergie et de pétrole	15
<i>2. L'évolution du prix du pétrole</i>	26
2.1. Les fondamentaux de l'offre	26
2.2. La demande	38
2.3. La volatilité du prix du pétrole	41
2.4. L'évolution future du marché pétrolier	54
<i>3. L'impact d'un choc pétrolier</i>	60
3.1. Les effets macroéconomiques d'un choc pétrolier	60
3.2. Prendre la mesure du choc d'offre	67
3.3. Les effets sectoriels de la hausse du prix du pétrole	75
3.4. Les effets sur les ménages	80
<i>4. Préconisations</i>	82
4.1. Régulation macroéconomique	82
4.2. Une spécialisation productive efficace pour exporter vers les pays producteurs de pétrole	83
4.3. La croissance verte	90
4.4. Réduire la volatilité des cours et réglementer davantage les marchés dérivés des matières premières	96
4.5. Fiscalité	98
<i>Annexe</i>	107
<i>Membres du groupe de travail</i>	119
<i>Personnes auditionnées</i>	121

COMMENTAIRES

<i>Benoît Cœuré</i>	123
<i>Roger Guesnerie</i>	129

COMPLÉMENTS

A. La transmission de la variation du prix du pétrole à l'économie	133
<i>François Lescaroux et Valérie Mignon</i>	
B. Élasticité-prix des consommations énergétiques des ménages	149
<i>Marie Clerc et Vincent Marcus</i>	
C. Prix du pétrole et croissance potentielle à long terme	169
<i>Guy Lalanne, Erwan Pouliquen et Olivier Simon</i>	
D. Évaluation de l'impact macroéconomique d'une hausse du prix du pétrole de 20 % à l'aide des modèles macroéconométriques Mésange et NiGEM	199
<i>Yannick Kalantizis et Caroline Klein</i>	
E. Le Grenelle de l'environnement et la croissance verte : le regard de l'ADEME sur les investissements visant les économies d'énergie et les énergies renouvelables	211
<i>Gaël Callonnet, Thomas Gaudin et François Moisan</i>	

RÉSUMÉ	237
---------------------	-----

SUMMARY	247
----------------------	-----

Introduction

Avec un peu de recul, il apparaît que les prix du pétrole augmentent tendanciellement mais qu'ils restent à court terme soumis à une forte volatilité.

L'objet du rapport qui suit est triple :

- analyser les principales causes de ces faits d'observation ;
- en déterminer l'impact pour l'économie réelle (la croissance, l'emploi...);
- en déduire un certain nombre de recommandations pour les politiques publiques.

Le prix du pétrole reste crucial pour la macroéconomie, pour les entreprises et les ménages. Autant le consensus est large lorsqu'il s'agit d'étudier les ressorts des prix pétroliers, d'évoquer leur « financiarisation » excessive avec l'essor des marchés dérivés, autant il se dissipe dès qu'il faut désigner clairement les responsabilités. Un exemple parmi d'autres : le baril à 150 dollars en juin-juillet 2008, était-ce dû pour l'essentiel à la spéculation et à l'activisme de certains « *hedge funds* », ou bien à des facteurs relevant de l'économie réelle ? Sans doute de l'interaction entre la finance et l'économie réelle, avec une grande difficulté à démêler, par exemple, le rôle des « fondamentaux » relatifs à l'offre et à la demande, du jeu des anticipations et de la psychologie des marchés.

L'autre volet de ce rapport concerne la mesure des effets des chocs pétroliers. Des effets macroéconomiques somme toute limités, conséquence des changements structurels et de comportements intervenus à la suite des chocs pétroliers des années soixante-dix, ce qui contraste avec la persistance d'impacts sectoriels (illustrés par le secteur des transports) conséquents. Au rang des recommandations, on notera des pistes touchant des facettes complémentaires du sujet, qu'il s'agisse de la pédagogie à faire auprès des consommateurs et relative à l'augmentation tendancielle des prix du pétrole, de l'indispensable présence française dans des projets internationaux relatifs à l'énergie, de la stratégie de croissance verte et de développement durable ou des voies et moyens pour réduire la financiarisation des marchés pétroliers.

Ce rapport a été présenté à Madame Christine Lagarde, ministre de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi, lors de la séance plénière du CAE du 9 juillet 2010. Il a bénéficié du concours efficace de Lionel Ragot, conseiller scientifique au CAE.

Christian de Boissieu
Président délégué du Conseil d'analyse économique

Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatil^(*)

Patrick Artus

Directeur de la Recherche et des Études, Natixis

Antoine d'Autume

Professeur à l'Université Paris I Panthéon-Sorbonne

Philippe Chalmin

Professeur à Université de Paris-Dauphine

Jean-Marie Chevalier

Professeur à Université de Paris-Dauphine

Introduction

Le prix du pétrole brut est passé de 9 dollars le baril en décembre 1998 à 145 dollars en juillet 2008. Il a ensuite chuté jusqu'à 32 dollars, en décembre 2008, avant de croître de nouveau en 2009 et d'atteindre en fin d'année un niveau de 80 dollars. Cette conjonction d'une tendance à la hausse et d'une forte volatilité a toutes les chances de se poursuivre dans les prochaines années. Bien sûr, l'expérience a montré combien il était difficile de prévoir l'évolution du prix du pétrole. Des phases de pessimisme et d'optimisme se sont succédé, mettant tantôt l'accent sur l'épuisement inévitable des réserves ou soulignant, au contraire, que de nouvelles découvertes ont régulièrement amené à revoir à la hausse l'estimation de ces réserves. Doit-on alors penser que nous avons encore devant nous deux décennies de pétrole bon marché et qu'il est trop tôt pour se préparer à un avenir sans pétrole, qui reste incertain et éloigné ?

Nous ne partageons ni cette prévision optimiste ni l'appel à l'immobilisme qui en découlerait.

(*) Nous remercions Pierre Joly et Lionel Ragot pour leur aide et leurs conseils ainsi que tous les participants au groupe de travail et les auteurs de compléments.

Les facteurs d'incertitude quant à l'évolution du marché pétrolier sont assurément nombreux.

Quelle sera l'ampleur des nouvelles découvertes et, surtout, quel sera leur coût de mise en exploitation ? Ce n'est d'ailleurs pas le montant de réserves mais leur coût qui constitue le facteur limitant du côté de l'offre. Les réserves non conventionnelles, comme les schistes bitumineux canadiens ou vénézuéliens, ont des coûts d'exploitation très élevés auxquels s'ajoutent d'ailleurs des dommages environnementaux. Les gisements découverts au large du Brésil sont profonds et situés sous une couche de sel qu'il sera coûteux de traverser. Les progrès technologiques permettront sans doute d'abaisser les coûts d'extraction mais l'ampleur de cette réduction reste très incertaine.

Des incertitudes de type géopolitique pèsent aussi fortement. Elles peuvent concerner, comme en Irak, la possibilité de mettre en exploitation l'ensemble des champs déjà explorés ou résulter du regain de nationalisme pétrolier qui touche le Venezuela, l'Iran, la Russie et bien d'autres pays, et rend plus aléatoires les programmes d'investissement menés par les compagnies nationales. Le rôle que pourra et voudra jouer l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP) pour maintenir un prix rémunérateur mais suffisamment stable est également difficile à prévoir.

Il y a peu d'incertitude en revanche en ce qui concerne l'évolution générale de la demande. Depuis le premier choc pétrolier, les pays développés ont su réduire l'intensité énergétique et pétrolière de leur production. Il faut aujourd'hui, en France, un tiers de baril de pétrole pour produire mille euros de PIB, alors qu'il en fallait trois fois plus en 1973 pour produire la même valeur réelle. La hausse des prix continuera à amener entreprises et ménages à réduire leur consommation en adoptant des technologies plus économes en énergie et en substituant au pétrole d'autres sources d'énergie comme le gaz, l'électricité d'origine nucléaire ou les énergies renouvelables. Mais la croissance de la demande émanant des pays émergents et en développement est inéluctable et prendra le relais de la demande OCDE. La Chine consomme d'ores et déjà 9 % du pétrole mondial et apparaît comme le deuxième consommateur après les États-Unis qui en consomment 23 %. Sa consommation comme celle de l'Inde et d'autres pays émergents continuera certainement à augmenter fortement. Cette augmentation de la demande mondiale de pétrole ne pourra se concrétiser qu'en s'accompagnant d'une hausse des prix permettant de mettre en exploitation de nouveaux champs, non conventionnels ou à coûts d'exploitation élevés.

L'orientation à la hausse du prix du pétrole est donc difficilement contestable. Son rythme précis, dans les dix années à venir, dépendra de la qualité de la reprise mondiale. Même si la crise continue à réduire la demande mondiale de pétrole, la croissance de la demande des pays émergents créera d'ici là une forte tension sur les capacités de production de pétrole.

Cette tendance à la hausse du prix du pétrole s'accompagnera d'une volatilité importante qui reflète les nombreuses incertitudes que nous venons d'évoquer mais tient également à l'environnement financier dans lequel s'inscrivent le marché du pétrole et la fixation de son prix.

L'intégration croissante des marchés financiers contribue à faire du pétrole, comme des autres matières premières, un actif d'autant plus attrayant que son prix risque de s'élever et qu'un ensemble de marchés à terme permet de se couvrir mais aussi de spéculer sur l'évolution de son prix. Les premiers spéculateurs peuvent d'ailleurs être les producteurs eux-mêmes, qui devraient en principe freiner l'extraction et conserver leurs actifs dans le sol quand ils anticipent une forte hausse du prix. Le développement d'une véritable bulle spéculative est néanmoins entravé par la limitation des possibilités de stockage du pétrole déjà extrait. On peut pourtant s'attendre, à l'avenir, à ce que les anticipations des opérateurs affectent de plus en plus le fonctionnement du marché pétrolier et que des mouvements de type spéculatif n'induisent une volatilité des prix assez importante.

La France, qui importe tout son pétrole, doit donc se préparer à faire face à un prix du pétrole élevé et volatil. La tendance à la hausse du prix est inévitable. Les perspectives de lissage de ce prix, par une action concertée au niveau national ou international, sont très faibles. Il convient donc d'aider l'économie à s'adapter et à le faire le plus vite possible. Beaucoup a été fait depuis le premier choc pétrolier pour réduire notre dépendance, mais le pétrole reste une matière première essentielle et la hausse de son prix touche toute l'économie.

Une hausse du prix du pétrole constitue un choc d'offre négatif pour l'économie française au sens où elle réduit sa capacité à créer et à distribuer des richesses. La facture pétrolière accrue doit s'imputer sur les revenus nationaux et frappe notamment le pouvoir d'achat des salaires et le niveau de l'emploi. Même si l'impact de la hausse du prix du pétrole est plus faible qu'il ne l'était lors des premiers chocs des années soixante-dix, cet impact reste loin d'être négligeable. Une hausse du prix de 80 à 150 dollars réduirait le PIB français d'un ou deux points par rapport à ce qu'il aurait été en son absence.

Une politique indifférenciée de soutien à la demande est inefficace face à ce choc d'offre. La meilleure voie consiste donc à laisser s'opérer les ajustements en faveur des secteurs moins consommateurs de pétrole. Ce redéploiement doit aussi être guidé par la demande mondiale. Être capable d'y répondre, comme le fait l'Allemagne, est le meilleur moyen de créer des emplois et d'améliorer nos termes de l'échange et, ce faisant, d'augmenter le pouvoir d'achat de nos salaires.

La politique économique doit donc encourager et accompagner les évolutions nécessaires, sans les freiner. Par définition, la hausse du prix du

pétrole frappe inégalement les secteurs économiques et les individus. Un soutien personnalisé en faveur des plus touchés est souhaitable mais il ne doit pas revenir à subventionner l'utilisation d'un pétrole devenu plus cher et doit au contraire inciter et aider aux ajustements nécessaires.

La meilleure politique consiste à réduire la dépendance au pétrole de notre économie. On doit d'abord poursuivre le mouvement de substitution d'autres sources d'énergie au pétrole. L'énergie nucléaire occupe une place considérable et originale en France. Un recours accru au gaz est possible dans certains secteurs et il devrait profiter d'une baisse de son prix par rapport à celui du pétrole.

La politique climatique, justifiée évidemment en premier lieu par ses bénéfices environnementaux, favorise les évolutions technologiques et peut contribuer fortement à rendre l'économie française moins sensible à la hausse et aux fluctuations du prix du pétrole. La mise en place d'une fiscalité carbone à un taux suffisamment élevé s'impose. Pour être efficace, elle doit toucher tous les secteurs consommateurs de pétrole et de carburants sans exception. Les mesures de soutien dans des secteurs comme le transport routier, la pêche et l'agriculture doivent aider à des investissements appropriés et non pas permettre le maintien de consommations élevées.

Le développement des énergies renouvelables réunit les mêmes avantages sur le plan climatique et sur celui de l'indépendance énergétique. Un soutien spécifique est nécessaire pour permettre un développement industriel dans ce secteur où les équipements sont jusqu'à présent importés de pays en avance dans le domaine, par exemple, en matière d'éoliennes.

Notre démarche est articulée en quatre sections.

Dans une première section, nous examinons la place occupée par le pétrole dans l'économie française et l'évolution importante qu'elle a connue depuis les années soixante-dix. Ceci nous permet de cerner la vulnérabilité de l'économie française aux chocs pétroliers.

Dans une deuxième section, nous analysons les causes d'évolution des prix du pétrole. Aux fondamentaux traditionnels, niveau des réserves, coûts d'extraction, rentes de rareté et de monopole, taxes, contexte géopolitique s'ajoutent des éléments de nature financière. Nous discutons en particulier le rôle qu'a pu jouer la spéculation dans l'évolution récente du prix.

La troisième section examine les effets des chocs pétroliers sur l'économie française. Nous décrivons les différents canaux par lesquels le prix du pétrole affecte la capacité d'offre de l'économie française, la demande qui s'adresse à elle, l'équilibre des rémunérations et la situation du marché du travail. Nous insistons sur l'importance des effets d'offre résultant de la hausse des coûts de production. Nous montrons en particulier que la variation du PIB en rend compte de manière incomplète et que les variations du prix de la demande finale en amplifient l'impact. Les effets sectoriels et les effets sur les différentes catégories de ménages du prix du pétrole sont également décrits.

La quatrième section présente les préconisations issues de ce rapport. Elles couvrent six domaines :

- la régulation macroéconomique ;
- une spécialisation productive consistant notamment à exporter vers les pays exportateurs de pétrole ;
- le développement des industries et des emplois « verts » ;
- les mesures permettant de réduire la volatilité des prix du pétrole ;
- la politique fiscale ;
- l'utilisation de l'avantage comparatif de la France dans la production d'automobiles économes en carburant.

1. La place du pétrole

1.1. Faut-il encore craindre les chocs pétroliers ?

1.1.1. Hausse et fluctuations du prix du pétrole

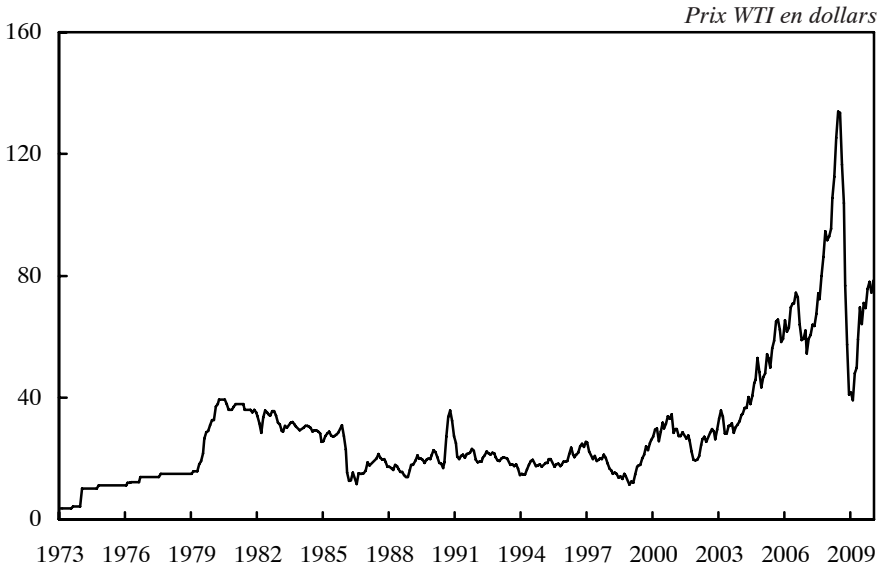
Comme le rappelle le graphique 1, le prix du pétrole est passé de 3,5 dollars début 1973 à 140 dollars en juillet 2008 et a ainsi été multiplié par 40. En termes réels, sa hausse a été beaucoup plus faible, comme le montre le graphique 2. En termes de pouvoir d'achat, son prix pour un ménage américain n'a été multiplié que par 7,5 et par moins de 6 pour un ménage français qui a bénéficié de l'appréciation récente de l'euro et pour lequel le niveau réel maximum atteint en 2008 était à peine supérieur à celui atteint au début des années quatre-vingt.

Cette tendance à la hausse s'est accompagnée de fortes fluctuations. Comme celui de toutes les matières premières, le prix du pétrole est volatil. Mais il est particulièrement sujet à des épisodes de forte hausse ou baisse liés à la situation géopolitique et aux décisions de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole.

1.1.2. Les effets apparemment différents de trois chocs pétroliers

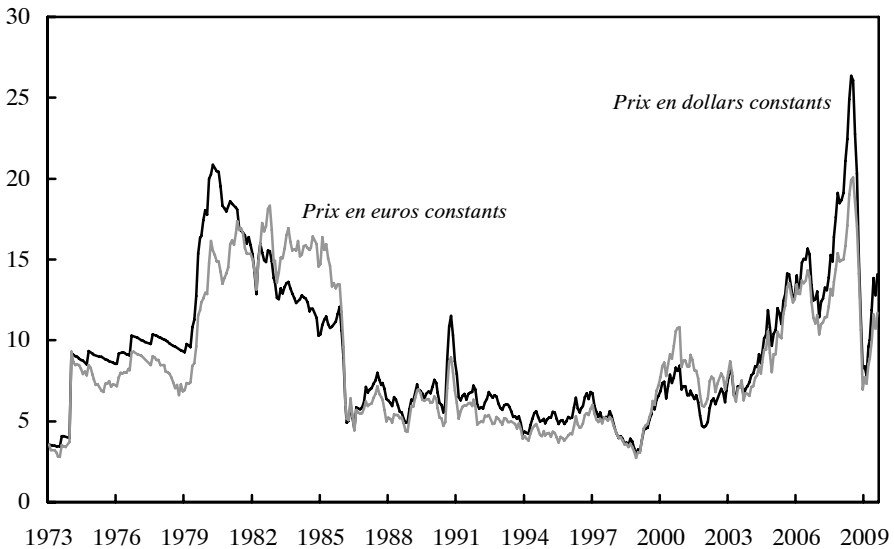
Le premier choc pétrolier en 1973, fut une conséquence de la guerre israélo-arabe du Yom Kippour, dans un contexte déjà marqué, il est vrai, par des tensions sur les capacités de production. Le second, en 1979, résulte de la crise iranienne. Dans les deux cas, le cours fut multiplié par trois. La mésentente entre les membres de l'OPEP face à une baisse de la demande mondiale fut à l'origine du contre-choc de 1986 qui annula les effets du second choc. La Guerre du golfe se traduisit, en 1990, par un pic très temporaire, le nouveau doublement du prix s'effaçant en moins d'un an. Enfin, la tendance à la hausse des années 2000 s'accéléra jusqu'à faire passer le prix du baril de 53 dollars début 2007 à son maximum de 140 dollars en juillet 2008. De nouveau, une baisse brutale ramena le prix à 43 dollars début 2009, avant qu'il ne remonte rapidement à plus de 60 dollars le baril.

1. Prix du pétrole brut



Source : EIA, US Department of Energy.

2. Prix réels du pétrole



Lecture : Prix en dollars 1973 et prix en euros 1973, normalisé au même niveau que le prix en dollars en janvier 1973.

Source : EIA, US Department of Energy.

1. Trois chocs pétroliers

En %

	Taux de croissance	Taux de chômage	Taux d'inflation
1973	6,6	2,0	7,4
1974	4,5	2,3	13,6
1975	1,0	3,7	11,7
1976	4,4	4,5	9,6
1979	3,5	5,7	10,6
1980	1,7	6,1	13,6
1981	0,9	7,0	13,3
1982	2,4	7,8	12,0
2006	2,2	8,8	1,7
2007	2,3	8,0	1,5
2008	0,4	7,4	2,8
2009 ^(*)	- 3,0	9,4	0,0

Note : (*) Prévisions.

Source : INSEE (2009).

Les chocs de 1973 et 1979 ont eu de fortes conséquences pour l'économie française en matière de croissance, d'emploi et d'inflation, comme le montre le tableau 1. Il en va différemment dans les années 2000. Une décennie d'augmentation continue du cours du pétrole, le faisant passer de 10 dollars le baril au début 1999 à 140 à la mi-2008, semble *a priori* ne pas avoir beaucoup affecté l'économie française. La croissance française s'est raffermie sur la fin de cette décennie et a alors été particulièrement créatrice d'emploi. La baisse du taux de chômage s'est confirmée, en n'étant apparemment pas freinée par la hausse du prix du brut. L'inflation est restée raisonnable.

En réalité, les effets de la hausse du prix du pétrole n'ont sans doute pas eu le temps suffisant pour se manifester de manière claire. L'économie française connaissait d'autres difficultés, par exemple, en matière de capacité d'exportation. La crise financière a frappé l'Europe au milieu de l'année 2007. La brusque chute du prix du pétrole au milieu de l'année 2008 a fait disparaître la question du prix du pétrole à un moment où le développement de la crise réelle mondiale imposait, de toutes les façons, un autre ordre de préoccupations.

Un regard moins global sur l'économie amène aussi à des conclusions plus nuancées et plus pessimistes. Certains secteurs d'activité ont bel et bien eu du mal à supporter la hausse du prix des produits pétroliers. La pêche et le transport routiers en sont les exemples emblématiques. Les ménages les plus pauvres ont également plus souffert de la hausse du prix du pétrole car leurs dépenses énergétiques, en carburants ou en consommation domestique, représentent une part plus importante de leur budget.

Il ne faut donc pas sous-estimer les effets négatifs de la hausse du prix du pétrole, comme nous le montrerons dans ce rapport. Mais un certain nombre de mécanismes atténuateurs sont pourtant à l'œuvre.

1.1.3. L'atténuation des effets des chocs pétroliers

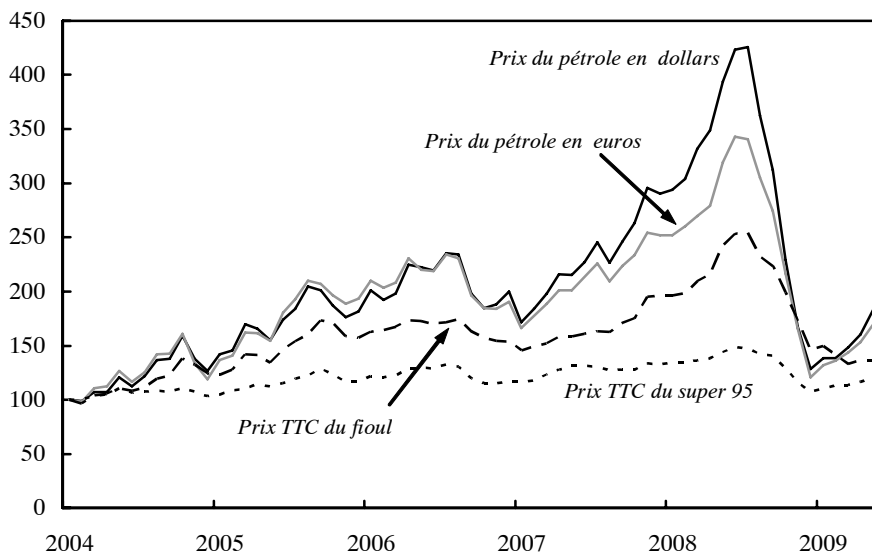
La réduction de l'impact des chocs pétroliers tient d'abord au fait que l'économie française est beaucoup moins dépendante du pétrole qu'elle ne l'a été. Il faut aujourd'hui en France un tiers de baril pour produire 1 000 euros de PIB. Il en fallait un en 1973⁽¹⁾. Nous examinerons plus en détail la forme prise par cette diminution de l'intensité pétrolière de la production.

En second lieu, l'évolution du change et la fiscalité du pétrole ont rendu la hausse du prix du brut moins perceptible en France que dans d'autres pays. Entre janvier 2004 et juillet 2008, les consommateurs français ont vu le prix du super à la pompe passer de 1 euro à près d'1,5. Dans le même temps, les Américains voyaient le prix du gallon passer de 1,5 à 4 dollars.

Cette très nette différence de traitement a une double explication. D'une part, l'appréciation de l'euro a permis aux Français d'acheter moins cher un pétrole facturé en dollars ; d'autre part, la TIPP, la taxe intérieure sur les produits pétroliers, même si elle ne flotte plus, introduit beaucoup d'inertie dans l'évolution du prix à la pompe.

Le graphique 3 décrit cette atténuation des effets de la hausse du prix du brut. Entre janvier 2004 et juillet 2008, le prix du pétrole en dollars est passé de 31 dollars le baril à un maximum de 133, mesuré en moyennes mensuelles, et a ainsi été multiplié par 4,3. Dans le même temps, l'euro s'est apprécié de 29 %, réduisant à 3,4 le facteur d'augmentation du prix en euros.

3. Le rôle protecteur du change et des taxes



Source : DIREM, Observatoire de l'énergie.

(1) Entre 1973 et 2007 la consommation nationale de pétrole est passée de 870 millions de barils à 658. Dans le même temps, le PIB en euros 2007 passait de 883 à 1 895 milliards d'euros.

Le graphique 3 met en perspective cet effet protecteur en montrant qu'il s'est déjà manifesté dans les premières années suivant le second choc pétrolier, quand le dollar valait 4 francs (0,62 euro), avant de s'inverser quand il s'est apprécié pour atteindre 10 francs (1,52 euro) en 1985. La part importante de la TIPP, et le fait qu'elle reste constante quand le prix du pétrole s'élève, explique aussi que le prix à la pompe du super 95 n'est passé que de 1 à 1,47 euro. Le fioul domestique, bien moins taxé, a peu bénéficié de cet effet fiscal et son prix a augmenté plus fortement puisqu'il a été multiplié par 2,5.

En troisième lieu, enfin, la réponse macroéconomique aux chocs pétroliers s'est améliorée. Comme l'ont souligné Blanchard et Gali (2007), la moindre indexation des salaires et une plus grande crédibilité de la politique monétaire freinent la formation d'anticipations d'inflation. Un processus inflationniste a donc moins de chances de se développer, ce qui permet à l'économie d'échapper aux coûts qu'elle devait subir pour le contrôler et y mettre fin.

1.2. La consommation d'énergie et de pétrole

1.2.1. La consommation d'énergie se stabilise mais sa répartition sectorielle change

Alors qu'elle avait continué à croître après le premier choc pétrolier, la consommation d'énergie primaire tend à se stabiliser depuis 2000, qu'il s'agisse de la consommation finale ou de la consommation totale qui inclut la consommation intermédiaire de la branche énergie et la consommation industrielle de pétrole et d'autres ressources à des fins non énergétiques.

Cette stabilisation globale s'accompagne de changements importants dans sa répartition sectorielle. La consommation d'énergie dans la production (agriculture, industrie, sidérurgie) baisse en chiffres absolus et elle ne représente plus que 25 % de la consommation finale d'énergie. Les besoins d'énergie pour le chauffage domestique restent importants, mais permettent une stabilisation de la part de consommation du secteur résidentiel-tertiaire aux alentours de 43 %. Le fait le plus notable est finalement que la consommation d'énergie dans les transports a doublé entre 1973 et que sa part est ainsi passée de 20 à 32 %.

1.2.2. La part du pétrole diminue

La nature de la consommation d'énergie s'est fortement modifiée sous l'impact du développement de l'énergie nucléaire. L'électricité représente maintenant 42 % de la consommation d'énergie primaire alors qu'elle n'en représentait que 4 % en 1973. La consommation de pétrole s'est réduite après les premiers chocs pétroliers mais s'est ensuite stabilisée aux alentours de 90 millions de tonnes par an. En termes relatifs, sa part dans la consommation totale a été divisée par deux, passant de 67 % en 1973 à 33 % en 2007. La consommation de gaz a fortement augmenté et représente maintenant 15 % de la consommation totale. Sans surprise, la consommation de charbon a été fortement réduite. La part des énergies renouvelables reste limitée à 5 %.

2. Consommation d'énergie primaire

En millions de TEP

	1973	1973	1979	1985	1990	2000	2005	2006	2007	% en 2007
Consommation de la branche énergie	35	42	61	75	93	101	98	98	98	—
Usages non énergétiques	11	12	12	12	17	15	15	15	16	—
Consommation finale énergétique	100	133	129	143	158	161	163	163	163	100
• agriculture, industrie et sidérurgie	38	50	41	42	42	41	41	41	41	25
• résidentiel, tertiaire	42	57	54	59	67	70	71	71	71	43
• transports	20	32	34	42	49	50	51	51	52	32
Total	180	193	202	229	269	277	276	276	276	—

Champ : France métropolitaine.

Source : DGEMP.

3. Répartition par énergie de la consommation d'énergie primaire

En millions de TEP

	1973	1973	1979	1985	1990	2000	2005	2006	2007	% en 2007
Charbon	16	28	32	24	19	14	13	12	13	5
Pétrole	67	121	114	82	88	95	92	92	91	33
Gaz naturel	7	13	21	23	26	38	41	40	41	15
Électricité primaire	4	8	17	62	83	109	117	118	116	42
ENR ^(*) et déchets	5	9	9	10	12	13	13	14	15	5
Total	100	180	193	202	229	269	277	276	276	100

Note : (*) Énergies renouvelables thermiques, y compris les pompes à chaleur et les déchets.

Source : DGEMP.

1.2.3. Le pétrole reste utilisé dans tous les secteurs

La nature des consommations énergétiques et la part du pétrole parmi celles-ci dépendent évidemment fortement du secteur d'activité.

Le pétrole reste aujourd'hui le carburant pratiquement exclusif utilisé pour les transports, où il satisfait 95 % des besoins. Sa consommation a pratiquement doublé depuis 1973, avant de se stabiliser depuis une dizaine d'années grâce aux progrès réalisés en matière de consommation de carburants. Sur les 90 millions de tonnes de pétrole importées tous les ans, 48 sont aujourd'hui consacrées aux transports. Le pétrole reste encore une source d'énergie non négligeable dans les autres secteurs de l'économie puisqu'il satisfait encore 20 % des besoins de l'ensemble agriculture/industrie/sidérurgie et également 20 % des besoins du résidentiel et du tertiaire. Dans ces usages, le gaz et l'électricité d'origine nucléaire se substituent pourtant de plus en plus au pétrole. La consommation de pétrole dans le résidentiel-tertiaire est ainsi passée de 34 millions de tonnes en 1973 à 13 aujourd'hui, tandis que la consommation de l'ensemble agriculture/industrie/sidérurgie se réduisait aussi de 29 à 8 millions de tonnes. Le pétrole, enfin, reste une matière première non énergétique importante. Ce type de consommation augmente et représente aujourd'hui 14 millions de tonnes.

Au niveau mondial, la part des transports dans la consommation de pétrole reste stable un peu au-dessus de 50 %. On peut pourtant prévoir qu'elle augmentera, comme elle l'a fait en France et dans les pays les plus développés.

La place qu'occupera le pétrole dans les années à venir apparaît donc clairement. Il servira prioritairement aux transports, où il restera pendant longtemps très difficile de lui trouver des substituts. La mobilité accrue des hommes et des marchandises, tant nationale qu'internationale, est une caractéristique du monde moderne qu'il semble difficile de remettre en cause. Elle ne peut reposer, à moyen terme, que sur le pétrole.

4. Répartition par énergie et par secteur en 2007

En %

	Charbon	Pétrole	Gaz	Électricité(*)	ENRt	Total	Total (MTEP)
Conso. de la branche énergie	6	7	4	80	3	100	98
Usages non énergétiques	1	88	11	—	—	100	16
Consommation finale	4	44	22	23	8	100	162
• agriculture, indus. et sidérurgie	16	20	31	30	4	100	40
• résidentiel, tertiaire	1	20	32	35	13	100	71
• transports	—	95	0	2	3	100	52
Conso. totale d'énergie primaire	5	33	15	42	5	100	276

Champ : France métropolitaine.

Note : (*) Y compris hydraulique, éolien et photovoltaïque.

Source : DGEMP.

5. L'évolution de la consommation de pétrole

En millions de tonnes

	% en 1973	1973	1979	1985	1990	1995	2000	2005	2006	2007	% en 2007
Consommation de la branche énergie	—	27	22	9	8	8	8	7	7	8	—
Usages non énergétiques	—	9	9	9	10	13	15	14	14	14	—
Consommation finale	100	87	83	66	68	71	71	71	71	69	100
• agriculture, industrie et sidérurgie	33	29	25	13	12	11	10	9	9	8	12
• résidentiel, tertiaire	38	34	27	20	16	16	15	15	14	13	18
• transports	29	25	30	32	40	43	47	48	48	48	69
Consommation totale	—	123	114	84	87	92	94	92	92	90	—

Source : DGEMP.

6. Consommation mondiale de pétrole par secteur

En millions de barils par jour

	2001	2002	2003	2004	2005
Résidence	5,4	5,4	5,5	5,5	5,6
Commerce	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Industrie	25,3	25,6	26,1	26,4	26,8
Transports	43,4	44,3	44,8	45,3	45,9
Électricité	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2
Total	81,8	83,2	84,2	85,2	86,3

Source : AIE.

7. Répartition de la consommation mondiale de pétrole par secteur

En %

	2001	2002	2003	2004	2005
Résidence	6,6	6,5	6,5	6,5	6,5
Commerce	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3
Industrie	30,9	30,8	31,0	31,0	31,1
Transports	53,1	53,2	53,2	53,2	53,2
Électricité	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Source : AIE.

1.2.4. La dépendance énergétique et pétrolière diminue

L'intensité énergétique, c'est-à-dire le rapport entre la consommation d'énergie et la production nationale a beaucoup diminué depuis 1973. Comme le montrent le tableau 8 et le graphique 4, elle a baissé de près de 30 %. Les deux chocs pétroliers de 1973 et 1979 ont conduit à des baisses durables qui ont ensuite laissé la place à un palier. Le mouvement de baisse a repris depuis une décennie. Cette évolution favorable est encore plus nette pour l'intensité pétrolière.

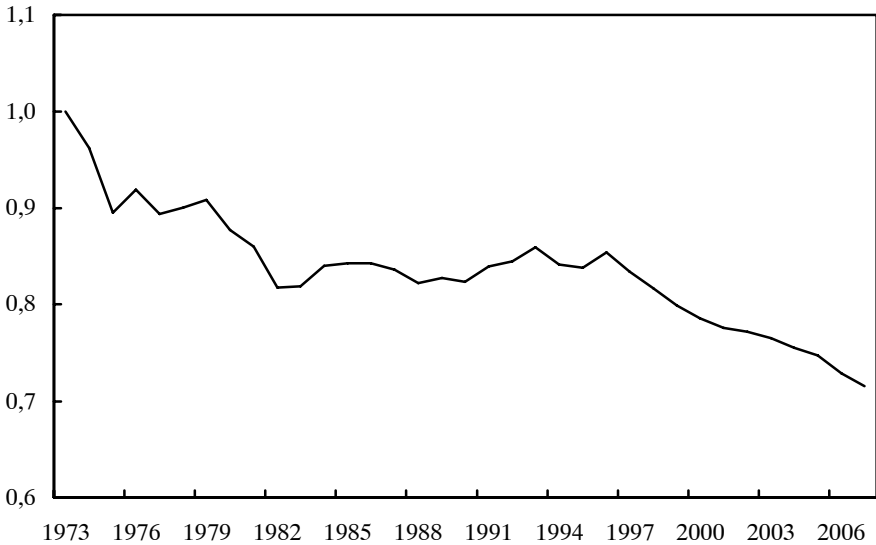
8. Intensité énergétique et pétrolière en France

	Énergie primaire	Consommation finale d'énergie	Consommation de pétrole
1973	100	74	68
1979	90	65	53
1985	85	55	35
1990	83	51	32
2000	79	47	28
2005	75	44	25
2006	74	43	24
2007	72	43	24

Lecture : Consommations en TEP rapportées au PIB Base 100 en 1973 pour l'énergie primaire.

Sources : INSEE et Observatoire de l'énergie.

4. La baisse de l'intensité énergétique primaire



Sources : INSEE et Observatoire de l'énergie.

La France se situe aujourd'hui dans la moyenne des pays développés, comme l'indique le tableau 9. Il n'est pas étonnant de constater que le Royaume-Uni, où la part des services est plus importante, a une intensité pétrolière plus faible, tandis que les États-Unis consomment nettement plus de pétrole.

9. Intensités pétrolières du PIB

	2007
Allemagne	0,32
États-Unis	0,55
France	0,35
Italie	0,34
Japon	0,43
Royaume-Uni	0,29

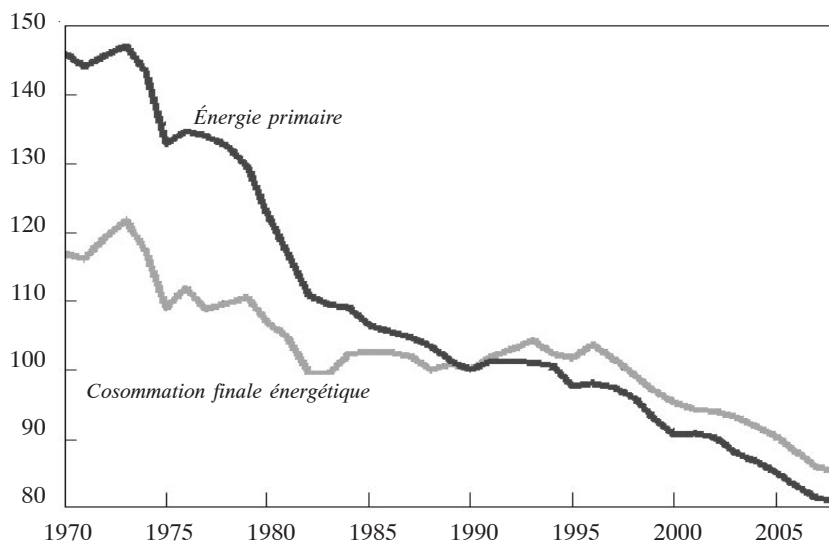
Lecture : Barils de pétrole pour 1 000 dollars de PIB, avec correction de PPA.

Source : EIA.

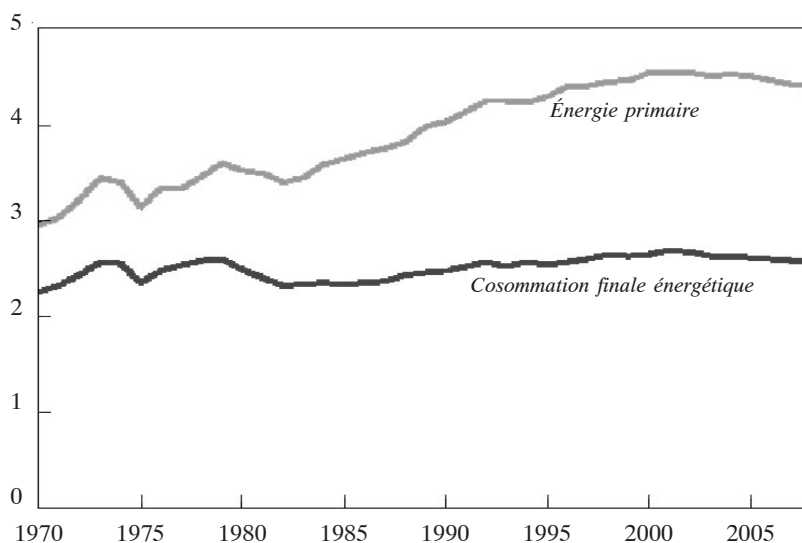
Si l'on en reste à des données très globales en mesurant l'intensité pétrolière du PIB, la France se situe *a priori* moins bien que le Royaume-Uni, plus spécialisé dans les services, mais mieux que les États-Unis, forts consommateurs de pétrole, ou même que le Japon. Le tableau 9 attribue en effet à la France une intensité énergétique du PIB égale à 0,35 alors que le

5. Consommation finale énergétique

a. Par unité de PIB



b. Par habitant



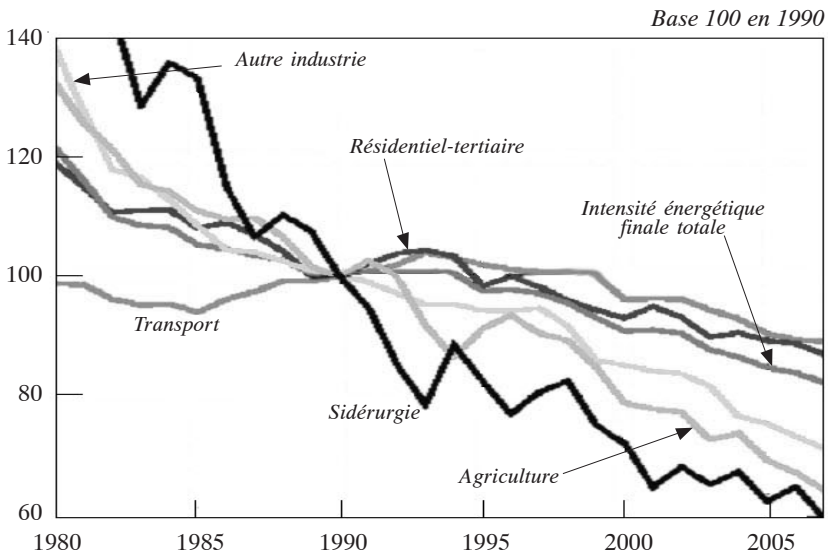
Source : Commissariat général au développement durable (2009).

Royaume-Uni se situe à 0,29, les États-Unis à 0,55 tandis que l'Allemagne apparaît légèrement moins dépendante du pétrole que la France.

Les résultats sont moins bons en ce qui concerne la consommation d'énergie par habitant qui amorce à peine un mouvement de baisse et se situe à des niveaux supérieurs ou égaux à ceux de 1973.

La baisse de l'intensité énergétique varie aussi beaucoup selon les secteurs, comme le montre le graphique 6. L'industrie et l'agriculture font mieux que les ménages puisque ce sont les secteurs transports et résidentiel-tertiaire qui font le moins de progrès. L'efficacité énergétique des logements et des automobiles progresse pourtant, mais, en parallèle, la taille et le confort des logements ainsi que la circulation automobile progressent également.

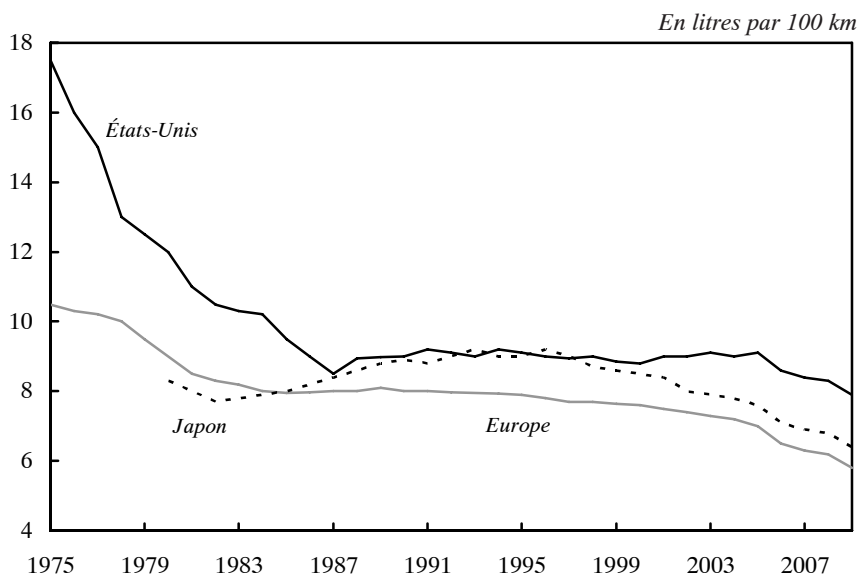
6. Intensités énergétiques sectorielles



Source : Direction générale de l'énergie et des matières premières (2007).

En définitive les hausses du prix du pétrole ont indéniablement contribué à réduire sa consommation. Les chocs pétroliers des années soixante-dix ont visiblement eu des effets permanents. Mais les hausses transitoires peuvent aussi avoir des effets permanents et irréversibles. Cet effet joue aussi pour les hausses transitoires qui favorisent des changements technologiques améliorant l'efficacité d'utilisation du pétrole et peuvent ainsi conduire à une baisse irréversible de la consommation.

7. Consommation de carburant par voiture



Sources : Datrastream et Natixis.

1.2.5. Les factures énergétique et pétrolière fluctuent entre 1 et 3 % du PIB

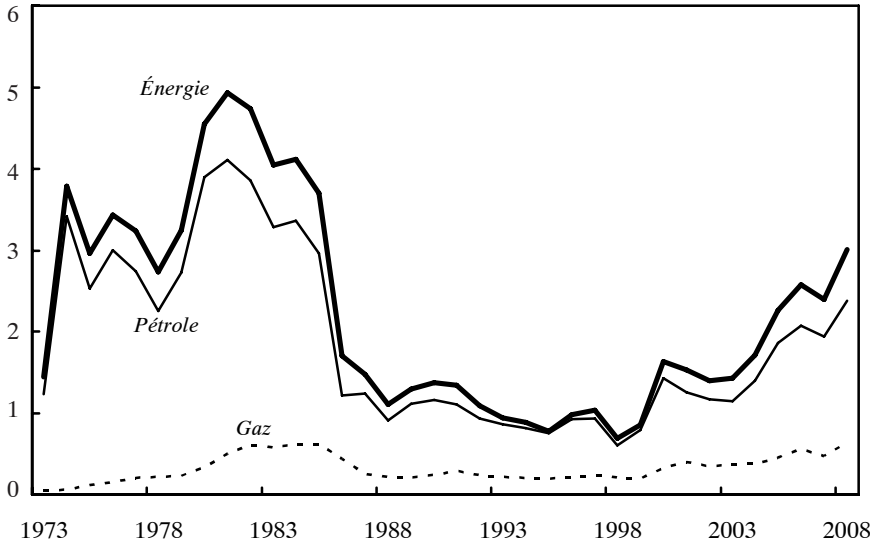
L'évolution des factures énergétique et pétrolière reflète les progrès de l'économie en efficacité énergétique, mais aussi les variations du prix de l'énergie. Les factures se sont nettement élevées dans les années 2000, avant de diminuer en 2009 sous le double impact de la baisse des prix et de la réduction de l'activité.

On a importé, en 2008, 40 milliards d'euros de pétrole brut auquel s'ajoute un solde importateur de 6 milliards de pétrole raffiné. La facture pétrolière s'élève donc à 46 milliards et est en hausse de 13 milliards par rapport à 2007. Il s'y ajoute une facture de gaz de 12,5 milliards.

Les dépenses de fioul et de carburants représentent aujourd'hui 0,6 et 2,9 % de leur consommation effective, alors qu'elles n'en représentaient que 0,4 et 2,6 % en 2002. La hausse du prix du pétrole se fait sentir très nettement en ce qui concerne la consommation de fioul. Les ménages en revanche ont contenu leur consommation de carburants. On observe une baisse nette et permanente des consommations en 1986-1987, qui reflète la baisse du prix du pétrole avec le contre-choc de 1986, mais s'est révélée durable. On n'observe pourtant pas sur longue période de tendance à la modération des consommations de pétrole des ménages, que ce soit pour le chauffage ou le transport automobile. Elles suivent l'évolution de la consommation totale des ménages.

8. La facture énergétique et pétrolière

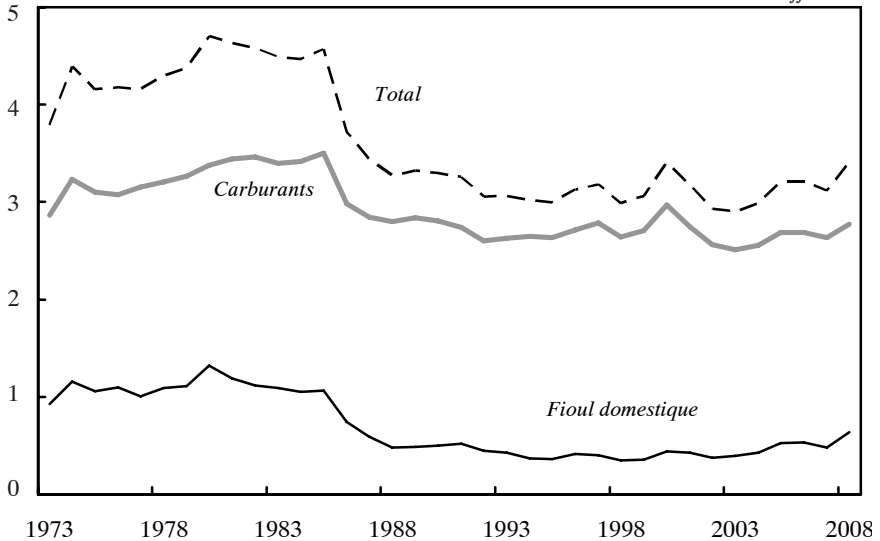
En % du PIB



Source : Direction générale de l'énergie et des matières premières (2008).

9. La consommation de pétrole des ménages français

En % de la consommation effective



Source : INSEE.

2. L'évolution du prix du pétrole

2.1. Les fondamentaux de l'offre

Le prix du pétrole pour l'utilisateur se décompose de la manière suivante :

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{Prix} & = & \text{Coût} & + & \text{Rente} & + & \text{Rente} & + & \text{Prix} & + & \text{Taxes} \\ \text{du} & & \text{marginal} & & \text{de} & & \text{non} & & \text{du} & & \\ \text{pétrole} & & \text{d'extraction} & & \text{rareté} & & \text{concurrentielle} & & \text{carbone} & & \end{array}$$

Comme pour n'importe quel bien, le prix du pétrole reflète d'abord les coûts de production et, en l'occurrence, les prix d'extraction, de transport et de raffinage. Mais il lui est généralement bien supérieur, pour des raisons qui ne tiennent pas seulement au caractère non concurrentiel de ce marché. Le prix d'une ressource naturelle non renouvelable intègre en effet une rente de rareté qui conduit légitimement à restreindre l'utilisation de cette ressource rare. Cette rente de rareté rémunère les propriétaires des gisements, mais elle ne doit pas être confondue avec la rente non concurrentielle dont bénéficient également ces derniers grâce à leur organisation en cartel ou simplement au pouvoir de marché que leur procure leur taille.

Un élément de coût supplémentaire doit aujourd'hui être intégré au prix du pétrole, celui des émissions de gaz à effets de serre qu'implique l'utilisation de ressources fossiles. Ce coût social mondial du réchauffement climatique est, et sera, de mieux en mieux pris en compte grâce aux interventions des puissances publiques et à leur coordination internationale. Il peut prendre la forme d'une taxe carbone, de l'achat d'un permis d'émission ou simplement refléter le poids de restrictions pesant sur l'usage du pétrole. Mais il correspond dans son principe au coût du carbone émis dans l'atmosphère lors de l'utilisation du pétrole. On pourra se reporter sur ces questions aux rapports pour le CAE de Roger Guesnerie (2003) et Jean Tirole (2009).

De nombreuses autres taxes pèsent enfin sur le prix du pétrole pour le consommateur.

Il est difficile d'isoler ces différentes composantes et encore plus de les quantifier, mais elles permettent de mieux comprendre l'évolution prévisible des cours.

2.1.1. Réserves et coûts d'extraction

Chaque année, des données sur les réserves de pétrole et de gaz sont publiées par diverses organisations⁽²⁾. Il s'agit des réserves prouvées et récupérables aux conditions techniques et économiques du moment. Elles

(2) *Oil and Gas Journal*, BP, pays concernés et autres sources. Certaines évaluations sont toujours faites selon les règles de la *Securities and Exchange Commission* basées sur les technologies des années soixante-dix.

montrent la très forte concentration des réserves de pétrole entre les mains d'un petit nombre de pays. Si l'on divise le volume des réserves par la production annuelle, on obtient un ratio (en années), qui est souvent trompeur et mal compris. En 1973, lors du premier choc pétrolier, ce ratio était de 31 ans et certains n'hésitaient pas à affirmer que les réserves mondiales de pétrole seraient épuisées avant 2000, en tenant compte de la croissance de la consommation. En janvier 2009, ce ratio est de 42 ans. Que s'est-il passé depuis 1973 ? Les techniques d'exploration et de production ont été grandement améliorées grâce à des innovations à diffusion rapide. Le taux de récupération a augmenté de manière significative. D'importantes découvertes ont été faites, (notamment en mer du Nord, au Brésil, en Afrique de l'Ouest). Une évolution similaire peut être attendue dans le futur pour l'exploration et la production. Le concept de réserves récupérables prouvées garde, par conséquent, une certaine élasticité. Les réserves peuvent être augmentées par l'action combinée de la technologie, des prix et des investissements. Les chiffres des réserves incluent maintenant les réserves de pétrole non conventionnel : les sables bitumineux du Canada et du Venezuela. Il faut, en outre, opérer une distinction entre, d'une part, les réserves avec les incertitudes que l'on peut avoir à leurs propos et, d'autre part, la transformation de ces réserves en capacité de production. Cette transformation implique des investissements massifs et longs. Le montant des investissements effectués déterminera l'offre disponible aux différents horizons de temps. Or, les décisions d'investissement sont complexes : elles dépendent des anticipations sur l'évolution des prix et de la demande. Le niveau du prix du pétrole encourage ou décourage ces investissements dans un mécanisme qui induit de la volatilité. Un bas prix du pétrole ralentit les investissements et prépare ainsi la pénurie future qui induira une hausse de prix et relancera un cycle d'investissements. La volatilité du prix a aussi pour effet d'accroître l'incertitude sur les prix futurs et de contribuer ainsi à réduire les niveaux d'investissement.

Le rythme des investissements dépend aussi beaucoup de la volonté politique des États qui détiennent les réserves. En 2009 et au début de l'année 2010, la dynamique des investissements pétroliers est incertaine. Ainsi, la crainte d'une offre insuffisante à terme est beaucoup plus liée à la dynamique des investissements qu'au montant même des réserves. Une illustration intéressante peut être fournie par l'Irak : l'Irak produit environ 2,5 millions de barils par jour. Certaines prévisions officielles estiment que cette production pourrait être augmentée jusqu'à 12 millions de barils par jour d'ici 2020. Ceci impliquerait des investissements très lourds et une rénovation des infrastructures. Les spécialistes de IHS/CERA (Information Handling Services/Cambridge Energy Research Associates) pensent qu'une prévision plus raisonnable à l'horizon 2020 serait de l'ordre de 6 millions de barils par jour.

10. Réserves de pétrole, de gaz et de charbon, janvier 2009

	Pétrole		Gaz		Charbon	
Réserves	170,8 Gt		185 000 Gm ³		826 Gt	
Ratio réserves/production (en années)						
• 1973	31		48,6		nd	
• 2009	42		60,4		122	
Concentration des réserves (en %)	OPEP	76	OPEP	48,7	États-Unis	29
			{ Russie Iran Qatar	53	Russie	19
					Chine	14
					Inde	7
					Australie	9

Source : CGEMP à partir des données diffusées par BP *Statistical Review of World Energy*, juin 2009.

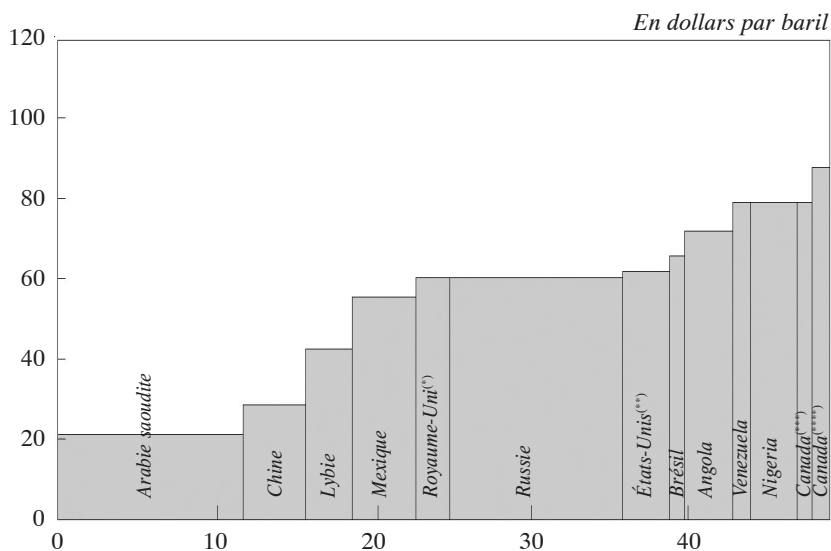
Les coûts d'extraction diffèrent beaucoup selon les gisements. Comme le montre le graphique 10, ils s'étalent de moins de 20 dollars le baril en Arabie saoudite à 80 dollars pour les ressources *offshore* profondes ou les sables bitumineux du Canada. Depuis 2004, les coûts ont augmenté de façon significative, en raison notamment des hausses de prix sur les équipements et la main d'œuvre qualifiée.

La logique économique voudrait que l'on commence par exploiter les gisements ayant le coût d'extraction le plus bas et c'est en principe ce qui se passerait dans une économie mondiale purement concurrentielle. Les détenteurs de ressources d'accès plus coûteux pourraient s'endetter pour attendre le moment venu d'exploiter leurs ressources. La réalité est évidemment bien différente. Dans l'oligopole des producteurs, chacun gagne à exploiter dès aujourd'hui ses ressources. Bien entendu, l'unicité du prix mondial du pétrole fait que les producteurs aux coûts les plus élevés ont des marges de profit plus faibles.

2.1.2. La rente de rareté

La rente de rareté représente simplement la valeur économique du pétrole encore enfoui, indépendamment des coûts qui devront être subis pour l'extraire. La rareté de la ressource lui donne évidemment une valeur et fait la richesse de ceux qui la possède. Mais ce mécanisme de marché contribue aussi à l'optimalité sociale. Un prix du pétrole plus élevé est le meilleur moyen d'inciter à en laisser dans le sol en conservant ainsi le capital des générations futures.

10. Seuils de prix pour le développement des gisements



Lecture : Reproduction pour chaque gisement du prix minimum nécessaire pour rendre rentable un nouvel investissement. Les capacités de production 2008 sont sur l'axe horizontal. Le graphique ne reproduit pas tous les gisements mondiaux.

Notes : (*) Mer du Nord (eaux peu profondes) ; (**) Golfe du Mexique ; (***) SAGD ; (****) Mining.

Source : Jackson, Burkhard et Craig (2009).

La règle bien connue de Hotelling indique que la rente de rareté devrait croître au cours du temps, à un taux égal au taux d'intérêt réel. Cette hausse tendancielle traduit bien la rareté croissante de la ressource pétrolière. Elle exprime aussi un comportement spéculatif naturel de la part des propriétaires des ressources pétrolières. S'ils prévoient une hausse du prix du pétrole supérieure au taux d'intérêt réel, ils sont incités à différer l'extraction, en perdant ainsi des recettes présentes mais en compensant ce manque à gagner par des recettes futures plus élevées. Inversement, s'ils prévoient une hausse de prix inférieure au taux d'intérêt réel, ils sont incités à extraire dès maintenant la quantité maximale possible, quitte à placer sur le marché financier les sommes ainsi obtenues. Mais il n'est bien sûr pas possible d'extraire instantanément tout le pétrole enfoui, ce qui nous amène à revenir sur les coûts d'extraction.

La règle de Hotelling, dans sa formulation simple, ne vaut que pour une ressource épuisable, disponible en quantité donnée et pouvant être extraite sans coût. La seule question est alors celle du profil temporel d'extraction de ces réserves et du temps qui nous sépare de leur épuisement. Mais ce

cadre d'analyse est trompeur car il ne met pas assez l'accent sur les coûts d'extraction. La rareté économique n'est pas absolue mais est toujours affaire de coûts. Comme le suggère le graphique 10, il n'y a pas de limites nettes aux ressources pétrolières. Le coût d'extraction est la seule limite effective. Plus on extrait de pétrole, plus cela coûte cher et il viendra sans doute un jour où le coût d'extraction sera si élevé que cette opération ne sera plus rentable. Comme aime à le dire le Sheikh Yamani, ministre saoudien du Pétrole, l'âge de pierre ne s'est pas terminé avec la disparition des pierres. Il s'est terminé quand des substituts se sont imposés et ont permis à l'humanité de passer à l'âge du bronze puis à l'âge du fer. Il en ira de même quand d'autres sources d'énergie pourront remplacer le pétrole. Du pétrole subsistera toujours dans les entrailles de la Terre mais il sera inutile de l'en extraire.

La question n'est donc pas simplement d'évaluer le niveau des réserves pétrolières et de décider à quelle vitesse on doit les épuiser. Elle est plutôt d'évaluer les coûts d'extraction de ces différentes réserves et de les comparer aux coûts des sources alternatives d'énergie. La hausse du prix du pétrole reflète celle des coûts de son extraction. Mais elle est aussi le signal qui guide le développement des substituts en assurant leur rentabilité. Le coût de production des énergies alternatives fixera un plafond à la hausse possible du prix de pétrole. Il déterminera le *choke price* qui finira par étouffer la production de pétrole, en ouvrant l'âge de l'après-pétrole.

Le *choke price* n'est d'ailleurs pas défini de manière unique. Il y en a autant que de branches industrielles, chacun représentant le niveau de prix auquel une activité cesse de recourir au pétrole. En définitive, le prix du pétrole doit bien intégrer un surcoût qui traduit la rareté de la ressource et, plus précisément, le fait qu'extraire aujourd'hui augmente inévitablement les coûts d'extraction futurs puisqu'il faudra alors exploiter des gisements moins favorables. Cet élément est difficile à évaluer mais il gouverne les choix intertemporels et même intergénérationnels des propriétaires de ressources. Les compagnies pétrolières et les États souverains peuvent le négliger et se laisser guider de manière myope par les coûts d'extraction courants, en leur appliquant la marge qui maximise leurs profits contemporains. Mais ceci revient à ne pas réaliser les profits maximaux dans l'exploitation d'un gisement et présente également un coût pour la société puisque cela amène aujourd'hui à des niveaux d'extraction trop élevés.

2.1.3. Le contexte géopolitique et le rôle de l'OPEP

La situation du marché du pétrole est fortement dépendante du contexte géopolitique et même des accidents climatiques. Guerres, troubles sociaux et politiques, accidents, catastrophes naturelles remettent en cause l'exploration, l'exploitation ou les approvisionnements et affectent ainsi la disponibilité du pétrole dans le monde. On a vu comment l'ouragan Katrina avait dévasté en quelques heures la production américaine de pétrole et de gaz naturel ainsi que les capacités de raffinage.

Nous mettrons l'accent sur le poids des politiques des grands pays exportateurs de pétrole, marquées par le retour du nationalisme pétrolier, et sur le rôle joué par l'OPEP et ses évolutions.

2.1.3.1. Les politiques des grands pays exportateurs de pétrole et le nationalisme pétrolier

Depuis la guerre en Irak (2003) et la hausse des prix du pétrole (2004-2008), le nationalisme pétrolier (cas particulier de ce que l'on appelle plus généralement le nationalisme des ressources) a été relancé dans un certain nombre de pays exportateurs de pétrole et de gaz. Ce changement est fondé sur l'augmentation de la valeur économique de leurs réserves pétrolières et gazières et sur la longue histoire de la souveraineté sur les ressources naturelles.

Les principaux pays exportateurs de pétrole et de gaz sont les onze pays membres de l'OPEP⁽³⁾, la Russie, le Mexique, la Malaisie et la Norvège. En dehors de la Malaisie et de la Norvège, on peut dire que ces pays sont marqués par :

- le nationalisme des ressources ;
- la malédiction pétrolière ;
- un fort potentiel d'instabilité politique.

2.1.3.1.1. *Le nationalisme des ressources*

La résurgence du nationalisme des ressources est fondée sur l'idée que l'État doit garder un contrôle absolu sur les réserves de pétrole et de gaz : les conditions d'accès pour l'exploration et la production (souvent réservées à des entreprises nationales), le rythme de développement et de production, le régime fiscal, les prix intérieurs, les conditions d'exportation (quantités et prix). Plusieurs arguments soutiennent cette volonté politique de contrôle. Tout d'abord, les gouvernements ne veulent pas être accusés par leur population de brader la richesse nationale à des entreprises étrangères, ou encore à des oligarques locaux. Ensuite, le nationalisme des ressources consiste à définir une limite politique aux exportations et à garder des réserves pour les besoins internes et pour les générations futures. Cette attitude reflète ce que l'on pourrait appeler « la tentation de créer la rareté ». Pourquoi les pays riches en pétrole et en gaz voudraient-ils épuiser leurs ressources pour nourrir les systèmes énergétiques inefficaces et polluants des nations les plus riches ? Ainsi, en 2008, les gouvernements du Koweït et de l'Arabie saoudite ont clairement indiqué qu'ils ne souhaitaient pas développer au maximum leur capacité de production. L'objectif de l'Arabie saoudite, qui avait été annoncé à 15 millions de barils par jour, a été ramené à 12 millions. Le renforcement du nationalisme pétrolier et la

(3) Les cinq membres fondateurs de l'OPEP en 1960 (Arabie saoudite, Irak, Iran, Koweït et Venezuela) ont été rejoints par les Émirats arabes unis, l'Algérie, le Qatar, la Libye, le Nigeria et l'Angola. L'Équateur et l'Indonésie ont rejoint puis quitté l'OPEP.

limitation de l'entrée des investisseurs internationaux ont eu pour effet, dans bien des pays, de dégrader la situation technique et financière des entreprises nationales (Venezuela, Mexique, Russie, Iran, Nigeria).

2.1.3.1.2. La malédiction pétrolière

La situation économique des pays exportateurs de pétrole et de gaz est marquée le plus souvent par la malédiction pétrolière. Les ventes de pétrole et de gaz représentent un pourcentage très élevé des recettes d'exportation, ce qui signifie que ces pays ne sont pas en mesure d'exporter autre chose que des hydrocarbures. Ces ventes représentent une part importante des revenus de l'État et ces économies sont donc fortement dépendantes du prix du pétrole et de la demande. Les revenus générés par les activités pétrolières et gazières sont répartis entre tous les participants de l'industrie : le gouvernement, les organes d'État et les agences publiques, les entreprises privées, nationales ou internationales. La corruption est souvent associée aux mécanismes de partage. Pour garantir la paix sociale dans le pays, une partie de l'argent est redistribuée par le biais de dépenses publiques et de tarifs subventionnés pour le gaz naturel, l'essence, le gazole, l'électricité et le butane. Ces subventions aggravent les distorsions économiques et l'inefficacité énergétique (AIE, 2006). Les revenus du pétrole permettent aux gouvernements d'échapper à la dépendance financière à l'égard de la population (les revenus du pétrole remplacent les revenus fiscaux) et de ne pas se soucier, au moins en partie, de leur légitimité démocratique. L'argent du pétrole renforce le pouvoir de la classe dirigeante, mais il peut aussi encourager les rébellions et les révoltes, dès lors qu'il ne conduit pas au développement économique et tend à aggraver les inégalités.

2.1.3.1.3. Un fort potentiel d'instabilité politique

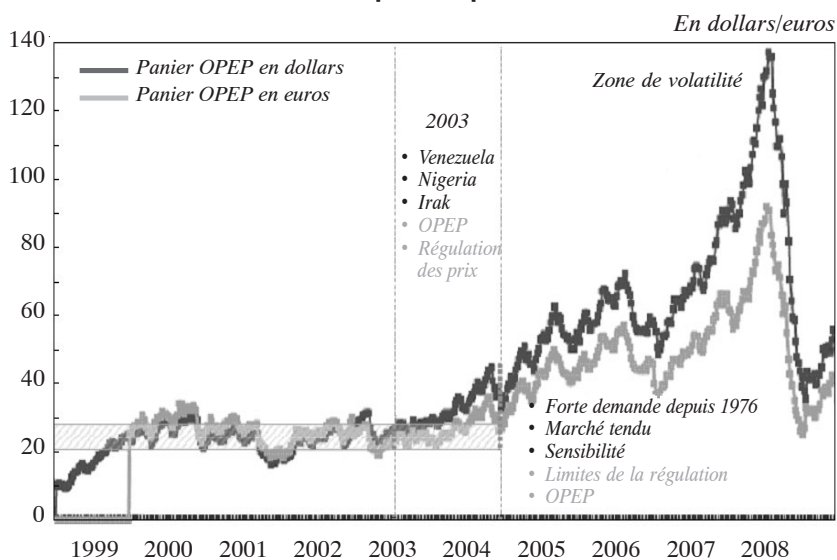
La plupart des pays exportateurs de pétrole et de gaz ne sont pas des démocraties stabilisées. L'argent du pétrole et du gaz, la malédiction de la ressource, constituent une source réelle et potentielle de conflits permanents. Les conflits peuvent provenir de l'intérieur du pays ou de l'extérieur. La pauvreté et les inégalités souvent croissantes fournissent une base solide pour le développement du terrorisme, à la fois dans chaque pays et à l'étranger. Ce potentiel d'instabilité est un facteur qui peut être susceptible de menacer la sécurité des approvisionnements pour les pays importateurs.

2.1.3.2. Le rôle de l'OPEP

En limitant ses quotas de production pour maintenir des prix élevés, l'OPEP peut assurer à ses membres une rente non concurrentielle. Mais elle doit aussi se préoccuper de la demande et pour cela ne pas mettre en danger la croissance mondiale. Elle contribue donc aussi paradoxalement à limiter les hausses de prix. C'est tout au moins ce qu'elle a fait assez efficacement entre 2000 et le début de 2004.

Revenons donc à 1998, date à laquelle les prix du pétrole brut ont atteint leur plus bas niveau depuis 1971 en dollars constants : 10 dollars par baril (graphique 11). Ce niveau n'était pas acceptable pour les grands pays exportateurs de pétrole, ni d'ailleurs pour les producteurs marginaux (américains ou autres) ayant un coût de production supérieur à 10 dollars. À 10 dollars par baril, la plupart des pays exportateurs ne peuvent pas équilibrer leurs budgets et financer leurs dépenses publiques. En 1999, les pays de l'OPEP se réunissent et décident de réduire leur production, en se donnant comme objectif de maintenir les prix du pétrole dans une fourchette de variation dont la limite supérieure serait 28 dollars le baril et la limite inférieure 22. Les variations de prix devaient être contrôlées par des ajustements périodiques des quotas nationaux de production. Cette plage de variation était considérée comme un « juste prix » : ni trop bas, pour répondre aux besoins financiers des pays exportateurs (et garantir un minimum de profit aux producteurs dont le coût d'extraction est élevé), ni trop haut pour éviter des effets trop négatifs sur l'économie mondiale qui avaient été constatés après le second choc pétrolier (1979-1980).

11. Le prix du pétrole



Sources : *International Energy Agency* et *US Energy Information Administration – Doe*, mars 2009.

Suite à cette décision, l'OPEP a réussi à maintenir une assez grande stabilité des prix entre 2000 et le début de 2004, même au cours de l'année 2003, qui a été l'une des pires années de l'histoire pétrolière, marquée par trois événements politiques indépendants :

- au Venezuela, le conflit entre le président Chavez et la compagnie pétrolière d'État PDVSA, à propos de l'utilisation de l'argent du pétrole, a

donné lieu à une longue grève qui a réduit considérablement la production et les exportations de pétrole ;

- au Nigeria, l'agitation politique et sociale dans le delta du Niger autour de l'appropriation des revenus du pétrole, a réduit la production et les exportations ;
- enfin, en mars 2003, le président Bush a décidé d'envahir l'Irak. La production de pétrole de ce pays et les exportations ont été durement touchées.

Malgré ces événements, les prix du pétrole n'ont pas grimpé à 100 ou 200 dollars, parce que les pays de l'OPEP (hors Venezuela, Nigeria et Irak) ont été en mesure de mettre sur le marché les barils « manquants ». Ils avaient à cette époque une capacité de production excédentaire considérable qui a constitué le facteur clé pour réguler l'offre et « contrôler » les prix du pétrole.

En 2004, la situation change radicalement. La demande de pétrole explose, entraînée par une forte croissance économique mondiale, notamment en Chine. Le rôle de la Chine au cours de l'année 2004 doit être toutefois relativisé : elle a importé près de 3 millions de barils par jour, tandis que les États-Unis, stimulés par la croissance économique, en importaient environ 13 millions. Il faut garder à l'esprit que les États-Unis comptent pour le quart de la consommation mondiale de produits pétroliers. En 2004, le problème était double : la production au Venezuela, en Irak et au Nigeria n'avait pas retrouvé ses niveaux antérieurs et la capacité de réserve de production des autres pays de l'OPEP avait disparue. Depuis 2004, l'OPEP a perdu son pouvoir de maintenir un plafond aux prix du pétrole. C'est ce qui explique l'amorce d'un troisième choc pétrolier avec une augmentation graduelle des prix entre 2004 et 2008. Contrairement à ce qui s'était passé au moment du deuxième choc pétrolier, la croissance économique des grandes régions (États-Unis, Europe et Asie) n'a pas été affectée par cette hausse des prix jusqu'en septembre 2008.

Deux raisons peuvent être invoquées :

- l'économie mondiale, en 2004-2007, est beaucoup moins « intense en pétrole » qu'elle ne l'était au moment des deux premiers chocs pétroliers. Il faut aujourd'hui en France un tiers de baril pour produire 1 000 euros de PIB. Il en fallait trois fois plus en 1973 ;
- entre 1980 et 2004, la sphère financière internationale s'est beaucoup développée. Une partie des pétrodollars est dépensée dans l'économie réelle, une autre est recyclée dans les circuits financiers internationaux et nourrissent la croissance financière de la planète.

Ces deux explications confortent l'idée selon laquelle les pays de l'OPEP ont abandonné leur idée de « fourchette raisonnable » puisque des prix élevés ne produisaient pas ce qu'ils redoutaient initialement : une rupture de la croissance économique. La croissance des prix s'est donc poursuivie graduellement et progressivement, probablement entretenue sur la fin de période par la spéculation, jusqu'au 11 juillet 2008, date à laquelle le prix du pétrole a culminé à 147 dollars par baril.

Deux choses se sont alors produites :

- la hausse du prix a fini par affecter fortement la demande de carburant aux États-Unis et en Europe ;
- la crise économique commence à apparaître et se traduit par une destruction de la demande.

Ces deux raisons se combinent pour entraîner une brutale chute des prix entre le mois de juillet et la fin de l'année 2008. L'OPEP cherche à répéter son action de 1999 mais deux décisions successives de réduction de la production ne parviennent ni à stopper la chute ni à inverser le mouvement. On peut penser toutefois que ces réductions ont contribué au renversement intervenu un peu plus tard.

Les pays de l'OPEP ne sont pas tous touchés de la même façon par l'effondrement des prix et la crise économique. Les revenus d'exportation d'hydrocarbures des pays de l'OPEP ont été de 984 milliards de dollars en 2008 ; ils seraient de l'ordre de 403 milliards en 2009. Les pays les plus peuplés (Iran, Irak, Venezuela, Algérie) sont plus touchés que les monarchies du Golfe mais l'OPEP n'a encore aucun moyen (en 2009) pour faire remonter les prix, avec une forte capacité excédentaire de production (environ 6,5 millions de barils par jour en 2009). Avec une reprise économique et une reprise de la demande, l'OPEP pourrait retrouver un certain pouvoir d'action sur les prix mais cela impliquerait une certaine cohérence entre les États membres. Ceci relève de la géopolitique de l'OPEP.

2.1.4. Les contraintes environnementales

Les nombreux facteurs poussant à la hausse tendancielle des prix du pétrole présentent des avantages du point de vue de la lutte contre le réchauffement climatique mais il n'y a pas de raison de penser qu'ils soient suffisants pour ramener rapidement les émissions à un niveau supportable. Une politique climatique doit donc être mise en œuvre pour freiner le recours au pétrole et encourager le développement de technologies et de modes de vie plus propres. Cette nécessité est maintenant bien admise dans les pays développés et il est de mieux en mieux compris que le moyen naturel pour y parvenir est de faire payer à chacun l'ensemble des coûts de production des biens qu'il consomme, en y incluant les coûts environnementaux et notamment le prix du carbone émis.

L'idée d'un prix unique du carbone s'impose alors. Comme l'explique notamment Tirole (2009), la présence d'un tel prix suffit pour mettre en place les incitations requises à économiser l'énergie et à développer de nouvelles technologies moins polluantes. Comme il le souligne également, il faut aussi que tous les acteurs puissent anticiper l'évolution future du prix, pour en tenir compte dans leurs investissements et leurs choix technologiques.

Une taxe carbone ou un marché de permis d'émissions constituent le moyen le plus naturel d'assurer un prix unique du carbone. Les gouverne-

ments préfèrent pourtant souvent s'appuyer sur un ensemble de politiques ciblées : normes de consommation énergétique imposées aux logements et aux automobiles, subventions aux énergies non renouvelables, aides au développement de nouvelles technologies... La cohérence économique de ces mesures est loin d'être assurée car le coût par tonne de carbone évitée varie beaucoup d'une mesure à l'autre. Ces mesures jouent pourtant un rôle positif en faisant évoluer les comportements et les mentalités.

La question aujourd'hui, après l'échec du Sommet de Copenhague, en décembre 2009, est de savoir à quelle vitesse les préoccupations environnementales s'imposeront dans le monde entier, en permettant une réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES).

L'Europe s'est engagée, en 2007, sur l'objectif des trois 20 % à atteindre d'ici 2020 :

- augmentation de 20 % de l'efficacité énergétique ;
- réduction de 20 % des émissions de GES (par rapport à leur niveau de 1990) ;
- augmentation à 20 % de la part des énergies renouvelables.

La France a souscrit à cet engagement qui requiert la mise en œuvre de politiques climatiques ambitieuses. Le Grenelle de l'environnement, à l'automne 2007, a formulé un vaste ensemble de recommandations concrètes qui doivent trouver une traduction législative et prendre ainsi valeur d'engagement. L'adoption d'une taxe carbone devait compléter le marché européen de permis d'émissions. Sa mise en œuvre est maintenant retardée mais s'imposera tôt ou tard, peut-être au niveau européen. Les autres pays développés suivent des voies similaires, avec les mêmes difficultés. L'Administration Obama a donné une place importante à l'environnement dans son plan de relance de février 2009 et des politiques générales de limitation des émissions sont sur l'agenda du Congrès. La grande inconnue concerne les pays non-OCDE : quel type de croissance économique vont-ils adopter et quelle y sera la place des préoccupations environnementales ? Là aussi, les préoccupations environnementales progressent, même si elles se heurtent à une forte pression en faveur d'un développement économique accéléré. Personne ne peut encore savoir à quoi ressemblera, par exemple, le parc automobile chinois ou indien dans une dizaine d'années. L'équilibre environnemental de la planète et l'évolution de la demande mondiale de pétrole et de son prix en dépendent. Mais ils dépendent encore plus de la possibilité d'un accord entre pays développés et pays émergents pour mettre en place des politiques climatiques coordonnées. Les enjeux de Copenhague sont toujours là.

2.1.5. Le partage de la rente pétrolière

Les pays de l'OPEP ont toujours été très critiques vis-à-vis des taxes élevées imposées par certains pays importateurs sur les produits pétroliers, les pays européens en particulier. Ils y voient, à juste titre, une captation

d'une partie de leur rente pétrolière par les pays consommateurs. Cette crainte les a sans doute incités à nier ou à minimiser les questions afférentes au changement climatique.

Il faut bien reconnaître que des sommes énormes sont en jeu.

Chaque année, l'industrie pétrolière internationale engendre un volume de richesses extrêmement important puisqu'on peut estimer qu'il est de l'ordre du PIB d'un pays comme l'Allemagne. Ce surplus pétrolier s'étale tout au long de la chaîne de valeur du pétrole, depuis l'exploration jusqu'à la pompe à essence et il résulte d'une articulation complexe entre les coûts, les prélèvements fiscaux, les marges et les profits. Le calcul du surplus est un exercice délicat qui repose sur des estimations agrégées des coûts et des prélèvements.

On peut définir le surplus pétrolier de trois façons :

- la définition différentielle. On part du chiffre d'affaires global de l'industrie pétrolière internationale : l'ensemble des ventes de tous les produits pétroliers dans le monde, toutes taxes comprises, environ 2 700 milliards de dollars⁽⁴⁾. On retire de cette somme l'ensemble de ce qu'il a fallu dépenser pour découvrir, produire, transporter, raffiner, stocker et distribuer l'ensemble de ces produits, environ 500 milliards de dollars. La différence, environ 2 200 milliards, représente le surplus pétrolier, c'est-à-dire la richesse disponible créée au cours de l'année par l'industrie pétrolière ;

- la définition positive. Le surplus pétrolier se partage entre différents types d'acteurs : les gouvernements des pays producteurs (sous forme d'impôt et de prélèvements fiscaux), les gouvernements des pays consommateurs (sous forme de taxes sur les produits raffinés), par les compagnies pétrolières et tous les acteurs qui sont présents tout le long de la chaîne de valeur, depuis l'amont jusqu'à l'aval. Le surplus est ainsi un ensemble de prélèvements : taxes, royalties, profits, commissions, marges. On estime qu'environ la moitié du surplus est prélevée sous forme de taxes par les grands pays consommateurs de pétrole ;

- la définition théorique. Le surplus pétrolier est en fait la somme des rentes différentielles et des rentes de monopole – qui existent tout au long de la filière. Rentes minières pour les pays dont les coûts de production sont les plus bas, rentes de monopole à travers l'action de l'OPEP et les prélèvements fiscaux opérés par les grands pays consommateurs.

Les variations du prix du pétrole entraînent ainsi de vastes mouvements de transferts de valeur entre les pays importateurs et les pays exportateurs de pétrole. Depuis 2002, la variation des revenus d'exportation des pays de l'OPEP⁽⁵⁾ donne la mesure de ces transferts de valeur : 200 milliards de

(4) Calcul effectué pour 2004, année durant laquelle le prix moyen du WTI était de 41 dollars.

(5) Les revenus d'exportation (qui tiennent compte des coûts) ne sont pas égaux aux prélèvements de l'OPEP sur le surplus.

dollars en 2002, 984 milliards en 2008 et 564 milliards en 2009⁽⁶⁾. Entre 2002 et 2008, ce sont 3 560 milliards de dollars qui ont été transférés des pays importateurs vers les pays exportateurs de l'OPEP. Du côté des pays importateurs, cette ponction se fait, sur l'épargne, la consommation, parfois sur les programmes sociaux dans les pays les plus pauvres obligés de régler la facture pétrolière. Du côté des pays exportateurs, la rente pétrolière finance des dépenses dans les infrastructures, l'immobilier, la sécurité, la défense, l'abondement des fonds souverains.

La réalité du conflit pour le partage de la rente pétrolière est incontestable, comme l'est le rôle qu'y jouent les taxes prélevées par les pays importateurs. Sur tout marché, l'imposition d'une taxe conduit à une diminution du prix hors taxe et ainsi à une diminution du surplus gagné par le producteur et ce d'autant plus que l'offre est peu élastique. Il en va ainsi sur un marché de monopole comme sur un marché concurrentiel. Ce mécanisme joue aussi dans le cas d'une ressource non renouvelable comme le pétrole. Il joue même particulièrement fortement car l'offre totale de la ressource y est, par définition, peu élastique puisqu'elle correspond au montant des réserves exploitables. Les taxes prélevées par les pays importateurs ne sont donc pas loin de s'imputer, dollar pour dollar, sur la rente pétrolière des pays exportateurs.

La taxe carbone ou l'achat des permis d'émissions s'imputent ainsi en grande partie sur la rente pétrolière des pays producteurs. Du point de vue environnemental, le partage du surplus n'a pas grande importance. Une rente pétrolière élevée ou une taxe élevée accroissent de la même façon le prix du pétrole et contribuent ainsi à réduire la consommation et les émissions.

Les pays importateurs qui s'abstiennent de mettre en place des politiques climatiques font aussi partie du problème. Ils gagnent à la baisse du prix hors taxe et sont ainsi incités à augmenter leur consommation. Ceci pousse *a priori* à mettre en place une taxation carbone aux frontières des pays vertueux. On s'est aussi parfois interrogé sur le caractère socialement et économiquement utile de l'usage que font de leur rente les pays exportateurs, une partie de leurs dépenses augmentant parfois de manière peu compréhensible au point de léser de façon préoccupante les coûts d'entretien et de fonctionnement qui ont été engendrés par les investissements effectués.

Le partage du surplus pétrolier apparaît en tout cas comme un élément de contexte essentiel dans la coordination internationale des politiques climatiques.

2.2. La demande

Nous avons jusqu'à présent mis l'accent sur le côté offre du marché pétrolier. Le prix dépend aussi, évidemment, de la demande : la courbe d'offre dont nous avons détaillé les déterminants doit rencontrer la courbe de demande.

(6) Cf. IHS-CERA.

La demande de produits pétroliers, et son évolution, dépend également d'un grand nombre de paramètres qui, comme pour l'offre, reflètent eux aussi les interdépendances et les incertitudes. En 2008, on estimait qu'environ la moitié de la consommation de pétrole était le fait des transports, le reste allant à la production de chaleur, d'électricité et à la pétrochimie. La part allant au transport varie d'un pays à un autre : moins de 30 % en Inde, plus de 60 aux États-Unis. Toutefois, au niveau global, selon les prévisions de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), le transport est le principal facteur explicatif de la croissance de la demande de produits pétroliers. Les pays de l'OCDE comptent pour environ 55 % de la consommation globale mais leur part diminue au profit des pays non-OCDE, en particulier de ceux caractérisés par une croissance démographique forte et un potentiel de croissance élevé. En 2008, l'AIE estimait que 42 % de la croissance de la demande de produits pétroliers d'ici 2030 pouvait être attribués à la Chine et l'Inde.

La crise économique a probablement modifié l'évolution anticipée de la demande, en accentuant les spécificités régionales et le clivage OCDE/non-OCDE. On se demande, d'une part, si la demande de produits pétroliers n'a pas déjà atteint un *peak* dans certains pays industrialisés (les États-Unis, la France ?) et, d'autre part, quelle va être la force de la demande dans les pays non-OCDE.

Ainsi, région par région, l'évolution de la demande de produits pétroliers dépend du niveau de prix du pétrole brut, des taxes, de la croissance économique et de la qualité de celle-ci (va-t-on vers une croissance plus verte et plus soucieuse de l'environnement dans les pays OCDE ?), des politiques énergétiques mises en place.

À moyen terme, entreprises et ménages peuvent choisir leurs sources d'énergie et adapter leurs technologies et leurs équipements. La demande de pétrole est alors relativement élastique au prix, Elle l'est beaucoup moins à court terme car les agents ne peuvent alors que faire varier à la marge les montants consommés. Ils pourront en particulier réagir aux hausses de prix des carburants en réduisant l'utilisation de leur voiture personnelle, mais ne changeront guère leur utilisation de fioul à des fins de chauffage. Dans leur complément à ce rapport, Marie Clerc et Vincent Marcus font ainsi état d'une élasticité de la demande de carburants des ménages français de l'ordre de 0,4 à long terme et de 0,2 à court terme, alors que la demande d'énergie domestique est nettement moins sensible au prix. Les élasticités-prix mesurées dans d'autres pays sont du même ordre.

Le niveau de prix atteint par le pétrole brut et les carburants en juillet 2008 a clairement fait jouer cette élasticité-prix et, peut-être des changements de comportements comme on paraît l'observer dans le cas français. Notons que cette hausse des prix a touché de façon très différenciée les différentes catégories professionnelles et sociales. Les personnes vivant en milieu rural, qui ont impérativement besoin d'une voiture individuelle et qui, souvent, sont chauffées au fioul, ont été durement touchées dans leur pouvoir d'achat. À l'opposé, le citadin qui n'a pas de voiture et utilise les transports en commun, est beaucoup moins touché.

Il est intéressant de rappeler l'évolution de la consommation française de carburants en 2008. De janvier à mai 2008, la consommation française de carburants a été stable par rapport à 2007. En juin 2008, au moment où les prix des carburants à la pompe ont atteint des niveaux record, la consommation a chuté de 9,4 % par rapport à l'année précédente. Toujours comparée aux mêmes mois de 2007, cette baisse a atteint 12,3 % en août et en novembre 2008. Les reculs de consommation en juin et en août correspondent clairement à un effet prix. En revanche, la baisse de novembre, alors que les prix avaient considérablement baissé, reflète l'impact de la crise économique qui détruit une partie de la demande. En prenant l'ensemble de l'année 2008, la consommation française de carburants a baissé de 2,8 %. Face à cette évolution, l'Union française des industries pétrolières (UFIP) a demandé à l'IFOP d'effectuer une enquête d'opinion pour rechercher si cette baisse correspond à des changements durables de comportements des automobilistes. Il semble bien que les automobilistes français aient adopté de nouvelles habitudes.

Cette enquête, réalisée en janvier 2009, soit après la chute des prix, met en évidence les changements de comportement suivants. À la question « au cours des douze derniers mois, avez-vous été amené à modifier votre mode d'utilisation de votre voiture ? » les réponses ont été (en pourcentage des réponses totales) :

- rouler moins vite pour utiliser moins de carburant (58 %) ;
- réduire l'utilisation de la voiture (39 %) ;
- changer le lieu d'approvisionnement pour payer moins cher (39 %) ;
- acheter ou envisager d'acheter une voiture qui consomme moins (24 %).

Parmi les personnes qui ont changé de comportement, près de 80 % d'entre elles considèrent que ces changements sont peu ou pas du tout contraignants.

Il est intéressant de retenir que les causes invoquées pour expliquer le changement de comportement (notées par ordre d'importance de 1 à 10) sont les suivantes :

- la hausse du coût du carburant (7,8) ;
- le souhait de mieux respecter l'environnement (7,1) ;
- le souhait de recentrer les dépenses sur les besoins essentiels (6,7) ;
- la volonté de se maintenir en forme en marchant ou en faisant du vélo (6,3) ;
- une réduction générale des dépenses amenant à moins se déplacer (5,8) ;
- la volonté de changer un certain nombre d'habitudes de vie (5,7).

Enfin, 82 % des personnes interrogées considèrent que si le prix du carburant baissait en 2009, elles n'utiliseraient – certainement pas ou probablement pas – davantage leur voiture.

Ces changements de comportement vis-à-vis de la voiture et des services demandés à celle-ci avaient été perçus par les constructeurs bien avant la hausse des prix de juillet 2008 comme nous l'ont indiqué des personnes auditionnées. D'autres éléments confirment ces changements de compor-

tement : l'âge moyen de l'acheteur d'une voiture neuve en France est de 53 ans. La proportion de jeunes qui ne passent pas leur permis de conduire augmente (différents facteurs d'explication se combinent). Les auditions ont montré par ailleurs que la grande distribution est touchée elle aussi par ce changement de comportement. Les consommateurs ne sont plus disposés à faire 80 km pour faire leurs courses dans une hyper-surface.

Ces changements de comportement reflètent trois facteurs de nature différente :

- la prise de conscience du réchauffement climatique et de la nécessité de préserver davantage l'environnement ;
- la crainte d'une remontée inéluctable des prix ;
- une évolution dans la conception que les individus peuvent avoir de la mobilité, au sens le plus large.

Le second déterminant de la demande de pétrole, à côté du prix, est la croissance économique. Toute hausse de la production mondiale augmente immédiatement les besoins des entreprises tandis que la hausse des revenus qui l'accompagne permet aux ménages de consommer plus. La hausse des années 2000 et le retournement qui l'a suivie en 2008, s'expliquent en partie ainsi puisque le début de la décennie a bien été une période de développement de la production mondiale, notamment dans les pays émergents, et que l'économie mondiale est entrée en crise en 2008. La demande mondiale de pétrole a baissé de 2,2 % en 2009. Tout laisse à penser qu'elle va retrouver rapidement le chemin de la croissance, notamment dans les pays émergents.

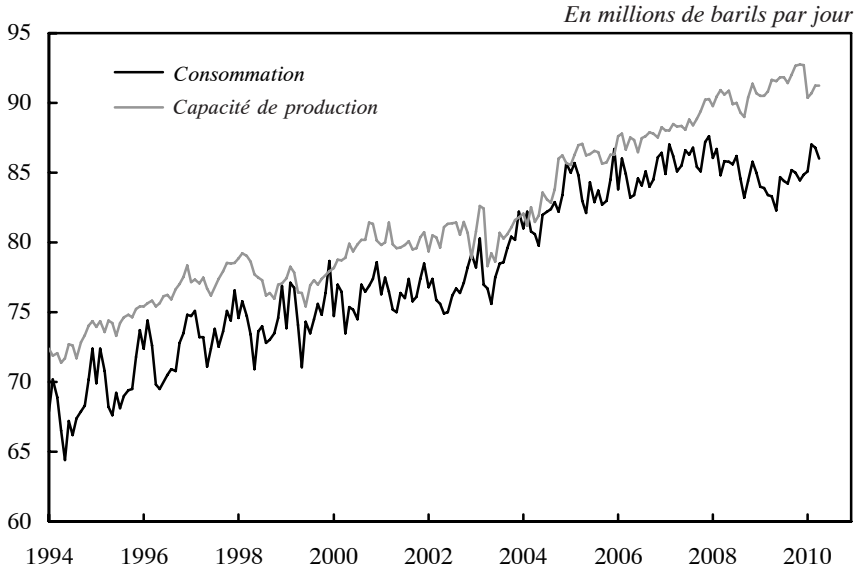
2.3. La volatilité du prix du pétrole

Comme toute matière première, le pétrole a un prix très volatil. Il réagit aux fluctuations de l'offre et de la demande qui sont toutes deux, à court terme, peu élastiques au prix. Des variations de prix importantes sont donc nécessaires pour équilibrer le marché.

L'irrégularité des programmes d'investissement des compagnies pétrolières et des États exportateurs engendre, sur le moyen terme, une succession de hausses et de baisses du prix. Il est difficile pourtant d'attribuer aux seuls déséquilibres de l'offre et de la demande, la forte hausse du prix des années 2002-2008, et le très brusque retournement qui suivit en juillet-août 2008.

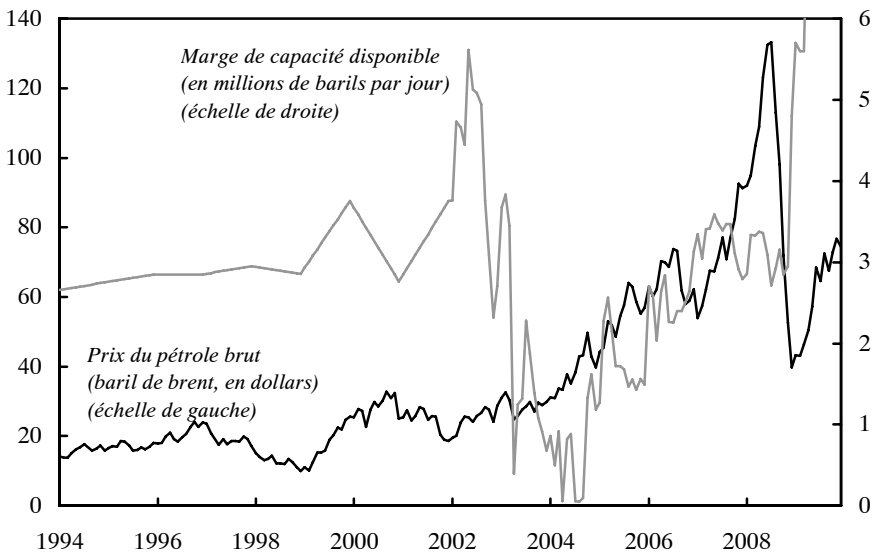
L'écart entre l'offre et la demande mondiale peut sembler trop faible pour expliquer les variations de prix et son évolution n'est pas synchrone avec celle du prix. Comme le montre le graphique 12, la consommation commence à baisser à la fin 2007 alors que le prix continue à augmenter jusqu'à la mi-2008. Les marges de capacités disponibles reportées sur les graphiques 13 et 14 baissent fortement de 2002 à 2004, puis remontent pendant toute la période 2004-2008 et il faudrait donc admettre qu'il a fallu quatre ans pour que cette augmentation des marges de capacités fasse enfin baisser le prix.

12. Consommation et capacité de production mondiale de pétrole, 1994-2009



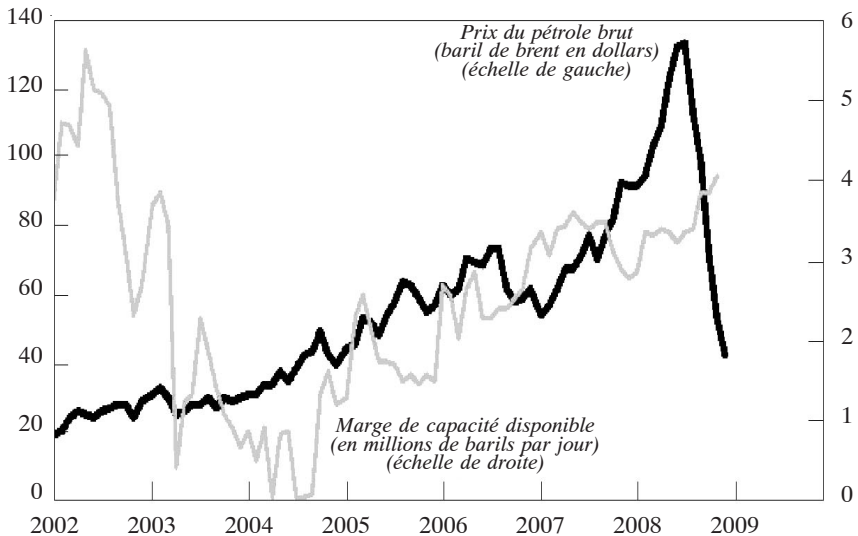
Sources : Oil Market Intelligence et Natixis.

13. Marge de capacité disponible et prix du pétrole, 1994-2009



Sources : Oil Market Intelligence et Natixis.

14. Marge de la capacité disponible et prix du pétrole, 2002-2009



Sources : AIE, Oil Market Intelligence et Natixis.

De nombreux observateurs en ont tiré la conclusion que des comportements spéculatifs pouvaient seuls expliquer cette évolution du prix. Ne ressemble-t-elle pas à s'y méprendre au gonflement puis à l'éclatement d'une bulle. Le comportement du prix pendant le premier semestre 2009 soulève des interrogations du même type puisque le prix est alors remonté de 40 à plus de 70 euros sans qu'une reprise mondiale de l'activité ne le justifie.

2.3.1. Des éléments en faveur d'une responsabilité de la spéculation sur les marchés à terme dans l'évolution récente du prix du pétrole

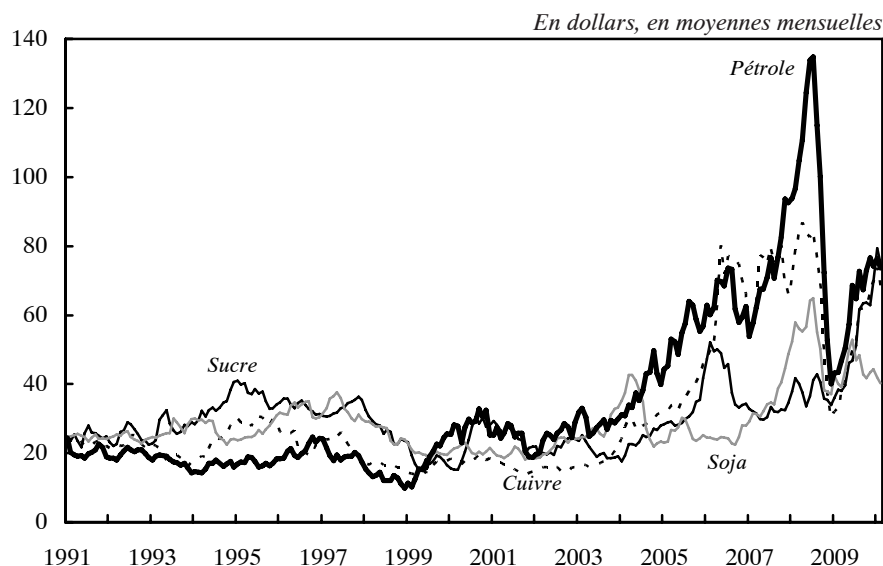
Le développement des marchés financiers et leur mondialisation incitent à rechercher des causes financières à l'évolution du prix du pétrole. Les instruments de la spéculation sont là. Les marchés à terme du pétrole, et des matières premières, en général sont anciens et de plus en plus actifs. Le contexte financier mondial s'y prête aussi. Une décennie de bas taux d'intérêt a créé des liquidités abondantes, à la recherche de rendement et d'actifs de qualité que leurs propriétaires pensent trouver dans les pays développés et en premier lieu aux États-Unis. Symptôme d'un déséquilibre financier mondial, ou en tout cas d'une configuration échappant à une logique économique un peu simpliste qui voit, au contraire, les occasions d'in-

vestissement dans les pays émergents, des flux de capitaux importants en provenance des pays émergents et des pays exportateurs de pétrole se dirigent vers les pays développés et les marchés financiers qu'ils abritent. Pourquoi ne se dirigeraient-ils pas en particulier vers le pétrole et les matières premières dont bien des raisons laissent prévoir que leurs prix devraient s'élever ? Ne sont-ils pas à l'origine d'une bulle des matières premières, plus ou moins synchronisée de la bulle immobilière américaine ?

Le graphique 15 met en évidence un certain parallélisme entre les évolutions des prix des différentes matières premières, qui partagent le même mouvement général de hausse dans les années 2004-2008. Mais la corrélation n'est pas très étroite et des facteurs spécifiques sont visiblement à l'œuvre. Le prix du soja a ainsi chuté début 2004 et celui du sucre début 2006.

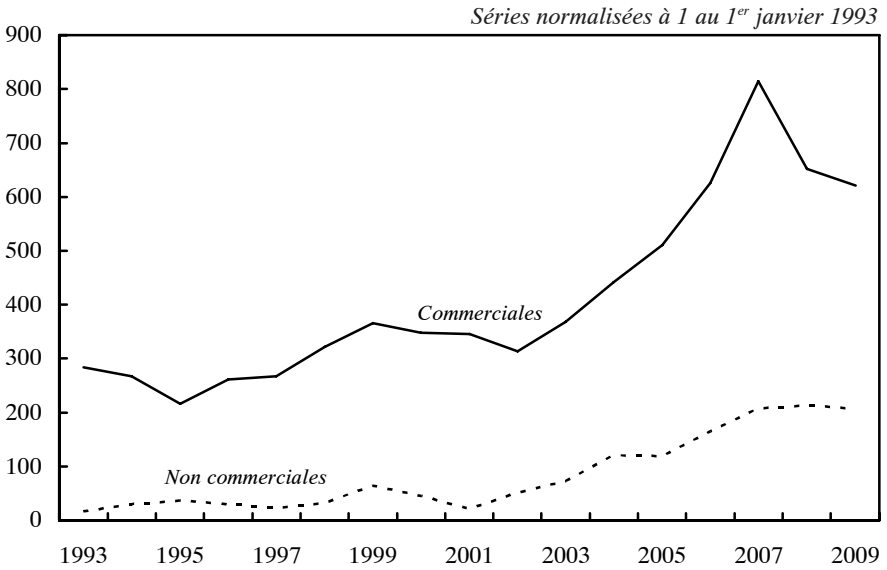
Examinons de plus près le fonctionnement du marché du pétrole et le rôle qu'une activité « spéculative » a pu y jouer.

15. Prix des matières premières



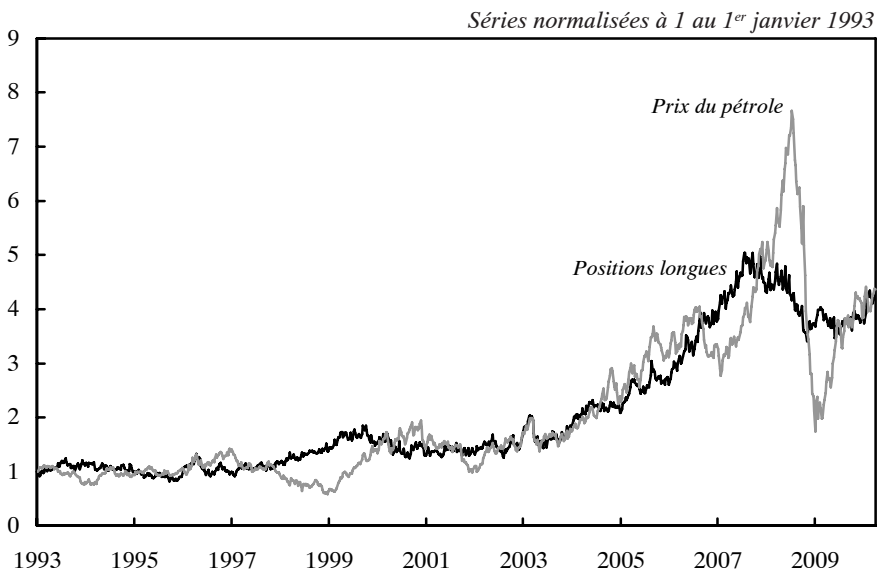
Source : COE-REXECODE.

16. Positions longues



Source : NYMEX.

17. Positions longues et prix du pétrole



Source : NYMEX.

Le principal marché à terme pour le pétrole est le *NYMEX* (*New York Mercantile Exchange*), marché américain de l'énergie et des métaux. Les statistiques y distinguent les opérateurs commerciaux, qui interviennent pour se couvrir, et les non commerciaux dont on peut considérer qu'ils agissent dans un but spéculatif. Cette caractérisation est évidemment discutable puisque les comportements des opérateurs commerciaux sont directement influencés par leurs anticipations et ont donc aussi un caractère spéculatif. Il reste que les opérateurs non commerciaux incluent des *money managers* et parmi eux des *hedge-funds*, c'est-à-dire des acteurs de poids dont il faut tenir compte et que le NYMEX tente maintenant d'individualiser dans ses statistiques.

Le graphique 16 retrace l'évolution des positions longues sur le pétrole, prises sur ce marché. Le montant des positions a fortement augmenté dans la dernière décennie en atteignant un maximum au cours de l'année 2007. Le montant des positions commerciales est alors deux fois et demie supérieur à ce qu'il était en 2001. Cette croissance semble corrélée avec l'évolution du prix du pétrole.

Le montant des positions non commerciales est nettement inférieur à celui des positions commerciales et il a moins crû dans la période récente, ce qui n'est pas en soi un indice d'une activité très spéculative.

Le graphique 17 rapproche les évolutions des positions longues totales et du prix du pétrole. La corrélation à la hausse pendant la période 2000-2007 est frappante et peut suggérer une relation de cause à effet entre les positions longues et le cours du pétrole au comptant. La spéculation sur les marchés à terme tirerait à la hausse les prix au comptant et serait ainsi à l'origine d'une bulle.

Un certain nombre de travaux empiriques récents concluent en ce sens : Cifarelli et Paladino (2008) mettent en évidence la présence des spéculateurs déstabilisants, Reitz et Slopek (2009), d'une interaction générant des cycles des prix entre chartistes et fondamentalistes, Dao, Nicholson, Ouliaris et Samiei (2005) et Haigh, Hranaiova et Overdahl (2005) montrent que l'activité spéculative amplifie les mouvements initiaux des prix au comptant et que les spéculateurs croient que les mouvements de prix vont être durables et Weiner (2002) met en évidence le mimétisme des positions sur les marchés à terme de pétrole.

Une étude économétrique et des tests de causalité menés par Patrick Artus (2008) semblent confirmer le rôle de la spéculation à terme dans la période récente, en particulier pour expliquer la forte hausse du prix du pétrole en 2007 et au début de 2008. Le nombre des positions longues apparaît comme un facteur explicatif du prix au comptant du pétrole, à côté de l'écart entre les capacités de production pétrolière et la demande et du stock mondial qui jouent évidemment tous deux un rôle négatif. Des tests de causalité sur données quotidiennes, sur la période 2002-2009, suggèrent que le prix à terme « cause » le prix au comptant.

Ces résultats, avec d'autres, suggèrent une responsabilité de la spéculation sur les marchés à terme dans l'évolution récente du prix du pétrole. L'affaire pourtant n'est pas si claire car il est difficile de cerner le mécanisme en jeu et un certain nombre d'objections peuvent être soulevées. Il est indiscutable qu'une spéculation importante s'est développée sur les marchés à terme du pétrole. La question est de savoir, d'une part, si cette spéculation s'effectuait si clairement à la hausse et, d'autre part, si elle pouvait rétroagir fortement sur la formation du prix au comptant.

2.3.2. Y avait-il une forte spéculation à la hausse sur le marché à terme ?

Le graphique 17 montre que l'augmentation du montant des positions longues, c'est-à-dire de l'importance quantitative de la spéculation, va de pair avec la hausse du prix au comptant. Mais ceci ne suffit pas à assurer que cette spéculation se soit exercée uniquement à la hausse. Par définition, le montant total des positions longues est égal à celui des positions courtes puisque le marché à terme est équilibré. Il s'agit donc d'un indicateur de l'activité du marché à terme, mais pas d'une preuve évidente que le marché est orienté à la hausse.

La spéculation sur les marchés à terme ne joue pas sur le sens d'évolution du prix mais, en dérivée, sur les écarts par rapport à l'évolution prévue par le marché telle qu'elle s'exprime dans la courbe des prix à terme. Les opérateurs prennent des positions longues s'ils anticipent un prix au comptant supérieur au prix à terme, et non pas simplement s'ils pensent que le prix du pétrole va s'élever. Ils prennent des positions courtes quand ils anticipent un prix au comptant inférieur au prix à terme, ce qui n'exclut pas que le premier puisse être supérieur au prix au comptant actuel. Le prix à terme d'équilibre résulte de la confrontation de ces positions longues et courtes. Il reflète l'anticipation moyenne du marché.

Une anticipation générale à la hausse du prix du pétrole implique donc une hausse des prix à terme, que l'on n'a d'ailleurs guère observée pendant la période. Elle n'a pas de raison d'entraîner une hausse du volume des transactions sur le marché à terme.

Faut-il alors considérer que c'est une hausse de l'incertitude qui explique la croissance de l'activité du marché à terme ? L'envolée du prix au comptant et les interrogations sur son caractère durable ont en effet pu accroître le niveau d'incertitude quant à son évolution. Cette hausse de l'incertitude pousse effectivement les opérateurs commerciaux à plus se couvrir. Mais elle devrait au contraire réduire l'engagement des non commerciaux en les dissuadant de prendre trop de risques. Elle parvient donc difficilement à expliquer la hausse de l'activité sur les marchés à terme. Pas plus, d'ailleurs, qu'elle ne permet d'expliquer le fait, visible sur le graphique 17, que la hausse des prises de positions s'est interrompue en 2007 avant le retournement du prix au comptant.

2.3.3. Le marché à terme influence-t-il le marché au comptant ?

Même si l'on admet que le marché à terme témoignait d'anticipations générales à la hausse, la question est aussi de savoir si ces anticipations pouvaient se répercuter sur le marché au comptant.

Une bulle ne se développe que dans l'interaction entre ces deux marchés, la hausse du prix au comptant amenant les opérateurs à réviser leurs anticipations à la hausse et ces anticipations rétroagissant sur la demande et l'offre au comptant.

Le mécanisme passe par un comportement de stockage spéculatif. Dans le cas du pétrole, une anticipation de hausse du prix a peu d'impact sur la demande à des fins de consommation finale ou productive car les possibilités de substitution intertemporelle sont très réduites.

Le rendement du stockage spéculatif s'identifie à l'écart entre le prix anticipé et le prix au comptant, diminué du coût du stockage, qui comprend la charge d'intérêt et un coût physique. Si le prix anticipé s'élève, le rendement du stockage spéculatif s'élève, la demande pour ce motif augmente sur le marché au comptant. Le prix au comptant augmente donc, peut-être beaucoup car l'offre et la demande finale sont peu élastiques au prix. Le prix anticipé influence donc le prix au comptant. À la limite, si la demande de stockage spéculatif est très élastique, le prix au comptant ne peut être autre que le prix anticipé diminué du coût du stockage. Comme c'est le marché à terme qui révèle le prix anticipé par le marché, le prix à terme devient vraiment le prix directeur sur le marché au comptant.

Ce mécanisme joue certainement sur le marché du pétrole mais il ne le fait que de manière limitée et provisoire car les capacités de stockage sont assez rapidement saturées ou, ce qui revient au même, le coût du stockage s'élève très fortement et étouffe la demande pour ce motif. Le flux de demande revient à la normale. Le prix doit alors baisser et revenir à son niveau d'équilibre déterminé par les fondamentaux réels du moment.

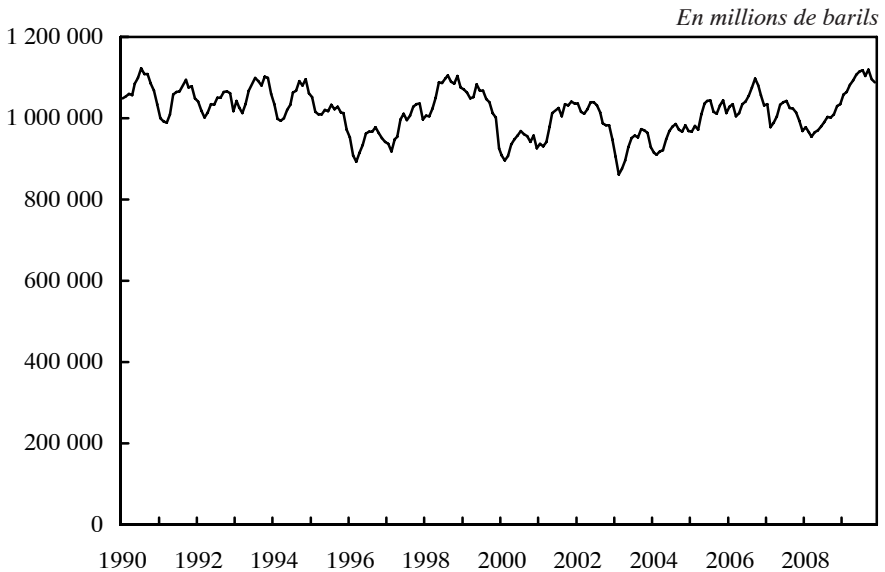
Dans cette situation, le prix à terme ne peut plus jouer le rôle de prix directeur. Sans doute les compagnies peuvent-elles proposer des contrats au comptant prenant pour base le prix à terme. Mais le marché au comptant est un véritable marché ou la concurrence est assez forte pour ramener le prix à son véritable niveau d'équilibre.

Le graphique 18a montre l'évolution des stocks américains de pétrole brut et de produits raffinés, hors stocks stratégiques. Le graphique ne révèle aucune tendance à la hausse. En réalité les stocks ont baissé pendant la période 2006-2008, comme le montre le graphique 18b qui décrit des évolutions annuelles : les stocks pendant le premier semestre 2008 sont inférieurs aux stocks observés pendant les premiers semestres précédents. Hamilton (2009, figure 11) présente un diagramme analogue et souligne le fait que les stocks étaient alors inférieurs à la normale.

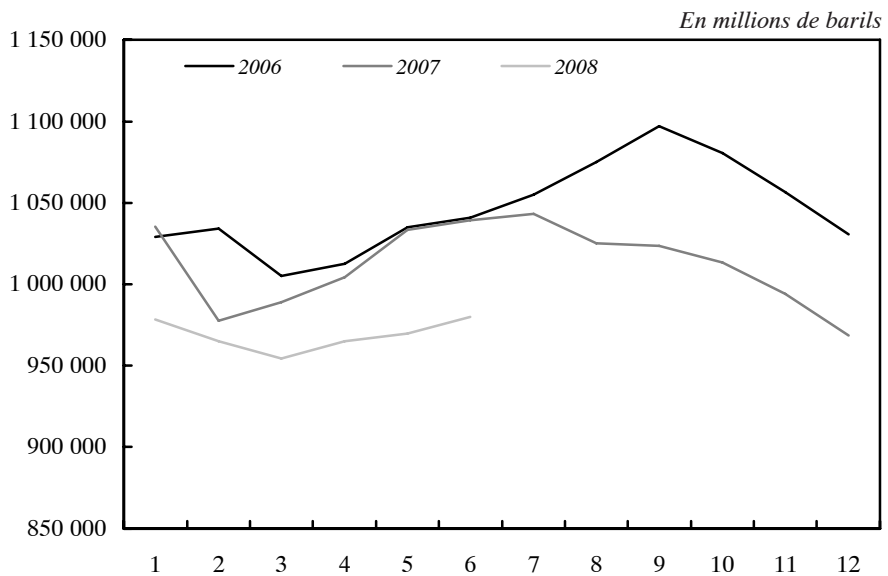
Le fait qu'il ne soit pas possible de mettre en évidence un stockage spéculatif rend *a priori* difficile de faire de la spéculation la cause principale

18. Évolution des stocks américains de pétrole brut et de produits pétroliers (hors stocks stratégiques)

a. Évolution générale



b. Évolution annuelle



Source : AIE.

de la hausse des prix du pétrole dans les années 2000. Il faut pourtant rester prudent car les stocks de produits pétroliers sont assez mal connus, hors les stocks américains qui sont les seuls considérés ci-dessus. Il n'est pas exclu non plus que les choses ne changent. Certains *hedge funds* (...), par exemple, pourraient prendre des participations au niveau du stockage ou de la production et inciter ainsi les compagnies à adopter des comportements plus spéculatifs

La question générale est finalement celle posée il y a longtemps par Milton Friedman. La spéculation est-elle, dans le contexte actuel, stabilisante ou déstabilisante ? L'argument friedmanien est qu'elle doit l'être si les agents sont rationnels car les opérateurs agissent de manière anticyclique, achetant quand le prix est bas et vendant quand il est haut. L'existence de marchés à terme et de produits dérivés ne remet pas en cause *a priori* cette argumentation ne serait-ce que parce que les comportements deviennent en principe acycliques, en se déconnectant de l'évolution générale du marché.

La situation change si on abandonne l'hypothèse de rationalité des anticipations. Des auteurs comme Shiller (2003) et Shleifer (2000) ont montré que l'interaction entre des agents rationnels et des agents suivant des règles simples de comportement peut accroître la volatilité du marché et déclencher des bulles. Un argument différent est avancé par Guesnerie et Rochet (1993) qui montrent que l'existence d'un marché à terme peut déstabiliser un marché en rendant plus difficile pour les agents d'apprendre collectivement à former des anticipations rationnelles.

2.3.4. Une volatilité résultant à la fois des facteurs réels et financiers

En conclusion, force est de reconnaître qu'il n'existe pas actuellement de consensus entre les économistes quant aux causes de l'évolution récente du prix du pétrole. Certains, comme par exemple Caballero, Farhi et Gourinchas (2008), considèrent qu'il est clair que les capitaux à la recherche d'actifs rentables se sont dirigés vers les matières premières et le pétrole et y ont créé une bulle. D'autres, comme Paul Krugman⁽⁷⁾, soutiennent que la spéculation est un coupable trop facile et que l'envolée du prix du pétrole et sa chute ont essentiellement des causes réelles.

L'Autorité américaine de contrôle des marchés à terme de matières premières, la *Commodity Futures Trading Commission* (CFTC) a elle-même eu une position fluctuante. Elle avait conclu en 2008 que la spéculation n'avait pas joué de rôle important dans la hausse du prix du pétrole. Elle remet maintenant en question ce point de vue et envisage de limiter les prises de position que peuvent prendre les opérateurs non commerciaux, ceux dont l'activité sur les marchés à terme n'est pas liée à un besoin professionnel de couverture. Mais les rapports que publie à ce sujet la CFTC mettent surtout l'accent sur le faible nombre d'opérateurs non commerciaux et le risque de manipulation des prix qui en résulte, plutôt que sur les risques de développement d'une bulle.

(7) On peut se reporter à ses éditoriaux du *New York Times* et à son *blog*.

1. L'illusion de la stabilité

Parvenir à stabiliser les prix du pétrole fait partie de ces rêves qui ont la vie particulièrement dure et l'idée ressort régulièrement à l'occasion de chaque crise du marché pétrolier.

Il est vrai que mesurée à l'aune de l'Histoire, l'instabilité des prix du pétrole est relativement récente. En effet de l'entre-deux guerres à 1985 le prix du pétrole a fait l'objet d'un contrôle oligopolistique d'abord par le biais d'un cartel de grandes compagnies, puis de 1973 à 1985 du fait des producteurs réunis au sein de l'OPEP. Ce n'est que depuis 1985 que le prix du pétrole se forme sur un « marché libre » à l'image de la plupart des autres matières premières.

Les marchés de matières premières ont en effet une beaucoup plus longue expérience de l'instabilité : celle-ci a toujours existé pour les produits agricoles soumis aux aléas climatiques et en ce qui concerne les minerais et métaux, la tendance à la disparition des prix producteurs oligopolistiques est déjà ancienne même si elle s'étend désormais à des secteurs et des produits industriels comme l'acier et la pâte à papier. Cette instabilité, comme pour le pétrole aujourd'hui, a provoqué des réactions négatives notamment en périodes de crise et a été à l'origine, d'une part, du développement de techniques de marché permettant d'en gérer les risques et, d'autre part, de tentatives de stabilisation tant unilatérales (producteurs) que multilatérales (accords internationaux).

Il n'est pas mauvais de rappeler que toutes les techniques existant aujourd'hui sous le nom de marchés dérivés ont été développées pour les matières premières. Les premiers marchés à terme de l'ère moderne ont été créés à Chicago au milieu du XIX^e siècle pour les produits agricoles, et les marchés à terme de Londres, New York ont les mêmes origines. C'est là que furent développées les premières options, les premiers *swaps*... Les débats actuels sur le rôle de la spéculation sur les marchés de *futures* ont des précédents aux États-Unis en matière agricole durant la première partie du XX^e siècle et les travaux de l'époque mériteraient d'être relus quant à leurs conclusions.

Il est tout aussi intéressant de faire le bilan des tentatives de stabilisation des marchés entreprises à l'international depuis les années trente.

Grossièrement, il y eut trois phases :

- les efforts réalisés dans l'entre-deux guerres, en réaction à l'effondrement des cours antérieur à la crise de 1929 et souvent entrepris, au départ, à l'initiative des producteurs (sucre, café, caoutchouc, étain) avant que ne soient négociés les premiers accords internationaux réunissant producteurs et consommateurs (blé, sucre) ;
- les accords internationaux négociés à partir de la Charte de la Havane dans l'après-guerre (blé, sucre, café, étain) ;
- la dynamique initiée par la CNUCED de Nairobi en 1976 (résolution 93) qui donna lieu à d'importantes négociations, à la signature de quelques accords (fonds commun, caoutchouc, cacao) à la relance d'autres (café). Le dernier accord à avoir fonctionné est celui portant sur le caoutchouc qui a été sabordé par les producteurs le 30 septembre 1999 mettant ainsi un terme à près d'un siècle d'efforts internationaux de stabilisation des produits de base.

Quelles leçons peut-on en tirer ? Au niveau des méthodes, deux philosophies principales se sont dégagées :

- la *technique des quotas* revient à partager le « gâteau » des pays consommateurs entre les producteurs pour une fourchette de prix donnée. Si les prix

montent, les quotas augmentent, s'ils baissent, ils diminuent. Le système à l'avantage d'être peu coûteux mais présente de nombreuses limites : les marchandages autour de l'attribution des quotas et le fait qu'il est difficile de les faire évoluer dans le temps en fonction de nouveaux producteurs ; la nécessité de la discipline au niveau des consommateurs qui doivent s'engager à n'importer que des produits provenant de quotas d'exportation... Le seul accord qui ait fonctionné efficacement sur ce modèle est l'accord sur le café au début des années quatre-vingt, mais il ne put empêcher le développement d'un marché du café « hors quotas » et fut dans l'incapacité de faire la place à de nouveaux producteurs comme le Vietnam. Finalement ce furent les producteurs eux-mêmes qui précipitèrent sa fin en 1986 ;

- *le stock régulateur* consiste à doter un organisme international de fonds suffisants pour lui permettre, en achetant et en vendant, de maintenir les cours à l'intérieur là aussi d'une fourchette de fluctuation. Le modèle en la matière fut l'accord de l'étain qui servit de référence pour les négociations entreprises dans le cadre de la CNUCED et pour les accords du cacao et du caoutchouc. Longtemps efficace, l'accord de l'étain, qui pouvait opérer aussi sur le marché à terme (le LME à Londres) ne put résister à la surproduction au début des années quatre-vingt et son effondrement en 1985 manqua provoquer la disparition du LME qui à cette époque ne disposait pas de chambre de compensation. Plus tard, l'accord sur le caoutchouc se révéla incapable d'assurer son rôle régulateur à la fois à la hausse et à la baisse et les producteurs jugèrent *in fine* son coût prohibitif par rapport à ses maigres résultats et se prononcèrent pour son démantèlement en 1999. Au-delà du climat géopolitique des années quatre-vingt qui ne se prêtait guère à ce genre d'accords auxquels les États-Unis de Ronald Reagan étaient violemment opposés (l'URSS jouant un rôle de passager clandestin), une des raisons majeures de l'échec de la CNUCED fut le développement de l'instabilité monétaire. Pour le cacao, on imagina même une fourchette de prix en DTS qui se révéla impossible à gérer.

Parallèlement à ces tentatives multilatérales, nombre de groupes de producteurs s'essayèrent dans les années soixante-dix à des stratégies de type « opepien » : phosphates, bauxite, cuivre... Toutes furent rapidement vouées à l'échec du fait de l'absence de discipline des producteurs et surtout du caractère non stratégique des produits concernés. Mentionnons toutefois pour mémoire une tentative originale, celle du « groupe de Bogota » dans le café qui constitua un fonds qui parvint pendant deux ans à manipuler le marché avant de disparaître balayé par la surproduction.

Un autre système original est à signaler, celui qui prévalut longtemps pour le minerai de fer avec des négociations annuelles entre mineurs et sidérurgistes permettant de fixer chaque année un prix de référence. Mais même ce système, fondé sur l'existence d'un oligopole bilatéral est en train de disparaître en faveur du développement d'un marché *spot*.

Parler de stabilisation du marché du pétrole paraît donc, à l'aune de ces expériences, totalement illusoire. Remarquons d'ailleurs que, avant toute chose, il serait nécessaire de parvenir à stabiliser la référence dans laquelle les matières premières et le pétrole sont cotés, c'est-à-dire le dollar et que la stabilisation du système monétaire international (un nouveau « vrai » Bretton Woods) n'est guère d'actualité. L'instabilité du prix du pétrole à l'avenir relève ainsi du champ de nos rares certitudes !

2. En quelle devise coter le pétrole et les matières premières ?

Aujourd'hui, le prix international du pétrole, des matières premières et en fait de pratiquement toutes les marchandises et tous les services est libellé en dollar américain. Le dollar est l'unité de mesure de toute chose en ce bas monde et les marchés internationaux ne fonctionnent qu'en dollars. La situation n'est pas nouvelle et il en est ainsi au moins depuis 1945.

Mais de 1945 à 1971, le dollar a entretenu une relation fixe à l'or (le système dit de Bretton Woods). À partir de 1971, la référence à l'or a disparu, les monnaies ont flotté entre elles mais les banques centrales sont parvenues tant bien que mal à canaliser ces fluctuations autour du trio dollar/mark/yen.

La mondialisation a changé la donne et le dollar est aujourd'hui le seul étalon de référence tout en restant la devise des États-Unis d'Amérique (un quart du PIB mondial) et indirectement celle de tous les pays qui y sont attachés (*peg* en anglais) de la Chine aux États pétroliers du Moyen-Orient. Le dollar couvre en fait à peu près la moitié de l'économie mondiale. Il n'y a là rien de neuf si ce n'est que ce dollar s'est fortement affaibli ces dernières années pour des raisons fondamentales bien compréhensibles : augmentation des déficits tant de la balance commerciale que des comptes publics, évolution des taux d'intérêt, récession américaine...

Affaibli par rapport à quoi ? C'est là le problème. Le dollar s'est affaibli par rapport aux autres devises et au premier chef par rapport à l'euro. L'euro est devenu une sorte de « contre-étalon » du dollar et la cotation euro/dollar reflète beaucoup plus le vague à l'âme du billet vert qu'une quelconque vigueur de l'euro. Le dollar s'est aussi affaibli par rapport à l'or qui n'a cessé de battre des records au-delà de 1 000 dollars l'once ce qui monte bien l'attachement irrationnel pour la vieille « relique barbare ». Il s'est enfin affaibli – et c'est nouveau – par rapport aux matières premières dont les six derniers mois de hausse ont une composante dollar indéniable. C'est particulièrement vrai pour les contrats les plus liquides, ceux du pétrole et des métaux. D'une manière indirecte, le vieux rêve de Keynes et de Kaldor, celui d'un étalon matières premières est presque en train de se réaliser.

C'est dans ce contexte qu'il faut interpréter les rumeurs d'une initiative émanant des pays du Golfe et de la Chine notamment de facturer le pétrole « dans un délai de neuf ans » en un panier de devises et d'or. Cette seule idée a fait plonger le dollar et remonter l'or ! Voilà en tout cas le modèle de la « fausse bonne idée ». Libre en effet à chacun de facturer ses achats et ses ventes dans la devise ou le panier de son choix mais le prix du pétrole sur le marché se fixe en dollar et dans nulle autre monnaie. Dans les années quatre-vingt, pour une matière première bien moins stratégique, le cacao, producteurs et consommateurs avaient décidé de fixer la fourchette de prix de l'accord international en DTS. L'échec fut complet.

Les marchés ne peuvent raisonner que dans un instrument financier qui soit clair et accepté de tous. Pour l'instant c'est le dollar et il n'y a aucune alternative. L'initiative évoquée plus haut ne peut qu'être vouée à l'échec et le pétrole restera coté en dollar du moins tant que le système monétaire international n'aura pas été réorganisé.

Car la vraie question est là !

Le système actuel (ou l'absence de système) ne peut perdurer longtemps et la Chine qui, pourtant, en profite en accrochant le yuan au dollar, a été la première à tirer la sonnette d'alarme. Il est nécessaire de doter le monde d'un véritable étalon monétaire. Oublions l'or qui n'a guère de sens. Un panier de matières premières paraît trop complexe à gérer, quoi que l'idée mériterait d'être approfondie autour de la notion de rareté des ressources et de développement durable en y incluant alors les crédits carbone (mais que de « Copenhague » seraient nécessaires pour y parvenir...). Restent alors les paniers monétaires à l'image du DTS ou plus simplement d'un trio dollar/euro/yuan. Mais il faudrait alors que le yuan devienne une devise convertible ce qui est une toute autre affaire car il n'est pas sûr pour l'instant que la Chine puisse en assurer toutes les conséquences.

Dans l'état actuel des choses, le dollar demeure incontournable : leur devise, notre problème.

Il nous semble, en définitive, que l'imbrication des éléments réels et financiers laisse prévoir une volatilité accrue du prix du pétrole. L'incertitude sur la demande et sur les capacités de production et la mondialisation des flux financiers se conjuguent pour rendre difficilement prévisible l'évolution des cours et les réactions des agents économiques placés dans cet environnement risquent fort d'accentuer ce caractère imprévisible.

11. Prévisions de consommation pétrolière mondiale

Projection	2010	2015	2020	2025	2030
AEO2008 (<i>reference case</i>)	75,97	61,41	61,26	66,17	72,29
AEO2008 (<i>high price case</i>)	81,08	92,77	104,74	112,10	121,75
AEO2009 (<i>reference case</i>)	80,16	110,49	115,45	121,94	130,43
Deutsche Bank	47,43	72,20	66,09	68,27	70,31
IHS Global Insight	101,99	97,60	75,18	71,33	68,14
IEA (<i>reference</i>)	100,00	100,00	110,00	116,00	122,00
IER ^(*)	65,24	67,03	70,21	72,37	74,61
Energie Ventures Analysis	57,09	74,61	95,33	105,25	116,21
SEER ^(**)	54,82	98,40	89,88	82,10	75,00

Notes : (*) Institute of Energy Economics à l'Université de Stuttgart ; (**) Strategic Energy and Economic Research, Inc.

Source : Agence internationale de l'énergie, *Annual Energy Outlook*.

2.4. L'évolution future du marché pétrolier

Compte tenu de l'expérience récente, les prévisions de prix du pétrole ont rarement été aussi divergentes. Le tableau 11, qui indique les différentes prévisions, illustre la complexité des incertitudes sous-jacentes.

3. Le prix du gaz naturel

Contrairement au marché pétrolier qui est un marché mondial, les marchés du gaz naturel reflètent encore fortement des composantes régionales avec trois grandes zones :

- le marché américain alimenté essentiellement par une production locale ;
- le marché européen alimenté par une production locale (en déclin) et des importations croissantes, par tuyau ou par méthaniers en provenance de Norvège, de Russie, d'Algérie, du Nigeria, de Libye et d'Égypte ;
- le marché asiatique (Japon, Corée, Chine et Taïwan) essentiellement approvisionné par des chaînes de gaz naturel liquéfié (GNL) avec du gaz en provenance du Moyen-Orient, de l'Asie du Sud et de la zone Pacifique.

La détermination du prix sur ces trois espaces se fait essentiellement en fonction de la valeur accordée au gaz par le consommateur final, valeur qui dépend elle-même des prix des énergies avec lesquelles le gaz est en concurrence : charbon, produits pétroliers, électricité. En effet, comparé au pétrole qui a le quasi-monopole des carburants, le gaz peut toujours être remplacé par un substitut. Le niveau des prix n'est donc pas le même sur les trois marchés ce qui, avec le développement du GNL, permet depuis quelques années des arbitrages entre les marchés. Un méthanier (libre de contrat) quittant l'Algérie va comparer la valorisation possible de sa cargaison sur le marché européen ou sur le marché américain.

On considère généralement que l'évolution du prix du gaz est tendanciellement corrélée à celle des prix des produits pétroliers⁽¹⁾, avec parfois des décalages temporels qui s'expliquent par des variations soudaines de température qui affectent fortement la demande de gaz. Cette corrélation se constate sur les marchés libres américains et britanniques (prix du US Henry Hub et du UK National Balancing Point). Elle s'explique par le fait qu'une partie de la demande de gaz est flexible et, en cas de prix élevés du gaz, peut se reporter sur des produits pétroliers, le fioul domestique ou le fioul lourd en général. Une même corrélation se constate sur les marchés européens et asiatiques mais pour des raisons différentes. En effet, ces marchés qui ne sont pas concurrentiels au sens américain, sont alimentés par des contrats de long terme (20 à 30 ans) qui engagent un vendeur et un acheteur. Ces contrats longs s'expliquent par le fait qu'un approvisionnement en gaz naturel implique des investissements gigantesques (le transport du gaz est sept à dix fois plus élevé que le transport du pétrole, pour une même équivalence énergétique) sous forme de gazoduc ou de chaîne de GNL. Ces contrats contiennent une « formule de prix » qui indexe l'évolution du prix contractuel sur les prix d'un « panier de produits » concurrents, le plus souvent des produits pétroliers mais quelques fois un peu d'élec-

(1) Voir Percebois (2009), Hartley, Medlock et Rosthal (2008) et Ohana (2006).

tricité ou du charbon ou du gaz coté sur les marchés libres. Ces formules de prix, qui demeurent confidentielles, prévoient souvent un décalage, la hausse de prix des produits pétroliers n'étant répercutée sur le prix contractuel que six mois après. Cette logique contractuelle s'explique encore une fois par la substituable. Ce mécanisme détermine le prix auquel un acheteur paye son gaz à la frontière du pays exportateur. Il faut ajouter à cela le coût du transport international (pour le gaz russe à travers l'Ukraine, la Slovaquie, l'Autriche et l'Allemagne), puis le coût de stockage sur le territoire français et enfin le transport par tuyau chez l'utilisateur final, ce dernier coût relevant des tarifs d'un monopole naturel régulé. La loi française stipule que l'acheteur de gaz (GDF-Suez, par exemple) peut répercuter sur son client final la variation de son coût d'approvisionnement en gaz naturel.

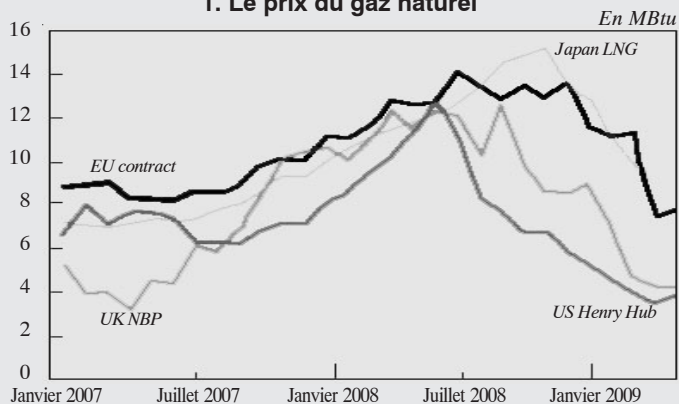
Jusqu'en 2008, cet « attachement » du prix du gaz au prix du pétrole était admis assez communément mais la question d'un décrochage était souvent posée. Depuis 2008, un certain nombre de facteurs nouveaux sont intervenus (Yergin, 2009) :

- *le marché américain* du gaz naturel était jusqu'en 2008 (avant la crise) considéré comme à la fois porteur et de plus en plus dépendant des importations croissantes de GNL. Or, deux événements sont venus bouleverser cette situation : le ralentissement de la demande provoqué par la crise et le développement inattendu de la production américaine de « gaz non conventionnel », un gaz que les progrès techniques permettent de produire de façon économique à partir de gisements de charbon ou de schistes. Ces événements pourraient rendre disponibles au niveau mondial des capacités d'exportation qui étaient prévues pour satisfaire la demande américaine ;

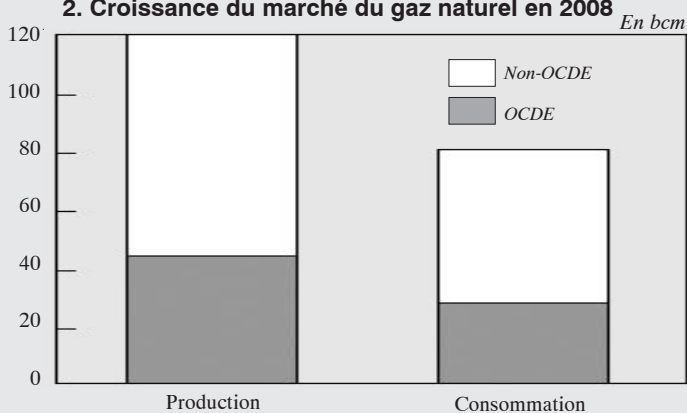
- *en Europe*, les années 2008-2009 semblent marquer une rupture importante sur le marché du gaz naturel. Après trente ans de croissance soutenue, la consommation de gaz naturel a décliné d'une façon substantielle : - 6 % au premier semestre 2009 comparé à 2008⁽²⁾. Face à ce déclin, les exportations de gaz vers l'Europe ont évolué de façon très inégale (janvier-avril 2009 comparées à 2008) : Russie (- 37 %), Pays-Bas (- 22 %), Algérie (- 8 %), Norvège (+ 8 % à cause du développement du champ géant d'Ormen Lange dont la production est destinée au Royaume Uni). Ce déclin de la consommation s'explique par la crise économique ; il touche davantage l'industrie et les services que les ménages. Mais, au-delà de la crise économique, d'autres facteurs amplifient les incertitudes que l'on peut avoir sur l'évolution de la demande dans les années qui viennent. Ces incertitudes sont d'abord liées au « paquet énergie-climat » adopté par le Parlement européen en 2009. Ce paquet est marqué par

(2) Sur le premier semestre de 2009 (par rapport à 2008) : - 9,3 % au Royaume-Uni, - 7 % en Allemagne, - 12 % en Italie, - 15 % en Espagne, - 0,4 % en France. La faiblesse du chiffre français s'explique par la très forte contribution du nucléaire. Ce déclin de consommation s'est opéré malgré une vague de froid importante au début de l'année 2009.

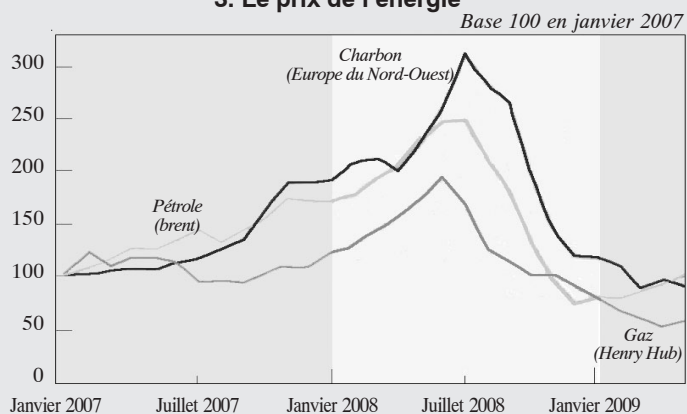
1. Le prix du gaz naturel



2. Croissance du marché du gaz naturel en 2008



3. Le prix de l'énergie



Source : BP (2009).

les « 3 vingt pour 2020 » : accroître de 20 % l'efficacité énergétique, réduire de 20 % les émissions de gaz à effet de serre et monter la part des renouvelables à 20 %. La réalisation, même partielle, de ces objectifs dans les 27 pays de l'Union impacte directement la demande de gaz naturel. Les actions qui seront notamment entreprises dans les bâtiments sont de nature à réduire assez fortement la consommation. Par ailleurs, l'évolution de la production nucléaire en Europe affecte aussi directement la demande de gaz : la décision allemande de sortir du nucléaire sera-t-elle confirmée ? Combien de centrales vont être construites d'ici 2020 au Royaume-Uni, en Italie, en Pologne, dans certains pays de l'Est et en Turquie ? Ainsi, les prévisions de la demande européenne de gaz naturel à l'horizon 2030 vont elles de 520 à 740 milliards de mètres cube (IHS-CERA). Jamais un tel écart n'avait été vu.

La conjonction de ce qui se passe sur le marché américain et le marché européen a une implication directe sur les modes de détermination des prix. D'une part, on constate un excès d'offre, de la part des pays producteurs ou/et exportateurs, à la fois pour le gaz tuyau et pour le GNL et, d'autre part, une diminution de la demande européenne qui pourrait être durable. Les prix de contrats, alignés sur les cours du pétrole, deviennent non compétitifs par rapport aux prix sur les marchés libres qui reflètent davantage l'équilibre entre l'offre et la demande à court et moyen termes. En Europe, le *National Balancing Point*, au Royaume-Uni, tend à jouer un rôle de *leadership* par rapport aux autres marchés *spot* : Zeebrugge en Belgique et le *Title Transfer Facility* (TTF) aux Pays-Bas. Cette situation impose sur les prix une forte pression à la baisse. Par ailleurs, les opportunités d'arbitrage et de couverture de risques se multiplient car les contrats présentent toujours des clauses, limitées, de flexibilité des volumes enlevés. Ces opportunités d'arbitrage existent sur le marché européen mais aussi entre l'Europe et les États-Unis, ceci allant dans le sens d'une globalisation progressive du marché du gaz naturel. Dans ces conditions nouvelles, on constate, en Europe notamment, qu'il s'opère une déconnexion entre, et pour une période de temps limitée, le prix du gaz naturel et celui du pétrole. Et il serait marqué, lui aussi, par une forte volatilité. Cette déconnexion s'observe dans la renégociation des grands contrats d'approvisionnement. Il est difficile de dire si cette déconnexion est durable à cause de l'interdépendance des multiples causes qui ont présidé à cette évolution mais elle pourrait offrir à court et moyen termes des opportunités intéressantes de substitution du gaz à certains produits pétroliers (mazout et fioul). À plus long terme cependant, on peut anticiper une convergence des prix de l'énergie en prenant en compte ce que sera le prix du carbone. Cette convergence s'explique par les flexibilités existantes (substituabilité énergétique), par les opportunités sans cesse renouvelées d'arbitrages qui utilisent les marchés physiques et les marchés financiers. Cette mécanique complexe est de nature à entretenir la volatilité puisque celle-ci ne fait qu'amplifier les opportunités d'arbitrages.

3. L'impact d'un choc pétrolier

3.1. Les effets macroéconomiques d'un choc pétrolier

La hausse du prix du pétrole ne représente *a priori* pour l'économie française qu'une détérioration de ses termes de l'échange. Elle doit payer plus cher un bien qu'elle importe et donc exporter en contrepartie une quantité accrue de ses propres produits. L'économie subit en permanence des chocs de ce type, auxquels elle s'adapte en modifiant ses combinaisons productives et ses consommations. Une hausse du prix du pétrole ne se singularise donc que par l'ampleur du choc qu'elle fait subir à l'économie française. Le cours du pétrole a doublé en quelques mois à plusieurs reprises et tout laisse penser que ceci se reproduira. Or, le pétrole conserve une place très importante dans l'économie. Il reste une consommation intermédiaire essentielle dont les entreprises françaises ne peuvent se passer ainsi qu'une consommation finale des ménages, notamment pour leurs besoins de transport. Les variations de son prix touchent donc tous les acteurs de l'économie. Les effets d'un choc pétrolier sont d'ordre macroéconomique.

Nous en rappelons les principaux éléments en mettant l'accent sur les problèmes et les ajustements requis, plus que sur l'enchaînement temporel de ces effets.

3.1.1. *Un inévitable choc d'offre négatif*

Le premier choc pétrolier en 1973 avait pris par surprise les gouvernants et les économistes. Trop habitués à des décennies de politiques keynésiennes de gestion de la demande et trop préoccupés par la hausse récente de l'inflation, les uns et les autres ont mal compris que ce choc pétrolier aurait de fortes conséquences sur l'offre des entreprises. On sait bien maintenant, en particulier depuis les travaux de Bruno et Sachs (1985), qu'un choc pétrolier est avant tout un choc d'offre. La hausse du prix de l'*input* pétrole augmente les coûts de production des entreprises et les amène à réduire leur production, voire à disparaître pour celles qui ne peuvent supporter la hausse de leurs coûts. C'est la baisse de la production, plus que la répercussion de la hausse du prix du pétrole sur le niveau général des prix qu'il faut tenter de limiter. La réponse de politique économique n'avait pas été très performante sur ce point en 1974-1976 puisqu'elle avait commencé par mettre l'accent sur le risque inflationniste avant de tenter de soutenir l'activité.

Le soutien de l'activité ne peut pourtant avoir qu'une efficacité limitée en présence d'un pur choc d'offre. Il peut, à court terme, empêcher une baisse brutale de l'activité dans des secteurs particulièrement exposés et freiner la contagion d'un secteur à l'autre. Mais il ne doit pas masquer la nécessité d'un ajustement de la structure productive. La hausse du prix du pétrole augmente les coûts de production et réduit ainsi les capacités de l'économie française à créer ou, plus exactement, à distribuer des richesses. La facture pétrolière accrue que doit payer la France en est la conséquence concrète.

La question est de savoir qui, en France, la paiera. Il est maintenant mieux acté qu'elle ne peut s'imputer que sur les salaires ou les profits. L'État peut subventionner les agents privés pour les aider à supporter la hausse du prix du pétrole et accepter une baisse de ses revenus pour préserver ceux des agents privés. Mais le déficit budgétaire ne peut avoir qu'un temps et il faut bien, finalement, que ce soit les salaires et les profits qui supportent le poids accru de la facture.

Un choc pétrolier n'a pas que des conséquences négatives pour l'économie française. Celle-ci peut s'adapter de différentes façons à la nouvelle donne énergétique. Elle peut substituer d'autres sources d'énergie au pétrole, même si le prix de ces énergies alternatives risque aussi de s'élever. Elle peut se redéployer vers des productions moins intensives en énergie et investir pour développer de nouveaux procédés de production devenus plus rentables du fait de la hausse du prix de l'énergie. Un redéploiement vers un nouveau type de croissance est inévitable à moyen terme dont rien n'empêche *a priori* qu'il ne soit caractérisé par un haut niveau d'emploi et un taux de croissance élevé. Il présentera certainement des bénéfices sur le plan de l'environnement et du réchauffement climatique. Mais cette perspective ne doit pas faire perdre de vue le fait que la hausse du prix du pétrole représente une ponction sur les richesses créées et qu'elle pèse sur les revenus nationaux.

3.1.2. *Un choc de demande négatif*

Au choc d'offre induit par la hausse du prix du pétrole s'ajoute un choc de demande, lui aussi négatif, prenant la forme d'une réduction de la demande pour les produits nationaux. Ces produits sont devenus plus chers mais ils font face en outre à une demande structurellement plus faible. Le mécanisme à l'œuvre est bien connu depuis les premiers chocs pétroliers. La facture pétrolière ampute le revenu national et réduit donc la demande interne. Mais elle exerce un effet inverse sur la demande externe puisqu'elle augmente les revenus des pays de l'OPEP et favorise ainsi nos exportations. Le transfert international de richesse que représente le paiement de la facture pétrolière a donc des effets contradictoires. Le premier effet l'emporte néanmoins car les pays de l'OPEP ont une propension plus faible à dépenser leur revenu que les pays importateurs. L'augmentation de leur consommation et de leurs investissements ne compense pas la réduction de la demande interne dans les pays importateurs de pétrole. Un choc pétrolier représente donc pour eux un choc de demande négatif.

Cette baisse de la demande pour les produits nationaux limite la hausse des prix induite par celle du pétrole et réduit la pression inflationniste. Mais elle contribue également à réduire l'activité et peut justifier, à court terme, un soutien à la demande.

Ce canal de la demande doit aujourd'hui être réévalué et mis en perspective. La demande qui s'adresse à la France émane à la fois des pays

exportateurs de pétrole et des autres pays importateurs. La demande de chacun d'entre eux, à un moment donné, dépend de ses comportements d'épargne et est ainsi liée aux équilibres financiers et aux mouvements de capitaux. La balance des capitaux, par nature, permet d'étaler dans le temps l'adaptation des comptes extérieurs. En 1974-1975, les pétrodollars inutilisés dans les pays de l'OPEP sont revenus se placer sur les marchés financiers internationaux et ont permis aux pays importateurs de pétrole de financer sans difficulté leurs déficits commerciaux. La situation n'est plus la même aujourd'hui où la propension à consommer et à investir des pays producteurs de pétrole s'est beaucoup élevée et se rapproche de celle des pays développés. Le problème est maintenant de leur vendre au moins autant que de leur emprunter.

Nos partenaires européens et du monde développé sont à la fois nos clients et nos concurrents. Notre compétitivité relative est alors un facteur crucial. La capacité exportatrice de l'économie française s'est réduite depuis quelques années pour des raisons qui tiennent plutôt aux aptitudes des entreprises françaises à conquérir et surtout conserver de nouveaux marchés à l'exportation, comme l'ont montré des rapports récents du CAE (*cf.* Artus et Fontagné, 2006 et Fontagné et Gaulier, 2008).

Un prix du pétrole élevé joue pourtant plutôt à l'avantage de l'économie française car nos productions et nos exportations sont moins intensives en pétrole que celles de nos partenaires, du fait notamment de l'importance de la production d'électricité nucléaire. Nous gagnons donc en compétitivité quand le prix du pétrole est élevé. Des évaluations quantitatives retracées dans le complément à ce rapport de Yannick Kalantzis et Caroline Klein apportent une confirmation à ce mécanisme : l'effet d'un choc pétrolier sur les exportations françaises s'inverse après deux années et devient positif.

Assurer une forte demande pour les produits français, de la part des pays producteurs de pétrole ou des autres pays, constitue en tout cas un impératif qui s'impose à court terme mais encore plus dans une perspective de moyen et long termes. À court terme, la demande soutient l'emploi dans une conjoncture où les ajustements de prix et de rémunérations ne se sont pas encore effectués. À plus long terme, une forte demande pour nos produits améliore nos termes de l'échange, puisque vendre cher permet d'acheter plus. Le pouvoir d'achat de nos revenus augmente, ce qui facilite les négociations salariales et se révèle finalement favorable à l'emploi.

3.1.3. Un équilibre financier mondial affecté par le prix du pétrole

Les pays exportateurs de pétrole jouent maintenant un rôle important, à côté des pays développés et des autres pays émergents sur un marché financier mondialisé. Même s'ils consomment et investissent plus chez eux qu'auparavant, ils disposent d'une richesse et d'une capacité d'épargne qui pèsent sur les équilibres ou les déséquilibres, mondiaux. Dans les années 2000, les pays de l'OPEP ont bénéficié d'excédents financiers qu'ils ont

alternativement investis, à travers des fonds souverains, ou conservés sous forme de réserves de change, contribuant alors à la liquidité mondiale et au maintien de bas taux d'intérêt. Leurs stratégies s'inscrivent ainsi dans une perspective financière, soucieuse du long terme et des générations futures, mais aussi des risques encourus. C'est ce que fait de manière particulièrement explicite le fonds de pension gouvernemental norvégien qui est alimenté par la rente pétrolière et investit dans les entreprises ou sur les marchés financiers.

Pour un pays producteur de pétrole, conserver le pétrole dans le sol constitue le premier moyen d'épargner pour ses générations futures. Mais il peut aussi choisir d'extraire et de placer les fonds ainsi obtenus. En bonne gestion, la décision d'extraire aujourd'hui le pétrole dépend non seulement de son prix courant mais aussi des anticipations concernant son évolution, la croissance prévue du prix incitant évidemment à repousser l'extraction et devant être mise en rapport avec le rendement des autres actifs. Une gestion plus financière de leurs actifs par les pays producteurs de pétrole, face à une demande mondiale de pétrole des pays émergents qui continuera à croître, a toutes les chances de renforcer la tendance à la hausse des prix du pétrole. L'argument d'Hotelling prédisant une croissance du prix à un rythme proche du taux d'intérêt trouverait ainsi une validation. Finalement, le prix du pétrole serait bien l'objet d'une bulle, mais celle-ci ne croîtrait qu'à un rythme raisonnable sans devoir nécessairement éclater un jour. Et les spéculateurs ne seraient autres que les pays producteurs.

La mondialisation financière se traduit par des flux de capitaux dont la logique est difficile à déchiffrer. Des flux importants se dirigent des pays émergents vers les pays développés et notamment les États-Unis, alors qu'on s'attendrait *a priori* à un mouvement inverse amenant les capitaux vers les pays en développement où les occasions d'investissements sont nombreuses. La première explication de ce phénomène mettait en avant les déséquilibres macroéconomiques globaux, et notamment le faible taux d'épargne des États-Unis et le fort taux d'épargne chinois, conjugué à une monnaie sous-évaluée assurant à la Chine de très forts excédents commerciaux. D'autres explications mettent l'accent sur le risque ou sur le retard de développement financier des pays émergents. L'aversion au risque peut expliquer que les capitaux quittent les pays émergents pour se reporter sur les pays développés et qu'elle les conduise aussi à privilégier les titres sans risques, comme les obligations publiques.

La crise a ainsi réduit les ressources des pays exportateurs de pétrole, mais aussi accentué ces comportements prudents. Caballero, Fahri et Gourinchas (2008a et b) mettent l'accent, pour leur part, sur la difficulté qu'ont les pays émergents à offrir des actifs financiers suffisamment solides et liquides pour être facilement échangés sur les marchés. La rareté de ces actifs fait monter leurs prix et induit en conséquence de bas taux d'intérêt réels. Elle contribue, elle aussi, à orienter les flux de capitaux vers les pays développés. Dans cet environnement, les changements de valorisation

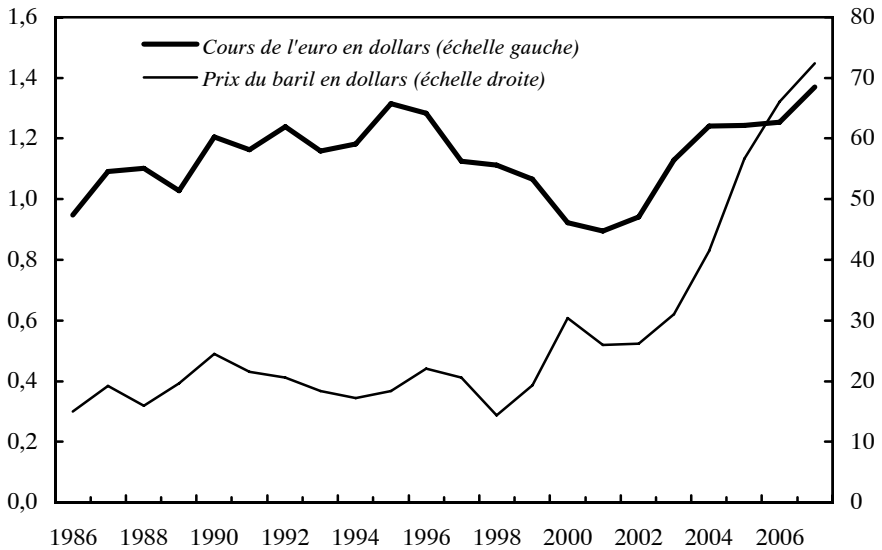
des actifs et les mouvements de capitaux interagissent constamment. Le prix du pétrole est alors une variable importante. Un prix du pétrole élevé alimente ces mouvements à travers les capitaux des pays producteurs. Ce prix peut aussi jusqu'à un certain point être considéré comme celui d'un actif et être l'objet sinon d'une bulle du moins de mouvements désordonnés.

Le taux de change joue aussi un rôle dans ce tableau. Nous nous contenterons de décrire ses relations avec le prix du pétrole, qui ont été l'objet de nombreuses analyses. Ces relations s'exercent dans les deux sens, avec des poids différents selon les périodes. Une première causalité va du change vers le prix du dollar. Le taux de change nominal affecte directement les offres et demandes de pétrole et influence donc son prix. Une appréciation de l'euro conduit *a priori* à une hausse du prix du pétrole en dollars, mais à une baisse du prix du pétrole en euros. La hausse du prix du pétrole compense pour les pays producteurs la dépréciation du dollar. La consommation se déplace plutôt à l'avantage des pays de la zone euro. Pourtant, la demande de pétrole des pays de la zone dollar, qui souffre de l'augmentation du prix, est aussi stimulée par l'augmentation générale de sa compétitivité vis-à-vis de la zone euro. Ces mécanismes ont probablement contribué à la dernière hausse du prix du pétrole, puisque l'euro s'est apprécié presque continûment pendant la période 2001-2008. Comme le notent Bénassy-Quéré, Mignon et Penot (2007), la Chine faisait alors pratiquement partie de la zone dollar, puisqu'elle maintenait une parité fixe. Ceci lui a permis de bénéficier de gains de compétitivité et de maintenir ainsi la croissance de sa demande de pétrole malgré la hausse de son prix. Pendant ce temps, l'euro fort a joué pour la France un rôle protecteur face à l'augmentation du prix en dollars du pétrole, mais il a aussi accru ses problèmes de compétitivité et contribué à la détérioration des comptes extérieurs.

Pendant les années 2000, la causalité s'est ainsi exercée du change vers le prix du pétrole, la dépréciation du dollar poussant à la hausse du prix du pétrole. Mais ceci constitue une exception, comme le suggère le graphique 20 et comme l'ont montré les analyses techniques de Bénassy-Quéré, Mignon, Penot (2007) et Coudert, Mignon et Penot (2007). Sur la période antérieure, la causalité semble s'exercer en sens inverse et avec un signe opposé, une hausse du prix du pétrole conduisant à une appréciation du dollar. L'explication de la causalité est alors financière et tient à la préférence des pays exportateurs de pétrole pour les placements en dollars⁽⁸⁾.

(8) Le graphique ne reproduit que des moyennes annuelles qui ne permettent pas d'évaluer véritablement les corrélations et les causalités.

20. Prix du pétrole et taux de change



Source : OCDE.

3.1.4. Un impact négatif sur le marché du travail

L'impact négatif de la hausse du prix du pétrole sur l'offre et la demande de biens nationaux a des conséquences négatives sur l'emploi et les salaires. Un pétrole plus cher rend moins rentable l'emploi et diminue la demande de travail. Certes, la hausse du coût du pétrole fait émerger de nouveaux types d'emplois dans des activités nouvelles qui viennent remplacer les technologies anciennes trop intensives en énergie. Mais les complémentarités dans l'utilisation du pétrole et du travail l'emportent globalement sur ces substitutions. La hausse du prix du pétrole réduit aussi l'offre de travail. À coût du travail égal pour les entreprises, le renchérissement de leur consommation de fioul et de carburants diminue le pouvoir d'achat des ménages. Il les incite donc à être plus exigeantes en matière de salaires. La hausse du prix de ces consommations joue finalement comme une taxe pesante sur l'offre de travail, qu'elle va donc réduire.

Cette baisse conjointe des courbes d'offre et de demande de travail tend clairement à réduire le niveau d'emploi, mais elle n'implique pas *a priori* que cette baisse de l'emploi s'accompagne d'une baisse marquée du salaire réel payé par les entreprises, c'est-à-dire calculé en termes de biens produits. Plusieurs raisons poussent pourtant à ce qu'il en aille ainsi.

Un choc pétrolier tend, dès son impact, à réduire les salaires réels pour la simple raison que les salaires nominaux sont souvent fixés pour un an alors que l'augmentation du prix du pétrole réduit le pouvoir d'achat et qu'elle se transmet rapidement aux autres prix.

En second lieu, une pression supplémentaire s'exerce sur les salaires réels. Comme l'ont souligné Rotemberg et Woodford (1991 et 1996), les marges de profit tendent à être contracycliques. Elles augmentent pendant les périodes de ralentissement de l'économie et permettent ainsi aux entreprises de préserver la rentabilité du capital. Tout se passe comme si la concurrence s'affaiblissait. En basse conjoncture, les gains immédiats pour une entreprise d'une concurrence forte par les prix sont en effet faibles. Les marges de profit restent donc élevées et le partage du revenu national tend à se déplacer au détriment des salaires réels.

À long terme enfin, le poids de l'ajustement retombe aussi surtout sur les salaires car le capital s'ajuste de manière à aligner sa rentabilité sur le taux d'intérêt réel mondial dont le niveau naturel n'est guère affecté par les variations du prix du pétrole.

3.1.5. Un ajustement macroéconomique plus rapide

Un choc pétrolier est avant tout un choc d'offre et il tend donc à créer à la fois de l'inflation et du chômage. Le salaire réel a baissé sous l'impact du choc mais, comme le signale l'augmentation du chômage, cette baisse initiale est insuffisante pour amener l'économie à une nouvelle situation d'équilibre durable. La phase inflationniste qui suit le choc est donc le moyen qui permet à l'économie et aux rémunérations de s'ajuster aux nouvelles conditions de production.

Ce processus avait été particulièrement long en France lors des premiers chocs pétroliers, chacun cherchant à éviter de payer la facture pétrolière en obtenant des augmentations de salaires et de prix qui resteraient purement nominales. Comme l'ont souligné Blanchard et Gali (2007), ce processus se déroule aujourd'hui plus rapidement que lors des premiers chocs et est ainsi moins coûteux en termes de chômage. La désindexation des salaires est acquise depuis deux décennies. Les négociations entre employeurs et employés portent sur les salaires réels et sont fortement dépendantes de la situation sur le marché du travail. La politique monétaire est plus crédible et évite le développement d'anticipations d'inflation attisant la course entre hausse des prix et hausse des salaires nominaux. Elle est également plus flexible. Le contrôle des taux d'intérêt selon une règle de Taylor prend en compte simultanément les pressions sur les prix et la production et est ainsi bien adapté à une situation de choc pétrolier où il faut gérer simultanément les impacts sur l'offre et la demande. Comme l'avaient suggéré Bernanke, Gertler et Watson (1997) la politique monétaire suivie lors des premiers chocs en mettant trop l'accent sur l'inflation avait une part de responsabilité dans les récessions qui les avaient suivis.

Une politique mieux conduite permet aujourd'hui un ajustement plus rapide sans imposer un passage prolongé par le chômage.

3.1.6. La crise récente remet-elle en cause la réponse de politique économique à un choc pétrolier ?

La confiance dans les progrès de la régulation conjoncturelle, notamment monétaire, que nous venons d'exprimer est-elle toujours justifiée après les développements des deux dernières années ? La crise réelle qui a suivi la crise financière a de nombreux traits keynésiens et a conduit les gouvernements à reconnaître la nécessité d'un soutien massif à la demande. On peut alors s'interroger sur l'évolution souhaitable des salaires réels. Faut-il vraiment les laisser subir le poids de l'ajustement à une hausse du prix du pétrole ?

Comme nous l'avons indiqué, les entreprises tentent d'augmenter leurs marges quand l'activité diminue et y parviennent souvent. Le pouvoir de négociation des salariés se réduit face au chômage et induit une plus grande flexibilité des salaires, y compris nominaux. Cette double pression peut conduire à une baisse rapide des salaires réels et à une réduction importante de la demande globale. Le choc d'offre ne risque-t-il pas de se transformer en choc de demande négatif ? Une déflation mondiale pourrait alors se développer si les principaux pays laissaient ainsi la demande chuter.

La politique optimale ne consiste-t-elle pas alors à soutenir les salaires y compris nominaux pour éviter la déflation ? Une telle politique nous semble inadaptée. En premier lieu, cette politique ne serait réalisable que si tous les pays s'y engageaient. Une hausse isolée des salaires nominaux en France s'accompagnerait d'une hausse, importante, des prix et d'une détérioration de la compétitivité de l'économie française. En premier lieu, elle ne règle pas la question de fond qui est un problème d'offre plutôt que de demande. Un ajustement des rémunérations et des types de production à une hausse du prix du pétrole est nécessaire.

3.2. Prendre la mesure du choc d'offre

3.2.1. La relative faiblesse des effets observés

Les modèles empiriques, tant structurels que purement économétriques, concluent aujourd'hui à un faible impact du prix du pétrole sur l'économie. Les effets observés sur l'inflation, la croissance et l'emploi, très importants lors des chocs des années soixante et soixante-dix, sont maintenant beaucoup plus faibles et à peine significatifs. Des résultats de ce type sont obtenus notamment par Blanchard et Gali (2007) pour un ensemble de pays et Barlet et Crusson (2009) dans le cas de la France. Les fonctions de réponse estimées montrent qu'avant une date que l'on peut situer aux alentours de 1980, une hausse permanente de 10 % du prix du pétrole impliquait une baisse du PIB de l'ordre de 0,5 % atteignant son plein effet en environ deux ans. Après 1980, un choc de ce type a un effet presque nul.

La diminution de l'importance du pétrole dans la production suffit évidemment à expliquer l'atténuation du lien entre cours du pétrole et gran-

deurs macroéconomiques. Elle ne justifie pourtant pas la disparition apparente de tout lien et de nombreux travaux se sont attachés à retrouver un lien plus complexe qui éviterait d'avoir à invoquer une rupture exogène dans les comportements.

Des effets de seuil et des irréversibilités freinent l'adaptation des entreprises et des ménages aux variations du prix du pétrole. On ne change pas facilement de source d'énergie et on revient difficilement en arrière. Il est donc vraisemblable que seules les variations assez fortes du prix du pétrole aient une influence et que les hausses de prix aient un impact plus fort que les baisses. Ceci expliquerait, par exemple, que le contre-choc pétrolier de 1986 n'ait pas eu l'effet de stimulation que l'on pouvait attendre. Hamilton (1996) a ainsi montré qu'une réaction asymétrique aux variations du prix du pétrole permettait de conclure, dans le cas des États-Unis, au maintien d'un lien entre pétrole et croissance. Dans le cas de la France, cette explication est rejetée par Barlet et Crusson (2009).

On peut aussi penser que l'impact d'une hausse du prix du pétrole dépend de la conjoncture. La hausse a peu d'effet quand l'économie est dans une phase d'expansion, comme c'était le cas dans les années 2000 où l'économie mondiale était en croissance. Elle a au contraire un fort effet négatif quand l'économie est déjà en récession ou en croissance ralentie. Cette hypothèse avancée par Raymond et Rich (1997) est soutenue par Barlet et Crusson (2009) et par François Lescaroux et Valérie Mignon dans leur complément à ce rapport. Une étude sur un ensemble de pays les amène aussi à conclure en faveur d'une influence négative du prix du pétrole sur le PIB et les cours boursiers dans les pays importateurs de pétrole. Ils identifient également une influence négative du prix du pétrole sur le chômage, qui pourrait s'interpréter comme la manifestation d'un redéploiement imposé de l'économie mais qui demande évidemment à être confirmée par d'autres études.

Il convient aussi de distinguer les chocs pétroliers selon leur origine. Pour un pays comme la France, un choc pétrolier apparaît comme un phénomène exogène. Il n'en va pas de même au niveau mondial où cette hausse peut être largement endogène et résulter, par exemple, d'une augmentation de la production mondiale. En second lieu, des chocs de différentes origines n'ont pas les mêmes effets. Des chocs sur l'offre et la demande de pétrole tendent tous deux à augmenter les prix du pétrole et de l'ensemble des biens. Mais le premier tend à diminuer la production mondiale, alors que le second tend à l'augmenter. Kilian (2006) a étudié cette question en détail en distinguant quatre types de chocs exogènes : des chocs d'offre de nature politique liés à l'OPEP, qui sont les seuls à être l'objet d'une mesure directe ; une deuxième catégorie de chocs d'offre reflétant les conditions de production ; des chocs de demande liés au niveau de la production mondiale ; des chocs de demande spécifiques au marché du pétrole, traduisant par exemple une demande de stockage de précaution. L'analyse est très détaillée et tributaire des hypothèses d'identification des chocs. Le qua-

trième type de chocs notamment, qui exprime des comportements spéculatifs de demande de pétrole, est identifié de manière résiduelle, ce qui rend fragile son interprétation. Parmi les nombreux résultats de l'analyse, qu'il est difficile de résumer, le plus frappant est que ce sont les chocs de demande, plus que les chocs d'offre de nature politique qui ont eu un impact, notamment sur la période récente.

L'influence du prix du pétrole peut aussi être quantifiée en utilisant des modèles structurels qui présentent l'avantage de décrire les canaux par lesquels elle s'exerce et éventuellement se modifie. Blanchard et Gali (2007) simulent ainsi un modèle dynamique et montrent que l'absence d'autres chocs négatifs, la plus grande flexibilité du marché du travail et la crédibilité de la politique monétaire peuvent toutes contribuer à expliquer un impact moindre, mais non nul.

Dans le même esprit, Le Barbanchon (2007) construit un modèle DSGE (Modèle dynamique stochastique d'équilibre général) calibré sur données françaises. Le modèle rend raisonnablement compte des effets des premiers chocs pétroliers et confirme leur affaiblissement – une division par deux – lorsque l'on prend en compte la diminution récente de l'intensité pétrolière. Le modèle introduit une complémentarité technique réaliste entre énergie et capital qui implique à long terme une diminution relativement forte du capital et du PIB. Dans la formulation de référence, un doublement temporaire du prix du pétrole conduit à une diminution du PIB de 1,4 % après cinq trimestres. Par ailleurs, une hausse permanente de 20 % du prix du pétrole entraîne une diminution de 1,6 % du PIB à long terme. Les impacts simulés ne sont donc pas nuls.

Le modèle MÉSANGE, construit par l'INSEE et la Direction générale du Trésor, a aussi été utilisé pour retracer les effets de la hausse du prix du pétrole. L'INSEE a publié dans *l'Économie française 2009* une étude évaluant l'impact de la hausse du prix du pétrole sur la croissance française entre 2002 et 2009. Le prix du baril est alors passé de 21 à 89 dollars, ce qui représente une multiplication par 2,5 du prix en euros. Cette hausse importante, selon le modèle, a réduit le taux de croissance de 0,3 % par an en moyenne. Le complément de Kalantzis et Klein confirme ces résultats en examinant maintenant les effets d'une hausse de 20 % du prix du pétrole. L'effet sur le PIB n'est que de – 0,1 % la première année et se stabilise à – 0,2 % après quatre ans. Ces effets sont donc assez faibles.

Le complément à ce rapport de Guy Lalanne, Erwan Pouliquen et Olivier Simon est consacré à l'estimation de l'impact de la hausse du prix du pétrole sur la croissance potentielle de l'économie française. On y obtient aussi des résultats très faibles puisqu'une hausse régulière du prix du pétrole sur 42 ans, conduisant à une multiplication par 3,6 de son prix à l'horizon 2049, ne diminuerait le niveau terminal du PIB que de 5 %, ce qui représente un très faible ralentissement de la croissance puisque la croissance à prix du pétrole inchangé serait de 270 % sur la même période. La

considération d'un modèle à quatre secteurs distinguant notamment l'industrie augmente un peu ces chiffres puisque le niveau terminal du PIB diminue maintenant de 17 %. Cet effet plus fort tient au fait que la hausse du prix du pétrole frappe plus fortement l'industrie, et amène ainsi à un redéploiement de l'économie vers des secteurs à croissance moins rapide.

L'analyse du PIB en volume qui est faite dans le complément de Lalanne, Pouliquen et Simon constitue une première approche pour évaluer les effets d'une hausse du prix du pétrole. Si l'on souhaite cependant mettre en évidence l'impact de cette dernière sur la valeur réelle des revenus qui peuvent être distribués sous forme de salaires et de profits, alors il faut examiner l'impact de cette hausse sur la valeur ajoutée déflatée par le prix de production ou, mieux encore, par le prix de la demande intérieure.

Supposons que nous voulions évaluer l'impact d'une hausse du prix du pétrole dans une situation où les quantités des autres facteurs de production – capital et travail – restent constantes. La réponse théorique est que le PIB en volume ne change pas. D'une certaine façon, le PIB mesure la valeur produite par l'économie et celle-ci ne change pas si l'on continue à utiliser les mêmes quantités de facteurs nationaux. Plus formellement, le PIB en volume est calculé en déflatant sa valeur nominale par le prix du PIB. Mais l'effet négatif du prix du pétrole utilisé dans la production n'affecte que le prix du PIB et laisse donc inchangé son volume.

En revanche, la hausse du prix du pétrole ampute la valeur réelle des revenus qui peuvent être distribués sous forme de salaires et de profits. Pour prendre en compte ces effets, le bon indicateur consiste alors à mesurer le PIB en termes de biens nationaux produits, c'est-à-dire en utilisant l'indice des prix à la production comme déflateur.

Une troisième mesure tient compte du fait que les ménages consomment des produits pétroliers et qu'une hausse du prix du pétrole affecte donc leur pouvoir d'achat. Le PIB déflaté par le prix de la demande intérieure constitue finalement la meilleure mesure, car plus proche du niveau de bien-être des ménages.

Nous précisons ces notions dans l'annexe au rapport et les utilisons maintenant pour nous livrer à une mesure théorique des effets d'offre d'un choc pétrolier.

3.2.2. Un cadrage théorique

Les effets les plus importants d'un choc pétrolier se font sentir du côté de l'offre. À court terme, la hausse des coûts des entreprises est le canal le plus direct par lequel se font sentir ces effets. À long terme, les facteurs d'offre jouent aussi le rôle essentiel dans la détermination du niveau de production. Il convient donc de bien caractériser le choc d'offre résultant d'une hausse du prix du pétrole. Même si son impact s'est réduit avec la diminution de la dépendance énergétique, et même si certaines études pure-

ment empiriques peinent à l'identifier, il nous semble qu'il reste important et qu'il convient de ne pas le sous-estimer.

La valeur ajoutée de l'économie française peut être vue comme la différence entre la « production », nette des consommations intermédiaires produites nationalement, et la valeur réelle de ses importations d'énergie à des fins productives. Une hausse du prix du pétrole a le double effet de réduire la production, puisque l'économie utilise une quantité plus faible d'un *input* devenu plus cher, et d'augmenter la valeur des importations. La valeur ajoutée produite par l'économie française se réduit donc. L'utilisation des mêmes quantités de facteurs de production nationaux, capital et travail, conduit à une production nette plus faible et réduit les revenus qu'il est possible de distribuer sous la forme de salaires et de profits. Cet effet est loin d'être négligeable puisque la facture pétrolière fluctue entre un point et deux points et demi de PIB.

Pour quantifier ces effets, nous utilisons une fonction de production agrégée à trois facteurs, capital, travail et énergie, et considérons successivement deux spécifications qui diffèrent par les hypothèses faites en matière de substitution entre les trois facteurs. La première repose sur un agrégat capital-travail, tandis que la seconde fait intervenir un agrégat capital-énergie. Le modèle est explicité dans l'annexe à ce rapport.

Trois ensembles de résultats sont présentés pour chacune de ces spécifications :

- *le court terme concurrentiel* décrit ce que serait l'impact d'une variation du prix de l'énergie si l'économie fonctionnait de manière concurrentielle et continuait à utiliser les mêmes quantités des facteurs de production nationaux, capital et travail. Il s'agit d'une référence théorique puisqu'elle suppose que les salaires réels s'ajustent instantanément pour maintenir le niveau d'emploi.

Une règle simple fournit alors une première estimation des effets d'un choc pétrolier. En première approximation, l'impact du prix du pétrole sur la valeur ajoutée nationale *mesurée en termes de biens produits* dépend uniquement de la part du pétrole dans la production. Si celle-ci représente 2 %, une hausse du prix du pétrole de 20 % devrait conduire à une diminution de la valeur ajoutée égale à 2 % de 20 %, soit 0,4 %. Cette diminution implique une diminution des rémunérations des facteurs, mesurées elles aussi en termes de biens produits. Le partage entre ces rémunérations dépend, lui, des hypothèses faites en matière de substitution entre facteurs.

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, le PIB en volume mesuré par la Comptabilité nationale ne varie pas dans cet exercice, presque par définition. Le PIB déflaté par le prix de la demande intérieure diminue plus fortement puisqu'il tient compte de l'augmentation de l'indice de prix à la consommation résultant de la hausse du prix des consommations pétrolières des ménages. Si la consommation pétrolière représente 1 % de la consommation totale et si le prix des produits pétroliers augmente de 20 %, l'indice de prix de la demande intérieure augmente de $0,01 \times 20 \% = 0,2 \%$ de

12. Les effets d'une hausse de 20 % du prix du pétrole

	En %									
	PIB	PIB déflaté par le prix de production	PIB déflaté par le prix de la demande intérieure	Production	Conso. intermédiaire de pétrole	Conso. de pétrole des ménages	Facture pétrolière	Salaire réel	Emploi	Capital
Agrégat capital-travail	0,00	- 0,41	- 0,61	- 0,16	- 8,16	- 3,57	7,27	0,41	—	—
• court terme concurrentiel	- 0,34	- 0,75	- 0,95	- 0,50	- 8,50	- 4,90	6,59	—	- 0,53	—
• court terme réaliste	- 0,11	- 0,52	- 0,73	- 0,28	- 8,28	- 4,69	7,04	- 0,65	—	- 0,31
• long terme										
Agrégat capital-énergie	0,00	- 0,41	- 0,61	- 0,21	- 10,38	- 4,57	5,05	- 0,21	—	—
• court terme concurrentiel	- 0,35	- 0,76	- 0,96	- 0,56	- 10,56	- 4,92	4,52	—	- 0,56	—
• court terme réaliste	- 0,43	- 0,84	- 1,04	- 0,65	- 11,17	- 5,00	3,83	- 0,65	—	- 1,17
• long terme										

Note : Voir définitions ci-contre et dans l'annexe pp. 107-113.

Source : Calcul des auteurs.

plus que le prix de la production et le PIB déflaté par le prix de la demande intérieure subit cette diminution supplémentaire ;

- *le court terme réaliste* décrit l'impact à salaire réel inchangé, le poids de l'ajustement étant supporté par le niveau d'emploi. Cette situation de court terme se rapproche de celle décrite dans les modèles empiriques ;

- *le long terme* décrit une situation où le capital s'adapte au niveau requis dans les nouvelles conditions de production, à taux d'intérêt réel inchangé, tandis que l'emploi revient à son niveau naturel. Tout le poids du choc pétrolier est alors supporté par les salaires.

Le tableau 12 décrit les résultats de cet exercice. L'analyse est menée toutes choses égales par ailleurs et décrit l'effet propre du choc pétrolier par rapport à une situation de référence. Ce qui apparaît, notamment à long terme, comme une baisse de la production ou des salaires réels doit donc être interprété comme une moindre augmentation que celle qui résulte du progrès technique.

Le cadre de l'exercice est le suivant : les parts initiales du pétrole, du capital et du travail dans la production sont supposées être respectivement de 2, 36 et 62 %. La part du PIB dans la production est donc de 0,98 %. La part de la consommation pétrolière des ménages dans la production est de 1 %. La consommation totale de pétrole représente donc 3 % de la production, et très légèrement plus si on la calcule en pourcentage du PIB⁽⁹⁾.

La formulation avec un agrégat capital-travail est la plus habituelle et est retenue dans le modèle MESANGE. Nous reprenons son chiffrage, soit une élasticité de 0,48 entre capital et travail et une élasticité égale à 0,4 entre l'agrégat capital-travail et le pétrole.

La seconde formulation introduit une assez forte complémentarité entre énergie et capital et une plus grande substitution entre énergie et travail. Elle est probablement plus réaliste comme le suggère Zagamé (2008). Nous reprenons la spécification de Le Barbanchon (2007), soit une élasticité égale à 0,5 entre capital et pétrole, et une élasticité égale à 1 entre cet agrégat et le travail.

Nous pouvons maintenant commenter les résultats obtenus.

Selon l'analyse du *court terme concurrentiel*, une hausse de 20 % du prix du pétrole conduit dans les deux formulations à une baisse de 0,41 % de la valeur ajoutée mesurée en termes de biens produits. Comme nous l'avons dit, l'ampleur de cet impact dépend seulement de la part de la consommation intermédiaire de pétrole dans la production, que nous supposons égale à 2 %. Le PIB tel que le mesure la Comptabilité nationale ne

(9) En réalité, la part de la consommation de produits pétroliers dans la consommation finale des ménages est de l'ordre de 3,5 %, mais elle est calculée avec un prix incorporant des taxes. Le fait que nous n'introduisons pas la fiscalité nous empêche d'avoir un chiffrage vraiment cohérent.

change pas. La valeur ajoutée déflatée par le prix de la demande intérieure diminue de 0,61 %.

Cet impact identique sur la valeur ajoutée dans les deux formulations se répercute de manière différente sur les rémunérations du travail et du capital. Dans la première formulation, l'impact est symétrique et le salaire réel, mesuré en termes de biens produits c'est-à-dire le coût réel du travail, baisse donc également de 0,41 %. Dans la seconde formulation, le facteur travail se substitue partiellement au pétrole devenu plus cher. La demande de travail baisse moins et la baisse du salaire réel n'est que de 0,21 % dans la situation de référence.

Dans l'analyse du *court terme réaliste*, le salaire réel est supposé rester constant et la baisse de la demande de travail conduit à une baisse de l'emploi de 0,53 % dans la première formulation et de 0,56 % dans la seconde. Cette baisse de l'emploi amplifie la baisse de la valeur ajoutée. Le PIB baisse maintenant de 0,34 % dans la première formulation et de 0,35 % dans la seconde. Mesurées en termes de prix de la demande intérieure, ces baisses atteignent 0,95 et 0,96 %. Cet effet censé décrire l'impact initial du choc est donc important. Il est plus fort que ce que décrivent des modèles macroéconomiques tels que MÉSANGE et est surestimé parce qu'il ne prend pas en compte l'inertie de l'ajustement de l'emploi.

Dans l'analyse de *long terme*, le niveau d'emploi, d'une part, et le taux d'intérêt réel, de l'autre, restent fixés à des niveaux d'équilibre exogènes. La hausse du prix du pétrole rend moins rentable la production et conduit à une baisse du capital et de l'investissement. Cette baisse est de 0,31 % dans la première formulation mais atteint 1,17 % dans la seconde. La plus forte complémentarité du capital avec le pétrole le conduit à accompagner la baisse de son utilisation. En revanche, l'emploi est supposé être revenu à son niveau d'équilibre. Les effets négatifs sur le PIB sont alors de -0,11 et -0,43 %.

Notre description des effets d'offre d'une hausse du prix du pétrole n'a qu'une valeur illustrative puisqu'elle ne résulte que de la simulation d'un modèle très simple. Elle présente pourtant l'avantage de mettre en évidence des interactions importantes entre variables et de fournir des ordres de grandeurs des effets à attendre. Il ne faut pas exagérer l'importance de ces effets. La baisse de l'intensité pétrolière de l'économie française, maintenant de l'ordre de 3 %, rend une hausse du prix du pétrole relativement supportable. Mais il ne faut pas non plus les sous-estimer. Un impact d'un demi-point ou d'un point pour une hausse de 20 % du prix du pétrole n'est pas négligeable, surtout quand des hausses plus fortes peuvent être attendues⁽¹⁰⁾.

(10) Les effets que nous avons décrits résultent d'un calcul à la marge. Ils dépendent donc de la situation initiale et notamment des niveaux initiaux du prix du pétrole et de la facture pétrolière. Ils ne peuvent être appliqués à de grandes variations du prix.

3.3. Les effets sectoriels de la hausse du prix du pétrole

3.3.1. Des secteurs sensibles

Comme le montre le tableau 13, un petit nombre de branches d'activité sont directement et fortement utilisatrices de pétrole. Il s'agit de la chimie organique, des transports, autres que ferroviaires, et du secteur de la pêche. Ces six branches apparaissant en haut du tableau représentent 31 % du pétrole consommé mais seulement 3,4 % des productions. L'ensemble de ces branches répertoriées sont celles caractérisées par une intensité pétrolière (consommation/production) supérieure à 2,4 % ou une part de la consommation de pétrole dans les consommations intermédiaires supérieure à 3,5 %. Ces branches représentent 62 % de la consommation de pétrole mais seulement 21 % de la production. Le reste de la consommation de pétrole est très largement distribué dans l'ensemble des branches d'activités.

13. Les secteurs les plus sensibles à la hausse du prix du pétrole

	Consommation intermédiaire de produits pétroliers	Production	Intensité pétrolière (en %)	Part du pétrole dans les conso. intermédiaires (en %)
Industrie chimique organique	7 091	24 694	28,7	33,7
Transport routier	7 026	42 066	16,7	28,9
Pêche et aquaculture	318	2 092	15,2	43,4
Transports aériens	2 516	17 256	14,6	23,9
Transports par eau	973	9 594	10,1	12,6
Transport routier de voyageurs	1 439	17 266	8,3	26,6
Autres industries extractives	290	5 547	5,2	8,3
Agriculture et chasse	3 433	69 472	4,9	8,5
Travaux publics	2 335	48 965	4,8	7,1
Commerce de gros intermédiaires	7 020	165 960	4,2	7,4
Agences de voyage	287	7 829	3,7	5,0
Produits sylvicoles	202	6 255	3,2	7,7
Fabrication de produits céramiques	542	19 565	2,8	4,1
Manutention, entreposage	781	30 890	2,5	5,3
Fabrication de fibres synthétiques	10	408	2,5	2,9
Récupération	167	6 841	2,4	3,5
Commerce de détail et récupération	2 296	111 046	2,1	5,2
Éducation marchande	265	13 291	2,0	4,6
Industrie chimique minérale	111	5 840	1,9	2,2
Autres activités récréatives culturelles(*)	397	25 336	1,6	4,3
Commerce et réparation automobile	760	44 161	1,7	4,2
Transports ferroviaires	125	9 714	1,3	3,6
Autres activités récréatives culturelles (**)	342	20 321	1,7	3,0

Notes : (*) Non marchandes ; (**) Marchandes.

Source : INSEE, TES, 2006.

Une hausse du prix du pétrole frappe donc l'ensemble des entreprises mais n'a donc un effet prononcé que sur un petit nombre d'entre elles. Mais il ne s'agit là, bien entendu, que de l'effet direct. Considérée de l'intérieur d'un secteur, la hausse du prix du pétrole affecte ses fournisseurs et ses clients. Ses coûts de production et sa demande sont donc affectés. Le secteur automobile est l'exemple typique d'un secteur très sensible au prix du pétrole, et à la conjoncture. Une étude de Broyer et Brunner (2009) évalue le poids de l'automobile dans l'économie allemande et l'impact de la crise sur ce secteur qui satisfait 17 % de la demande mondiale d'automobiles. Les emplois directs du secteur automobile représentent 2,1 % de l'emploi total mais ce chiffre s'élève à 6,6 % lorsque l'on prend en compte les emplois indirects dans les autres secteurs productifs ou les services liés à la vente. L'étude estime aussi que le tiers de la contraction de l'économie allemande au dernier trimestre 2008, soit 0,7 sur 2,1 %, est imputable au secteur automobile, alors même que la prime à la casse a soutenu la demande interne. Une étude de Méot (2009) sur le secteur automobile français évalue de la même façon l'emploi direct du secteur à 200 000, mais l'emploi direct et indirect à 800 000. Ce type d'estimation des emplois indirects est toujours à prendre avec précaution car il présente des risques de surestimation⁽¹¹⁾. Mais le secteur automobile est en France un secteur à la fois important et exposé aux variations du prix du pétrole. Son expérience dans la production de voitures à faible consommation de carburant lui donne des atouts face à la hausse du prix du pétrole qu'il lui faut élargir en participant au développement de véhicules hybrides ou électriques. Il est logique alors de préparer l'avenir en le soutenant par des mesures telles que la combinaison d'une prime à la casse, poussant déjà au rajeunissement du parc et donc vers des véhicules moins consommateurs, et un *bonus-malus* écologique directement basé sur les émissions.

Deux autres secteurs, la pêche et le transport routier, sont particulièrement frappés par les hausses du prix du pétrole et sont donc l'objet de mesures particulières dont la dernière était leur possible exemption dans le projet de taxe carbone.

Le secteur de la pêche française rassemble près de 8 000 navires et 24 000 personnes embarquées. Comme le suggère le tableau 13, qui inclut aussi l'aquaculture, les dépenses de carburant sont un élément de coût très important. La part du gazole ne cesse d'augmenter dans les comptes d'exploitation des entreprises jusqu'à représenter 35 % du chiffre d'affaires de certains armements⁽¹²⁾. La situation générale du secteur est difficile. La raréfaction des ressources halieutiques est le problème le plus grave. Un certain nombre d'entreprises ont réagi en investissant dans des bateaux à grande capacité, peu économes en carburant. L'élasticité de la demande et les circuits de distribution empêchent de répercuter les coûts dans les prix.

(11) Un texte de présentation du récent plan de soutien à l'automobile indique que « l'industrie automobile, c'est 2,5 millions d'emplois soit 10 % de la population active ».

(12) Cf. la présentation du Plan d'action pour une pêche durable et responsable, adopté en 2008.

Une restructuration et une réduction de la flotte sont inévitables. Le plan d'action en cours a programmé une somme de 12 millions d'euros pour réduire la dépendance des navires de pêche au gazole, mais on en est encore au stade de l'audit.

Le transport routier de marchandises est aussi très sensible au coût des carburants, les dépenses de gazole représentant 27 % des coûts du transport de longue distance, d'après une évaluation de la Fédération nationale des transports routiers. Un grand nombre de petites entreprises sont présentes, et le secteur est soumis à la concurrence des entreprises des autres pays européens, notamment polonaises. Le nombre de défaillances d'entreprises témoigne des difficultés du secteur.

Nous étudions en détail dans le paragraphe suivant la manière dont le secteur des transports, en particulier aérien, s'est adapté à un pétrole cher.

3.3.2. Le secteur des transports face à un choc pétrolier

Le premier secteur auquel on songe spontanément dans l'hypothèse d'un choc pétrolier est celui des transports. C'est en effet le domaine pour lequel la dépendance pétrolière de la France mais aussi de la planète est aussi, voire plus importante qu'à l'époque du premier choc pétrolier. Certes, l'efficacité énergétique des moyens de transport utilisés s'est nettement améliorée mais un avion continue à voler avec du kérosène, un navire à tourner avec du fioul et les camions toujours plus nombreux à rouler au gazole. Force est de constater qu'il y a peu de secteurs pour lesquels l'après pétrole a été aussi peu préparé que les transports.

Face à la crise de 2008, les réactions ont été au fond assez classiques :

- acheter le moins cher possible ou au moins en stabilisant à moyen terme le coût de ses approvisionnements ;
- réaliser des économies d'énergie ;
- la troisième réaction (changer de source d'énergie) n'est en général pas à la portée d'un opérateur donné (compagnie aérienne, ou maritime) mais plutôt du domaine de la décision publique.

3.3.2.1. Des stratégies d'achat innovantes

Avant même de se préoccuper d'un éventuel choc pétrolier, les utilisateurs ont au quotidien à gérer la volatilité des prix du pétrole et des produits pétroliers. Sauf à pouvoir de manière automatique transmettre les variations quotidiennes des prix à leurs clients, les opérateurs de transport se trouvent en position d'acheteur final de pétrole ou d'équivalent pétrole.

De plus en plus sophistiquée, la gestion de ces achats est par essence spéculative (au sens propre du mot) : en fonction de tonnages de consommation anticipée sur l'année (avec éventuellement des pics saisonniers), chaque acteur à la possibilité d'adopter une stratégie en fonction de sa plus ou moins grande aversion au risque, de sa « vision » de l'évolution du mar-

ché, de la part enfin de l'énergie dans ses coûts d'exploitation, de la sophistication aussi des produits proposés par l'industrie financière.

Prenons le cas des compagnies aériennes. Le carburant représente dans les coûts d'exploitation du transport passager une part qui a varié ces dernières années entre 15 et 35 % (au plus haut du premier semestre 2008). Pour les vols de fret (cargo), la part du carburant peut monter jusqu'à 50 %. Même s'il n'existe pas directement de marché de *futures* pour le kérosène (jet-fioul), l'ampleur des besoins de couverture des compagnies aériennes a suscité le développement d'une offre de produits financiers des plus classiques aux plus sophistiqués : options classiques et exotiques, *collars*, *swaps*, *swaptions*... Soulignons, toutefois, qu'aucune stratégie de couverture n'est parfaite, leur choix dépend en effet :

- de la vision (et donc de la spéculation) que l'opérateur peut avoir de l'évolution des prix à court terme et moyen terme ;
- du prix (matérialisé par la prime) qu'il est prêt à payer pour bénéficier de ce qui peut être assimilé à un service d'assurance.

La stratégie des compagnies durant la période 2007-2008 illustre bien ce dilemme. Au moment de la phase de hausse des cours, certaines compagnies (Air France, Lufthansa, South Western) ont « bloqué » relativement tôt leurs prix du baril et se sont trouvées dans des positions très confortables au moment de la hausse la plus forte. D'autres ont beaucoup plus attendu : Ryanair, par exemple, ne se serait couvert qu'à 120 dollars le baril. Mais, au moment de la chute des cours du second semestre 2008, toutes les compagnies ou presque se sont trouvées prises à contre-pied, obligées d'acheter leur carburant sur la base de prix bien supérieurs à ceux du marché *spot*. Delta Airlines a dû ainsi dépenser 200 millions de dollars pour liquider ses contrats en cours. Cathay Pacific a affiché des pertes liées à sa stratégie de couverture de 7,6 milliards de dollars de HongKong (1,1 milliard de dollars). Au dernier trimestre 2008, South Western Airlines a déclaré 56 millions de dollars de pertes d'arbitrage. La stratégie la plus intéressante fut celle de Quantas qui avait accepté de payer des primes élevées (12 dollars par baril) pour des montages assez sophistiqués mais comprenant des clauses de sortie. Tel n'a pas été le cas des compagnies aériennes chinoises dont les stratégies de couverture en 2008 ont été suffisamment désastreuses pour que les autorités chinoises les encouragent officiellement à renégocier les contrats passés avec quelques-unes des plus importantes banques de la planète.

Comme on le voit par ces quelques exemples, le choix des stratégies de « couverture » (terme au fond assez peu approprié) peut modifier radicalement la rentabilité des compagnies aériennes et, de ce fait, les termes de la concurrence.

On retrouve la même problématique dans le transport maritime : ainsi l'armement français CMA-CGM a dû passer sur ses résultats 2008 une dépréciation de 700 millions de dollars sur des instruments de couverture contre la hausse des prix du fioul. Par contre, ce type d'approche est moins

répandu dans le transport routier même pour les principaux groupes européens, alors que les carburants représentent 20 % du coût du kilomètre.

3.3.2.2. Augmenter ses tarifs

Deuxième approche, celle de transférer vers les clients l'augmentation du coût des carburants. Ce sont les « surcharges carburants » appliquées par les compagnies aériennes (à partir de 2004). Bruxelles a d'ailleurs condamné certaines d'entre elles sur le fret aérien pour « coordination excessive » de leur politique tarifaire. Pour le transport routier, des surcharges carburant ont été aussi autorisées en France. Par contre, dans le milieu très concurrentiel du fret maritime international (avec des marchés dérivés de taux de fret pour le vrac sec et les tankers), de telles pratiques sont impossibles.

3.3.2.3. Réaliser des économies d'énergie

Chaque choc pétrolier est l'occasion d'une remise à plat des pratiques allant dans le sens d'une réduction de la consommation d'énergie : pour le transport aérien, c'est le recours à des avions plus efficaces : la consommation a diminué d'un tiers entre un 747 et la dernière génération des Airbus ou des Boeing. Toujours dans l'aérien, c'est aussi la recherche d'une plus grande rationalité des grilles horaires et de la géographie des vols. Dans le maritime et le routier, l'une des réponses est la diminution de la vitesse : dans les filiales « route » de la SNCF, la vitesse des camions a été limitée à 82 km/h. En ce qui concerne l'automobile, on a observé le même comportement des automobilistes (plus ou moins sous la contrainte) avec aussi une légère diminution du kilométrage moyen passé de 14 000 à 13 000 par an entre 2001 et 2007. Mais il est symptomatique de constater que, à nouveau, les constructeurs mettent l'accent sur la réduction de la consommation des véhicules : PSA y consacre ainsi 20 % de son budget R&D.

3.3.2.4. Changer de source d'énergie reste pour l'instant un objectif fort lointain

Les compagnies aériennes utilisent de plus en plus de voitures électriques comme véhicules de piste. Mais, pour le reste, ni les planeurs ni les dirigeables n'ont fait leurs preuves tout comme, dans un autre domaine, le temps de la marine à voile n'apparaît guère d'actualité. Dans le domaine de la route, les pistes sont plus nombreuses même si, pour l'instant, aucune ne semble s'imposer : électricité, hydrogène, pile à combustible, technologies hybrides, il n'est pas évident aujourd'hui de faire le pari des choix qui s'imposeront dans une ou deux décennies. Ceci est d'autant plus vrai que la problématique du pétrole se double là de celle du carbone qui conjugue volatilité du marché du CO₂ et incertitudes réglementaires.

Ainsi, le secteur des transports ne dispose guère de stratégies alternatives à court terme face à un choc pétrolier. Il est frappant de constater une assez faible élasticité tant en termes de consommation que de concurrence entre différentes formes de transport : en 2008, on n'a assisté, par exemple, à aucun transfert modal de la route vers le rail. Les seules réactions ne peuvent intervenir que sur des horizons de long terme dans le cadre de

politiques publiques prenant en compte à la fois les contraintes énergétiques mais aussi environnementales. En fait, l'aléa majeur est celui de l'instabilité et de la volatilité des prix beaucoup plus marquée pour le pétrole (et donc les carburants) que pour les autres sources d'énergie (constat à relativiser toutefois avec le développement de marchés dérivés pour l'électricité et le gaz). En ce sens, le secteur des transports classiques (air, route, mer) présente de loin la dépendance la plus forte vis-à-vis d'un marché du pétrole par essence instable et incontrôlable.

3.4. Les effets sur les ménages

Quelles sont les catégories de ménages les plus exposées à une hausse du prix du pétrole ? La place dans l'échelle des revenus et le type d'habitat jouent ici un rôle important. Les graphiques suivants décrivent les consommations d'énergie des ménages selon leur décile de revenu et en distinguant les dépenses d'énergie pour le logement (chauffage, éclairage) et pour le transport (carburant). Le graphique 21 montre que ces dépenses augmentent généralement avec le revenu. Le graphique 22, plus intéressant, montre que la part des dépenses d'énergie du ménage consacrées au logement diminue quand le revenu s'élève. La part consacrée aux carburants augmente puis diminue. La partie croissante de ce second profil tient simplement au fait que les ménages à bas revenus sont moins souvent propriétaires d'un véhicule à moteur. La courbe serait décroissante si on la limitait aux propriétaires d'un véhicule.

Dans l'ensemble, les dépenses d'énergie des ménages peuvent donc être qualifiées de régressives au sens où elles pèsent proportionnellement plus sur les ménages à bas revenus. Ceux-ci souffrent donc particulièrement d'une hausse du prix du pétrole. Un second axe d'inégalité oppose les ménages ruraux ou éloignés des centres-villes aux ménages urbains. Les premiers consacrent une part plus importante de leur budget aux carburants, ce qui semble naturel, mais aussi aux dépenses d'énergie liées au logement, ce qui l'est apparemment moins mais est évidemment lié à leur niveau de revenu.

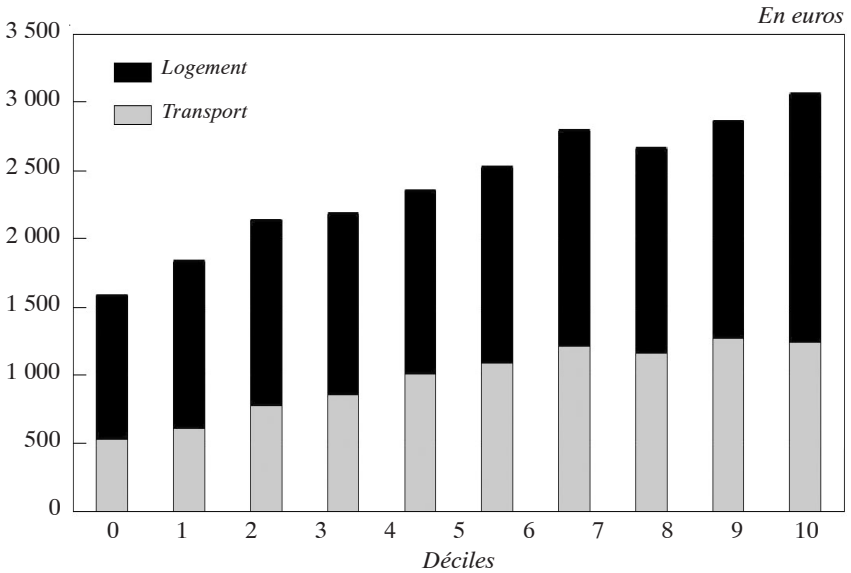
Qui plus est, ces inégalités ont augmenté entre 2001 et 2006⁽¹³⁾.

Une conséquence maintenant bien connue de cet état de fait est qu'en l'absence de redistribution, la taxe carbone serait un impôt régressif. Le fait que le produit de la taxe soit intégralement redistribué aux ménages, et le soit de manière identique, quel que soit leur revenu, permet de l'éviter. Les bas revenus reçoivent en effet en moyenne plus qu'ils ne payent. Encore faut-il qu'ils ne soient pas obligés de trop utiliser un véhicule à moteur.

Le fait que la redistribution soit plus importante quand le ménage n'a pas accès aux transports en commun introduit alors une faible compensation pour ceux qui y sont obligés.

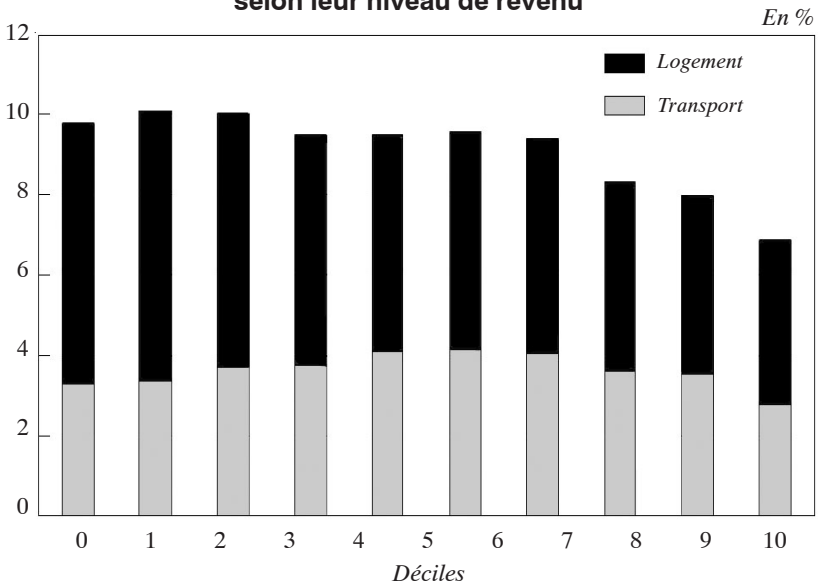
(13) Cf. Callonnec et al. (2008).

21. Dépenses d'énergie des ménages selon leur niveau de revenu



Sources : INSEE, enquête Budget des familles 2006 et Schubert (2009).

22. Part des dépenses d'énergie des ménages selon leur niveau de revenu



Sources : INSEE, enquête Budget des familles 2006 et Schubert (2009).

Le complément au rapport de Clerc et Marcus étudie l'élasticité au prix de la demande d'énergie des ménages.

La consommation globale d'énergie domestique (électricité, gaz, fioul, charbon) est pratiquement inélastique au prix à court terme « on ne se chauffe pas moins quand le prix du chauffage augmente » et faible à long terme « on ne passe pas facilement à un mode de chauffage moins énergivore ». L'influence des prix relatifs des différentes énergies sur le choix énergétique est également faible.

Les trente dernières années ont été marquées par une baisse de l'utilisation du fioul au profit du gaz et de l'électricité mais cette évolution structurelle est peu liée aux mouvements de prix.

La consommation de carburants est nettement plus sensible au prix. Clerc et Marcus font état d'une élasticité moyenne de 0,7, une analyse plus fine montrant que cette élasticité est plus faible pour les ménages qui utilisent leur véhicule pour se rendre au travail, ce qui est naturel.

4. Préconisations

4.1. Régulation macroéconomique

Les prix des matières premières seront très probablement très élevés dans quelques années et peut-être à plus brève échéance, à cause de la forte demande des pays émergents.

Comme la hausse des prix des matières premières est irréversible et constitue un choc d'offre négatif, la politique macroéconomique doit privilégier l'ajustement de l'offre et un maintien ou une amélioration de la compétitivité des entreprises. Un soutien macroéconomique à la demande serait inefficace et risquerait d'engendrer une hausse des prix sans grand bénéfice pour l'activité. De minces bénéfices transitoires ne justifieraient pas son coût pour les finances publiques.

Ceci ne signifie pas que la politique ne doive pas se soucier de la demande. Dans un contexte de concurrence internationale accrue, une forte demande internationale pour les produits français apparaît comme la meilleure réponse possible à la hausse du prix du pétrole. Elle rééquilibre les comptes extérieurs et permet de financer la facture pétrolière. Plus fondamentalement, elle nous permet d'améliorer nos termes de l'échange et de restaurer notre compétitivité et notre capacité d'exporter sans les faire reposer sur l'acceptation de prix très bas pour nos produits. L'amélioration de nos termes de l'échange revient à augmenter le pouvoir d'achat des revenus nationaux. Elle encourage ainsi le développement de l'offre et une hausse de l'emploi. L'adaptation à la demande apparaît ainsi comme un élément essentiel d'une politique de l'offre. Face à une hausse du prix du pétrole, il sera impossible d'éviter une pression initiale à la baisse sur le niveau

général des salaires réels. Leur rétablissement sera tributaire de celui de la compétitivité et de la capacité d'exporter.

L'absence de soutien à la demande et le choix de laisser s'opérer l'ajustement salarial ne pourraient être remis en cause que dans des circonstances exceptionnelles. L'expérience récente a montré qu'une récession mondiale avec des traits keynésiens restait dans le champ des possibles. Si une hausse du pétrole se matérialisait dans un pareil contexte, bien que cela soit *a priori* peu probable puisque le niveau de l'activité mondiale est le principal facteur de hausse du prix du pétrole, les politiques de demande pourraient s'avérer nécessaires pour éviter un approfondissement de la récession.

La hausse du prix du pétrole frappe particulièrement certains secteurs et certaines catégories de ménages. Les mesures de soutien dont ils pourront bénéficier ne doivent pas freiner l'adaptation à un pétrole cher. Elles doivent donc avoir un caractère personnalisé et temporaire et s'accompagner d'aides à une adaptation technologique.

Préconisations (I)

1. Durcir le message auprès des consommateurs (entreprises et ménages) sur le fait que les prix de l'énergie seront plus élevés dans l'avenir et qu'il faut qu'ils développent une capacité d'adaptation : substitution (avec des opportunités actuelles pour le gaz naturel), flexibilité (gaz/pétrole/électricité), amélioration de l'efficacité énergétique (une option gagnante et sans risque).
2. Laisser jouer les mécanismes de marché. Une politique de soutien à la demande serait inefficace face à des chocs qui affectent le côté offre de l'économie et risquent d'être permanents.
3. Aider ponctuellement, de façon ciblée et temporaire, à l'adaptation de certains secteurs vulnérables (transports, pêche).

4.2. Une spécialisation productive efficace pour exporter vers les pays producteurs de pétrole

Assurer une forte demande étrangère pour les produits français constitue un impératif. Elle nous permet d'équilibrer nos comptes extérieurs. Plus profondément, elle est le seul moyen de maintenir ou d'améliorer nos termes de l'échange, d'augmenter ainsi le pouvoir d'achat de nos revenus et finalement de maintenir un niveau d'emploi élevé et de qualité.

Il est important en particulier de développer une spécialisation productive qui nous permette d'obtenir des parts de marché à l'exportation importantes dans les pays exportateurs de pétrole.

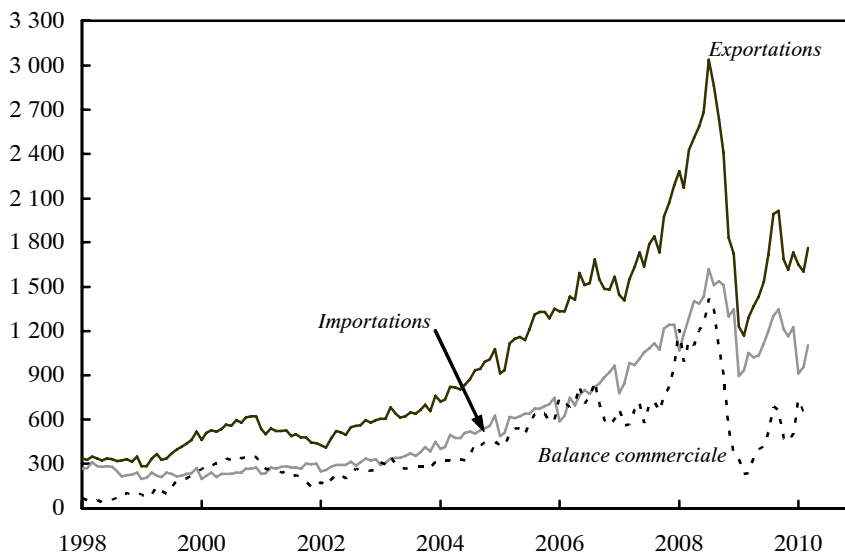
Quelle est la nature de cette spécialisation ? Qu'importent les pays exportateurs de pétrole quand le prix du pétrole est élevé ? Qu'exportent les pays de l'OCDE qui ont des parts de marché élevées dans les pays exportateurs de pétrole ?

Nous allons voir que c'est la capacité à exporter des biens d'équipement et du matériel de transport qui distingue les pays qui ont une part de marché importante dans les pays exportateurs de pétrole (États-Unis, Allemagne, Chine et émergents d'Asie) de ceux à part de marché faible ou en recul (France, Espagne, Royaume-Uni). De manière cohérente avec cette observation, c'est l'investissement qui progresse rapidement dans les pays quand le prix du pétrole augmente.

4.2.1. Les importations des pays exportateurs de pétrole quand le prix du pétrole est élevé

Lorsque le prix du pétrole est élevé, les pays exportateurs de pétrole partagent leur revenu entre épargne et importations. Le graphique 23 montre que la propension marginale à importer le revenu des exportations est d'environ 50 %, et donc que la propension marginale à épargner ce revenu est de l'ordre de 50 %.

23. Commerce extérieur, OPEP + Russie



Sources : Datastream et Natixis.

4.2.2. Qui profite de la hausse des importations des pays exportateurs de pétrole quand le prix du pétrole augmente ?

Les graphiques 24a, b et c montrent que les parts de marché dans les pays exportateurs de pétrole les plus élevées sont celles de la Chine et des autres pays émergents d'Asie, des États-Unis, de l'Allemagne et, à un degré nettement moindre, de l'Italie et du Japon, mais pas celles du Royaume-Uni, de l'Espagne, de la France ou des PECO. En outre, ces exportations en provenance des États-Unis, de l'Allemagne, de l'Italie, de la Chine et des autres pays émergents d'Asie ont fortement augmenté depuis 2003. Ces pays ont ainsi su tirer parti des débouchés ouverts par la hausse du prix du pétrole. Les exportations françaises ont continué à augmenter mais n'ont pas connu d'inflexion.

Les tableaux 14 à 17 montrent que ces succès reposent pour l'essentiel sur une spécialisation dans les biens d'équipement et le matériel de transport. Quand celle-ci n'est pas très forte, elle a au moins fortement augmenté dans les années récentes. Les biens d'équipement et le matériel de transport représentaient 22 % des exportations de la Chine en 1998 et dégageaient alors un excédent commercial de 0,4 % du PIB. Elles représentent 34,7 % de ses exportations en 2006 et dégagent un excédent commercial de 7,5 % du PIB.

14. Structure par produits des exportations en 2008

En %

	États-Unis	Roy.-Uni	Allemagne	France	Espagne	Italie	Japon
Agroalimentaire	7,0	5,3	4,5	11,1	14,3	6,2	0,5
Biens intermédiaires	6,3	2,7	2,0	2,8	4,1	1,5	1,3
Énergie	6,0	13,5	2,6	5,2	1,6	4,7	2,3
Biens de consommation	38,2	42,8	43,7	42,7	45,9	50,3	32,5
Biens d'équip. et matériel de transport	42,6	35,6	47,2	38,2	34,2	37,3	63,4
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Source : Chelem.

15. Déficit extérieur en 2008

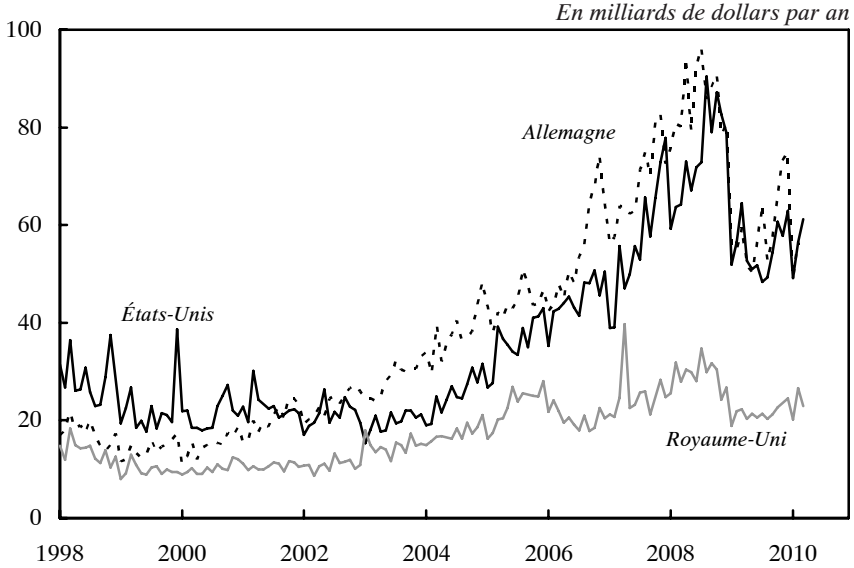
En % du PIB

	États-Unis	Roy.-Uni	Allemagne	France	Espagne	Italie	Japon
Agroalimentaire	0,1	-1,1	-0,1	0,5	-0,1	-0,3	-1,0
Biens intermédiaires	0,3	-0,3	-0,4	-0,1	-0,5	-0,8	-0,8
Énergie	-2,7	-0,7	-3,3	-2,9	-3,5	-2,3	-4,7
Biens de consommation	-1,8	-1,9	2,9	-0,8	-1,0	0,4	0,7
Biens d'équip. et matériel de transport	-1,1	-2,1	7,8	-0,1	-0,7	2,2	6,3
Total	-5,2	-6,1	6,8	-3,3	-8,2	-0,7	0,5

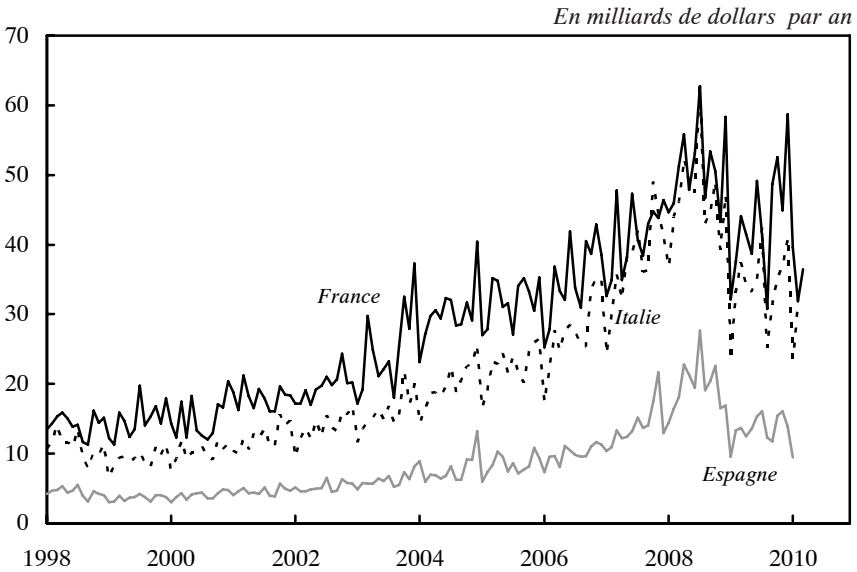
Source : Chelem.

24. Exportations vers OPEP et Russie

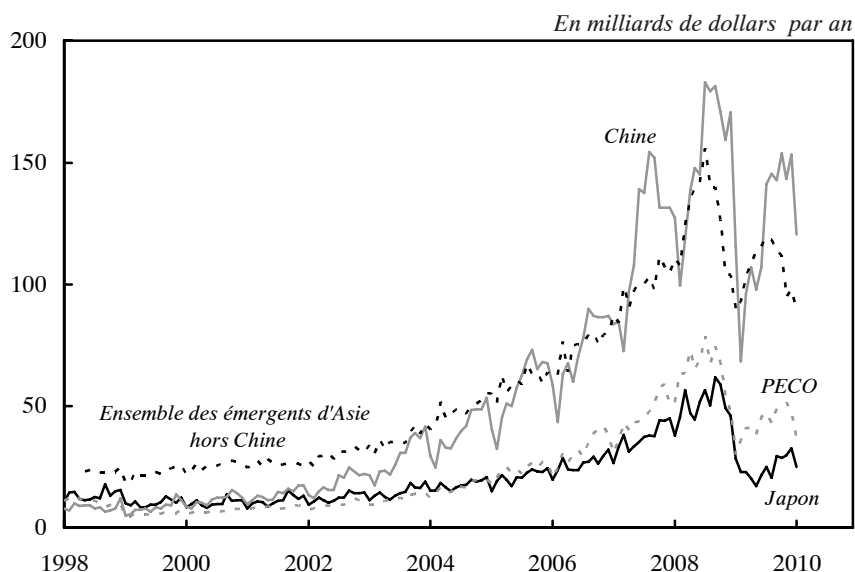
a. États-Unis, Royaume-Uni et Allemagne



b. France, Italie et Espagne



c. Japon, Chine, émergents d'Asie et PECO



Sources : Datastream, Census Bureau, ONS, Statistisches Bundesamt, Services des Douanes, FMI et Natixis.

16. Structure par produits des exportations en 2008

En %

	Chine	Autres pays émergents d'Asie	PECO
Agroalimentaire	2,48	4,96	6,83
Biens intermédiaires	17,59	25,66	14,23
Biens de consommation	24,99	14,09	10,59
Biens d'équipement	33,59	27,93	11,38
Autres	21,36	27,36	56,97
Total	100,0	100,0	100,0

Source : Chelem.

17. Déficit extérieur en 2008

En % du PIB

	Chine	Pays émergents d'Asie	PECO
Agroalimentaire	-0,58	-0,31	-0,55
Biens intermédiaires	1,45	1,86	-1,70
Biens de consommation	6,71	2,99	-2,92
Biens d'équipement	7,01	3,61	-3,91
Autres	-1,86	-11,41	9,04
Total	12,73	-3,26	-0,04

Source : Chelem.

À l’opposé, le Royaume-Uni, l’Espagne, les PECO ont des déficits extérieurs croissants pour tous les secteurs et en particulier pour les biens d’équipement et le matériel de transport. La France est dans la même situation, ce secteur étant celui (à part l’énergie) dont les comptes extérieurs se sont le plus détériorés, passant d’un excédent de 1,4 % en 1998 à un déficit de 0,1 % en 2008.

Le tableau 18 rappelle que les dépenses de R&D des États-Unis et de l’Allemagne sont supérieures à celles du Royaume-Uni, de la France ou de l’Espagne et que celles des émergents d’Asie sont supérieures à celles des PECO.

18. Dépenses de R&D en 2008

En % du PIB

	Dépenses de R&D
États-Unis	2,77
Royaume-Uni	1,884
Allemagne	2,6
France	2,1
Italie	1,16
Espagne	1,21
Japon	3,5
Chine(*)	1,56
Autres pays émergents d’Asie(*)	3,14
PECO	0,84

Note : (*) 2006.

Source : OCDE, Principaux indicateurs de la science et de la technologie, 2009.

4.2.3. Qu’importent les pays exportateurs de pétrole ?

Le tableau 19 fournit un second type d’information sur la spécialisation productive souhaitable. Les pays exportateurs de pétrole importent surtout des biens d’équipement et des biens de consommation, et ont un déficit extérieur particulièrement élevé pour les biens d’équipement.

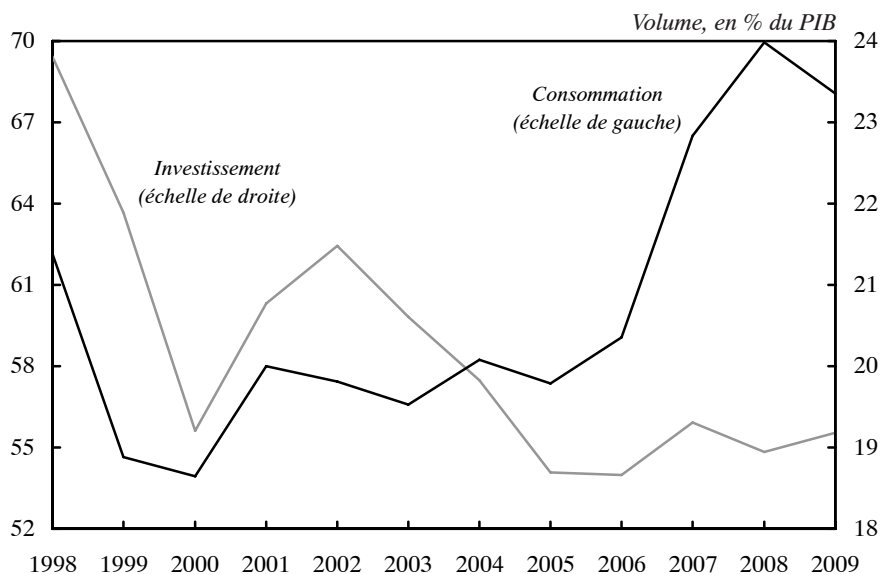
19. Les importations de l’OPEP et de la Russie en 2008

	Structure des importations par produits	Balance commerciale par produits (en % du PIB)
Agroalimentaire	11,13	- 1,15
Biens intermédiaires	18,17	- 2,55
Biens de consommation	19,12	- 3,41
Biens d’équipement	25,36	- 4,66
Autres	26,22	29,67
Total	100,00	17,90

Source : Chelem.

Le graphique 25 montre d’ailleurs que c’est surtout l’investissement qui progresse, au détriment de la consommation, quand les prix du pétrole sont élevés. On sait aussi que ces pays auront des besoins massifs d’investissement en équipements pétroliers, voire également dans le nucléaire pour certains d’entre eux.

25. Consommation et investissement en Russie et OPEP



Sources : Datastream et Natixis.

Tout ceci confirme l'idée selon laquelle c'est bien le marché des biens d'équipement et du matériel de transport (de l'investissement) qui est central à obtenir dans ces pays.

Une réponse efficace à un prix du pétrole élevé va donc au-delà d'une politique énergétique. Elle consiste aussi à être capable d'exporter les produits que souhaitent acheter nos partenaires et les pays producteurs de pétrole, c'est-à-dire à adopter une spécialisation productive adaptée à une situation durable de cherté du pétrole.

Préconisations (II)

1. Inciter à une spécialisation productive efficace en fonction des besoins des pays exportateurs d'hydrocarbures : biens d'équipement, matériels de transport et aussi biens de consommation de luxe.
2. Inciter à une même spécialisation pour les services à haute valeur ajoutée : services pétroliers, électriques, nucléaires, traitement des déchets, efficacité énergétique.
3. Développer la présence française sur des projets plurinationaux qui ont trait à l'énergie (capture et séquestration du carbone, nucléaire, efficacité énergétique, énergies renouvelables, désalinisation, traitement des déchets, *smart grids*).

4.3. La croissance verte

4.3.1. Principes d'une politique

Comme la plupart des pays développés, la France s'est récemment engagée dans un programme de soutien à une croissance verte, c'est-à-dire au développement d'une nouvelle économie plus économe en énergie et moins dépendante des énergies fossiles. Ce programme s'inscrit dans le prolongement du Grenelle de l'environnement et a constitué par la suite un élément important de la politique de relance mise en œuvre pour lutter contre la crise.

Les principaux axes du programme sont :

- l'amélioration de l'efficacité énergétique :
 - dans le bâtiment : isolation et nouveaux modes de chauffage ;
 - dans les transports : diminution des consommations de carburants, véhicules électriques, développement du transport ferroviaire ;
- le développement des énergies renouvelables, notamment de l'éolien ;
- l'aide à la recherche : séquestration du carbone...

L'horizon naturel de ce programme de croissance verte est le moyen et long termes. Il s'agit, en effet, de *verdir* les modes de production des entreprises existantes et de favoriser l'émergence de nouveaux secteurs verts consacrés à des activités de défense de l'environnement. Ces évolutions nécessitent un effort de recherche et des investissements importants pour concevoir et développer de nouvelles technologies. Elles prendront donc du temps. Les principaux bénéfices se situent également à moyen et long termes. Ils sont d'abord climatiques et évidemment non monétaires.

L'intervention de l'État pour soutenir ce programme de croissance verte se justifie à plusieurs niveaux. L'État intervient en premier lieu pour valoriser les gains climatiques et environnementaux en rémunérant les agents économiques pour les émissions évitées et plus généralement pour les actions de défense de l'environnement qu'ils peuvent mener. Cette intervention a vocation à être pérenne et à tracer un cadre où l'exigence de compétitivité s'imposera aux entreprises. En second lieu, l'État doit intervenir pour soutenir et accélérer la mise en place de ce nouveau mode de croissance. C'est en fait un nouveau type de politique industrielle qui doit être mené pour aider à coordonner et parfois mutualiser les efforts d'innovation, à couvrir les coûts d'apprentissage, à assurer la formation et la qualification des travailleurs... Un soutien massif et rapide est justifié également par la nécessité de faire émerger rapidement des acteurs capables de soutenir la concurrence internationale dans ces nouveaux secteurs où les coûts d'entrée et les positions acquises privilégieront les premiers entrants. Un motif de précaution joue enfin en faveur du soutien à un verdissement rapide de l'économie française qui apparaît comme le meilleur moyen de supporter à brève échéance d'éventuelles nouvelles hausses du prix du pétrole.

Les tonnes de CO₂ évitées constituent le premier critère d'évaluation du programme de croissance verte. L'Union européenne s'est engagée en décembre 2008 à réduire de 20 % ses émissions de CO₂ à l'horizon 2020. Une action résolue et cohérente s'impose dès maintenant pour atteindre cet objectif à moindre coût, en évitant de devoir prendre plus tard, dans la précipitation, des mesures devenues plus coûteuses. C'est là le sens du Grenelle de l'environnement qui s'est tenu fin 2007 et a reçu une première traduction législative.

Les tonnes de CO₂ évitées doivent évidemment être rapportées au coût économique qui doit être supporté pour les éviter. Le respect de nouvelles normes et réglementations environnementales impose des coûts supplémentaires aux entreprises et ménages, en les forçant à adopter des procédés de production, de construction, de chauffage plus propres mais plus coûteux. Il faut également prendre en compte le coût public des subventions et des incitations monétaires mises en place par la puissance publique. Une analyse coûts-avantages est donc nécessaire pour classer les différentes mesures mises en œuvre et privilégier les plus efficaces. La mise en place d'un prix unique du carbone permet en principe d'aboutir au même résultat. Les agents privés supportent, à la marge, les coûts des émissions et il est donc dans leur propre intérêt de mettre en œuvre les plus efficaces. L'objectif d'un prix unique du carbone, fixé à un niveau reflétant bien les dommages environnementaux des émissions reste pourtant assez éloigné. Des réglementations environnementales différenciées subsisteront donc, dont il faudra mener une évaluation permanente.

Le développement rentable de nouvelles activités et de nouveaux emplois dépend de l'émergence d'une demande solvable, ce qui amène évidemment à se préoccuper des prix soutenables après subvention. Il s'accompagne aussi de destructions dans les activités existantes. L'évolution de l'emploi vert dépend de la vitesse à laquelle les produits et modes de production verts se substitueront aux anciennes activités. Ceci dépend des possibilités de substitution dans la demande des consommateurs. Si la demande pour les produits verts se révélait peu élastique au prix, la baisse prévisible de leur prix relatif n'entraînerait pas de forte croissance de la demande et l'emploi vert n'augmenterait que peu. On peut espérer qu'il en ira différemment et que ce nouveau type d'emploi augmentera de manière relativement spontanée, ce qui sera une bonne chose pour l'environnement mais aussi pour les finances publiques qui pourront réduire progressivement leurs subventions.

Le nécessaire redéploiement de l'économie vers une croissance plus verte sera un processus long nécessitant des investissements privés et publics importants. Comme nous l'avons dit, son évaluation doit donc se situer d'abord dans une perspective de long terme. Mais elle doit aussi s'appuyer sur une analyse des bénéfices qui peuvent être attendus à court terme. Le soutien à la croissance verte permet des créations d'emploi, réduit la dépendance énergétique et peut contribuer à améliorer les comptes extérieurs.

20. Les effets attendus du Grenelle de l'environnement

	Marché (en milliards d'euros)		Taux de croissance (en %)		Emplois		Taux de croissance (en %)	
	2007	2012	2006-2007	2007-2012	2007	2012	2006-2007	2007-2012
Énergies renouvelables (EnR)	9,4	24,0	21	21	52 000	120 000	5	18
• investissement en systèmes de production et achats d'équipements de chauffage	5,9	15,8	12	22	34 000	87 000	2	21
• ventes	3,5	7,9	41	18	18 000	33 000	12	13
Efficacité énergétique	24,0	46,0	16	14	169 000	320 000	14	14
• résidentiel	9,1	22,0	9	19	98 000	216 000	3	17
• transport	15,0	24,0	20	10	71 000	105 000	18	8
• total	33,0	70,0	17	16	220 000	440 000	8	15

Source : ADEME (2008).

Dans un contexte de crise de l'économie mondiale, il est apparu naturellement comme l'un des axes des programmes de relance, notamment dans leur composante de soutien à l'investissement. C'était le cas du plan américain de février 2009 et du plan français de décembre 2008, qui doit trouver un prolongement dans la mise en œuvre attendue du Grenelle de l'environnement. Une perspective keynésienne, qui s'exprime notamment dans le complément à ce rapport de Gaël Callonnec, Thomas Gaudin et François Moisan, peut alors mettre en évidence un certain nombre de mécanismes favorables. Les emplois créés et les revenus distribués suscitent une augmentation de la demande qui stimule l'activité. La diminution de la facture pétrolière renforce cet effet en augmentant le revenu disponible. Le soutien à la croissance verte exerce ainsi des effets multiplicateurs sur la production et l'emploi. En outre, le déficit extérieur tend à se réduire grâce à l'allègement de la facture pétrolière et à des investissements requérant moins d'importations, comme ceux qui concernent l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments ou le développement de transports ferroviaires. Des effets négatifs s'exercent aussi. Le développement de certaines technologies vertes se traduit par des importations, par exemple, d'éoliennes. Le soutien à certains secteurs évince la demande s'adressant à d'autres secteurs. Une analyse macroéconomique approfondie est nécessaire pour bien prendre en compte tous les effets indirects du soutien à la croissance verte.

4.3.2. Les effets du Grenelle de l'environnement

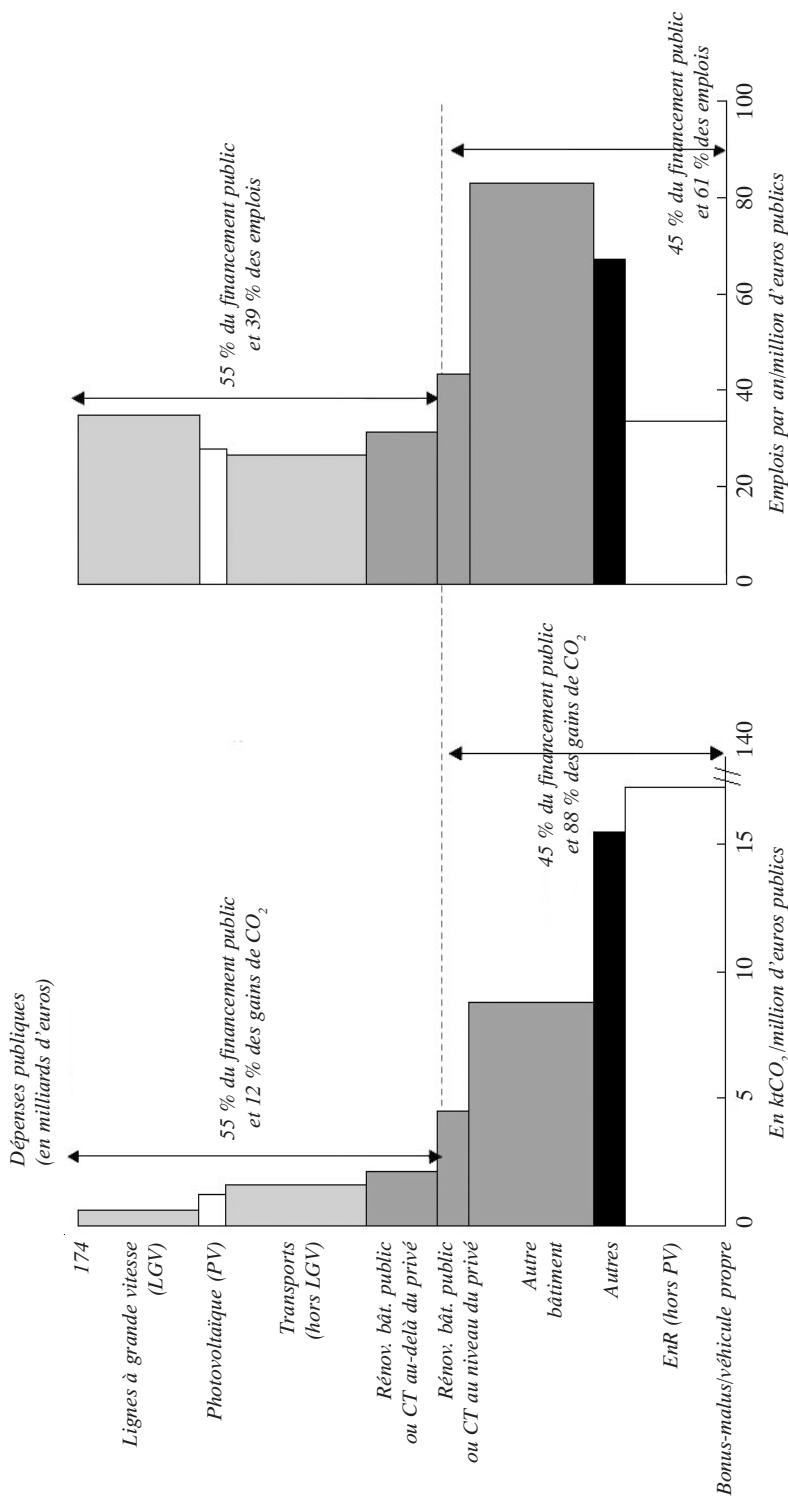
L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME, 2008) a évalué les effets à attendre de la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. L'étude repose sur une décomposition assez poussée des types d'activités et d'emplois qui bénéficieront des mesures prises.

Le tableau 20 en synthétise les résultats. L'étude présente l'intérêt de partir d'une analyse précise de la taille et de la composition actuelle des activités que l'on peut qualifier de vertes. Comme le montre le tableau en reproduisant les taux de croissance observés 2006-2007, ces activités connaissent déjà une forte croissance, qui s'est élevée globalement à 17 % pour cette seule année. Cette forte croissance est due notamment à la progression vigoureuse des investissements dans des équipements utilisant des énergies renouvelables, des travaux d'isolation des ménages et de l'utilisation des biocarburants.

Le tableau présente ensuite les résultats attendus du Grenelle. Il prévoit la création de 220 000 emplois d'ici 2012, soit un doublement de l'emploi du secteur. L'étude prévoit un maintien du taux de croissance actuel du secteur – déjà élevé. Les segments moteurs en seraient les énergies renouvelables et le bâtiment.

Le *Boston Consulting Group* (BCG, 2009) a également réalisé une évaluation du Grenelle. L'étude montre comment l'objectif de réduction de 20 % des émissions nationales de CO₂ d'ici 2020 peut être atteint et à quel-

26. Gains et coûts du Grenelle de l'environnement selon le Boston Consulting Group



Source : BCG (2009).

les conditions. Elle décrit pour cela les résultats susceptibles d'être obtenus dans les différents programmes du Grenelle ainsi que les coûts que la puissance publique devra supporter pour atteindre ces objectifs.

Les émissions en 2020 sont réduites de 75 millions de tonnes de CO₂ par rapport à 2007. Ce résultat appréciable procède pour moitié de la substitution d'énergies renouvelables aux énergies fossiles et pour un quart des économies d'énergie dans le bâtiment. Il s'accompagne d'une diminution de près de 20 % de la consommation finale d'énergies fossiles. À ces 75 millions de tonnes de CO₂ s'ajoute une réduction de 52 millions de tonnes résultant des mesures antérieures au Grenelle. Les émissions annuelles de la France passent ainsi de 523 à 395 millions de tonnes, soit une diminution de 24 % entre 2007 et 2020, dont 14 points sont spécifiquement dus aux mesures du Grenelle.

La mise en œuvre du programme se traduirait par la création de 600 000 emplois générant en moyenne une production supplémentaire de 37,5 milliards d'euros par an. L'évaluation est ici plus optimiste que celle de l'ADEME qui ne prévoit, à l'horizon 2012, que la création de 220 000 emplois, mais le BCG (2009, graphique p. 6) suggère que l'augmentation de l'emploi entre 2009 et 2012 ne serait que de 350 000, ce qui rapproche de l'estimation de l'ADEME. Ces chiffres devraient en tout état de cause être confirmés par une analyse plus explicite.

Un intérêt de l'étude du *Boston Consulting Groupe* (BCG) est qu'elle met systématiquement en rapport les gains réalisés en matière de réduction des émissions de CO₂ et d'emploi, avec le coût pour les finances publiques des mesures prises.

La graphique 26 classe dans sa partie gauche les différentes mesures du Grenelle selon leur ratio efficacité-coût c'est-à-dire selon le nombre de tonnes de CO₂ évitées par euro dépensé (pour les finances publiques). Après le *bonus-malus* automobile, c'est le développement des énergies renouvelables, notamment de l'éolien, qui apparaît le plus rentable sur le plan écologique. L'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments suit. Les programmes de transport et notamment la construction de lignes ferroviaires à grande vitesse sont peu rentables car ils requièrent de très gros investissements. Le photovoltaïque apparaît aussi peu rentable. Les coûts financiers de chaque mesure sont représentés sur l'axe vertical, et les quantités évitées de CO₂ apparaissent donc comme les aires des différents rectangles. À l'horizon 2020, le coût du Grenelle s'élève à 170 milliards d'euros par an en moyenne, soit une charge de 0,75 % du PIB. La partie droite du graphique représente de la même façon les gains en emploi. Le classement des mesures en termes d'emplois créés est très différent et plus équilibré. Toutes les mesures, sauf le *bonus-malus*, conduisent à des créations importantes. En définitive, la mise en œuvre du Grenelle apparaît efficace du point de vue environnemental mais serait très coûteuse si on ne regardait que ses effets strictement économiques. Dépenser 170 milliards d'euros par an pour créer, en définitive,

600 000 emplois met le coût de l'emploi créé à près de 30 000 euros. On peut aussi noter qu'un coût de 0,75 % du PIB est nécessaire pour ne réduire la facture énergétique que d'environ un demi point de PIB.

Préconisations (III)

1. Mettre en place, éventuellement au niveau européen, une fiscalité carbone résolue et lisible, en cohérence avec le marché européen des permis d'émissions. Il est urgent qu'entreprises et ménages puissent prendre en compte le prix du carbone dans leurs choix énergétiques et leurs décisions d'équipement.

2. Accélérer la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement qui contribue à réduire notre dépendance vis-à-vis des énergies fossiles. Mobiliser des sources de financement innovantes en faisant appel aux consommateurs et aux collectivités locales.

3. Donner aux administrations centrales et aux collectivités locales un rôle moteur exemplaire dans l'accélération du Grenelle, tant sur le plan des investissements que sur le plan des comportements et de la gestion énergie/climat.

4. Favoriser une offre mondiale du Grenelle de l'environnement en proposant une offre diversifiée de services, d'innovations administratives et institutionnelles, de financement innovant, d'expérimentations réussies et transposables (*best practices*) notamment dans le domaine des transports, de l'efficacité énergétique, du traitement des déchets, des systèmes énergétiques décentralisés.

5. Mettre en place un dispositif d'évaluation de la politique de soutien à la croissance verte. Mener au niveau microéconomique une analyse avantages-coûts de l'ensemble des mesures mises en œuvre. Évaluer la cohérence macroéconomique du dispositif global, en termes d'emplois, de productivité, d'équilibre des comptes extérieurs et des finances publiques.

4.4. Réduire la volatilité des cours et réglementer davantage les marchés dérivés des matières premières

La volatilité du prix du pétrole, sur fond d'une tendance à la hausse, risque de s'accroître dans les années à venir. L'incertitude naturelle sur les découvertes et sur l'évolution des coûts d'exploitation est renforcée par les aléas politiques et financiers. L'entretien et le développement des capacités

de production sont tributaires des évolutions géopolitiques. L'OPEP garde sa capacité de peser sur les prix. Comme les autres matières premières, le pétrole devient de plus en plus un actif dont le cours est soumis à des comportements de nature spéculative. Même si les déterminants réels conservent la première place dans l'évolution des cours du brut

Nous nous appuyons ici sur les conclusions du rapport du groupe de travail sur *La volatilité des prix du pétrole*, rédigé sous la présidence de Jean-Marie Chevalier et remis en février 2010. Nous en reprenons les recommandations 7, 11 14 et 15 (cf. Chevalier, 2010).

Préconisations (IV)

1. Le dialogue producteurs-consommateurs reste nécessaire. On ne peut pas en attendre la mise en œuvre d'une politique explicite de régularisation des cours. Mais la confrontation des points de vue et des objectifs reste un puissant réducteur d'incertitude. Elle permet d'allonger l'horizon décisionnel des parties prenantes en rendant ainsi plus prévisibles les évolutions des prix et des quantités produites. La mise en œuvre des politiques climatiques pèsera sur l'évolution de la rente pétrolière et sur son partage et impose de rechercher des solutions aussi consensuelles que possible.

2. Repenser au niveau européen la dynamique d'évolution de l'outil de raffinage à un moment où l'Europe accroît sa dépendance vis-à-vis des importations de pétrole brut et de produits raffinés.

3. Améliorer l'organisation et l'efficacité des marchés européens de produits raffinés qui restent très opaques.

4. Appliquer pleinement aux marchés financiers des commodités, et notamment du pétrole, les orientations globales arrêtées au niveau du G20, notamment en termes de transparence des transactions, de standardisation et de compensation centralisée des contrats.

5. Généraliser le principe des limites de position sur les marchés de commodités financiarisées, dont le pétrole.

6. Mettre en place une séparation (*chinese wall*) entre analystes et *traders/sellers* de dérivés sur matières premières dès lors que ces analyses/recommandations sont destinées à la clientèle.

7. Imposer de façon plus générale une séparation entre les activités pour compte propre des activités pour compte client.

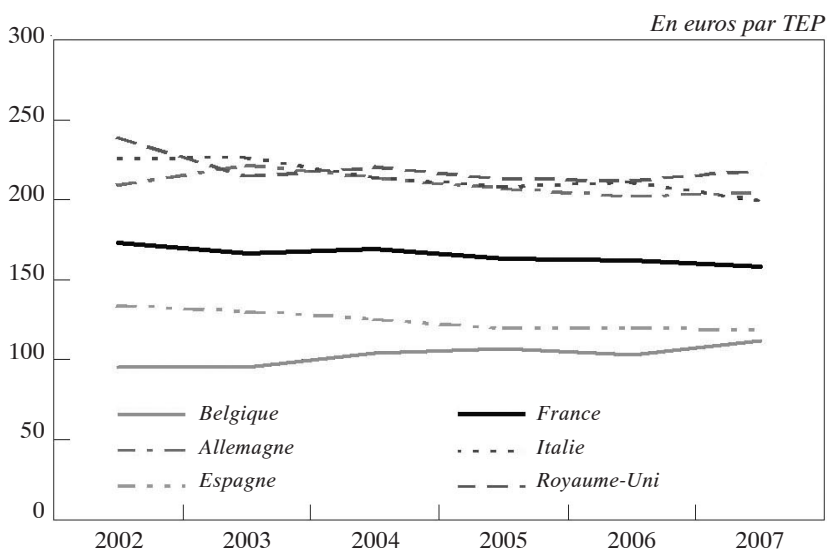
4.5. Fiscalité

La fiscalité pétrolière française et la fiscalité énergétique ont besoin d'être revisitées et révisées dans une optique d'harmonisation européenne qui intègre le nouveau contexte énergétique et les problèmes environnementaux. La fiscalité française sur l'énergie se situe en fait en dessous de la moyenne européenne et est en légère diminution depuis quelques années. La France affiche une panoplie de taxes et redevances dites environnementales concernant les transports, le bâtiment, l'agriculture, la production d'électricité, les PME/PMI, les collectivités locales... mais elles ne procèdent pas d'une fiscalité organisée, efficace et cohérente. La mise en place d'une fiscalité carbone au niveau européen devrait fournir une occasion intéressante pour supprimer les distorsions internes et européennes.

4.5.1. La fiscalité de l'énergie en Europe

Le graphique 27 illustre le poids de la fiscalité de l'énergie en Europe. Elle représente l'évolution du taux implicite d'imposition de l'énergie dans un certain nombre de pays européens. Ce taux implicite est le rapport entre l'ensemble des prélèvements énergétiques et la consommation finale d'énergie. Le poids des prélèvements dans le PIB donnerait des résultats analogues. La France se situe légèrement en dessous de la moyenne européenne, avec un taux implicite égal en 2007 à 158 euros par TEP, alors que la moyenne européenne est de 165. Le Royaume-Uni, l'Allemagne et l'Italie se situent au-delà de 200, la Belgique et l'Espagne en dessous de 120. La France est sur une tendance légèrement décroissante.

27. Taux implicites d'imposition de l'énergie



Source : Eurostat.

Les disparités intra-européennes sont donc importantes. La position intermédiaire de la France tient au fait que les carburants y sont fortement taxés mais que d'autres usages énergétiques le sont beaucoup moins. Un regard sur l'imposition énergétique des ménages le montre. Le tableau 21 illustre la dispersion des prix de l'énergie pour les ménages.

21. Les prix de l'énergie en Europe au second semestre 2008

Prix TTC en euros

	Sans plomb 95	Gazole	Fioul domestique	Gaz naturel	Électricité
	Par litre			Par MWh	
Allemagne	1,35	1,24	0,71	66	195
Belgique	1,41	1,10	0,68	46	158
Espagne	1,10	1,05	0,73	51	123
France	1,34	1,19	0,76	48	121
Italie	1,36	1,26	1,20	66	233
Royaume-Uni	1,39	1,46	0,67	42	132

Source : Eurostat.

Les disparités internationales restent relativement importantes. L'énergie est moins chère en Espagne, l'électricité moins chère en France. Le fioul domestique est privilégié dans tous les pays, sauf en Italie.

Les différences de coût de production peuvent expliquer les différences de prix de l'électricité, mais non pas celles des autres modes de consommation puisque le prix hors taxes du pétrole diffère très peu d'un pays à l'autre. C'est alors l'imposition qui explique la dispersion des prix pour le consommateur. Le tableau 22 décrit le poids des taxes dans les prix de vente des différentes formes d'énergie.

22. Poids des taxes dans le prix de vente au premier semestre 2008

En %

	Sans plomb 95	Gazole	Fioul domestique	Gaz naturel	Électricité
Allemagne	64	54	25	24	26
Belgique	61	46	20	20	22
Espagne	51	43	26	14	18
France	61	52	24	15	24
Italie	58	50	50	36	29
Royaume-Uni	63	61	24	5	5

Source : Eurostat.

Les carburants sont nettement plus taxés. Les combustibles et les autres sources d'énergie beaucoup moins. Le gazole est moins taxé que l'essence. Les voitures diesel ont été considérées comme moins polluantes, surtout parce qu'elles consommaient moins. La situation est en réalité moins claire. La combustion de gazole émet en fait plus de CO₂ que celle de l'essence. En second lieu, la circulation automobile n'émet pas que du CO₂ mais aussi d'autres oxydes de carbone ou d'azote et des particules, tous nocifs pour la santé. Le diesel est moins bien placé que l'essence de ce point de vue, mais l'obligation d'utiliser des pots d'échappement catalytiques a fait disparaître l'essentiel du problème.

4.5.2. La taxe intérieure sur les produits pétroliers

Par ses taux et les montants prélevés, la taxe intérieure sur les produits pétroliers (TIPP) est le principal élément de la fiscalité énergétique française. Elle pèse essentiellement sur les carburants essence et diesel (63,96 euros par hectolitre pour le super sans plomb et 41,69 pour le diesel). En revanche, la TIPP qui pèse sur le fioul domestique et le fioul lourd est extrêmement faible. En euros par hectolitre, elle s'élève respectivement à 5,66 et 1,85 euros. La TIPP a rapporté, en 2008, 23,8 milliards d'euros, soit plus de 7 % des prélèvements fiscaux.

Des taxes analogues sur la consommation de gaz naturel et de charbon ont été introduites en 2006 et 2007. Le taux commun de la taxe intérieure sur la consommation de gaz naturel (TICGN) et de la taxe sur la consommation de charbon (TICC) est de 1,19 euro/MWh, ce qui représente un poids beaucoup plus faible que celui de la TIPP. Le produit de la première n'est que de 0,2 milliard en 2008 tandis que celui de la seconde est négligeable.

La fiscalité énergétique frappe ainsi de manière très sélective le pétrole, plutôt que les autres énergies, et le transport routier, plutôt que les autres usages de l'énergie. La TIPP donne aussi droit à de nombreuses exonérations.

Le transport aérien et le transport maritime ainsi que la pêche sont exonérés de la TIPP. Les poids lourds de plus de 7,5 tonnes, les bus et les cars, bénéficient d'un remboursement partiel de TIPP de 2,50 euros par hl. Les taxis bénéficient également d'un remboursement partiel. Une distorsion flagrante est le taux réduit de la TIPP sur le fioul domestique, huit fois plus faible que celui pratiqué sur le gazole alors que les deux produits sont semblables, ce qui contribue d'ailleurs au développement de pratiques frauduleuses. La TVA sur les carburants est aussi l'objet de dérogations avantageant le gazole. Une déduction de 80 % de la TVA s'applique au gazole utilisé par un véhicule appartenant à une entreprise, alors que la TVA sur l'essence ne donne droit à aucune récupération. De très nombreuses exonérations ont déjà été mises en place pour les taxes sur la consommation de gaz naturel (TICGN) et de charbon (TICC).

Cette taxation différenciée, selon l'usage professionnel, collectif ou domestique du carburant crée des distorsions difficiles à justifier.

4.5.3. La taxe intérieure sur les produits pétroliers et la taxation du carbone

La taxation de l'énergie a différents buts. On peut d'abord évoquer l'idée régulièrement reprise d'une modification radicale du système d'imposition consistant à remplacer tous les impôts, et notamment l'impôt sur le revenu, par un unique impôt général sur l'énergie, jugé plus neutre. De manière beaucoup plus pragmatique, la taxation des carburants a toujours eu comme but de contribuer de manière simple et efficace aux recettes de l'État. La TIPP y réussit très bien.

Mais l'objectif général de la fiscalité énergétique a été de rendre la croissance moins énergivore. La crainte de l'épuisement des ressources naturelles, depuis le Club de Rome, le souci de limiter la pollution, de réduire la dépendance énergétique vis-à-vis de l'extérieur justifiaient une forte pression fiscale sur la consommation d'énergie sous toutes ses formes. Cette politique pouvait aussi, au départ, paraître concerner plus les riches que les pauvres, ce qui n'est plus le cas aujourd'hui où l'évolution des modes de vie contribue à faire apparaître des phénomènes de pauvreté énergétique. La prise de conscience du réchauffement climatique et de la nécessité de taxer le carbone remet aujourd'hui la fiscalité énergétique au premier plan.

Il ne faut pourtant pas oublier que la TIPP n'a pas été conçue comme une taxe carbone et qu'elle avait et a encore des buts environnementaux beaucoup plus larges. Elle visait à internaliser les nombreux coûts externes de la circulation automobile : pollutions diverses, nuisances associées à la circulation en ville... Elle devait aussi participer au financement des coûts d'infrastructures routières.

Le niveau élevé de la TIPP contribue pourtant à réduire la consommation de pétrole en France, et ainsi à réduire les émissions de gaz à effets de serre. Faut-il alors considérer qu'elle joue déjà le rôle d'une taxe carbone ? Elle le ferait alors à un niveau beaucoup plus élevé que celui envisagé fin 2009 pour cette dernière. La TIPP sur un litre de super s'élève à 64 centimes d'euro, soit près de quinze fois plus que les quelque 4,5 planifiés pour la contribution climat-énergie, et on pourrait encore y ajouter la TVA. Comme l'a calculé l'ADEME (2009), on pourrait considérer que la TIPP sur le super représente implicitement une taxe de 265 euros par tonne de CO₂ émise, soit beaucoup plus que les 17 euros la tonne de la contribution climat-énergie.

Ce raisonnement pose, à juste titre, la question de l'articulation de la taxe carbone avec les taxes existantes. Est-il vraiment rationnel d'imposer une taxe carbone à un prix uniforme à des secteurs ou à des pays dont les régimes fiscaux conduisent *a priori* à des prix de l'énergie très différents. Concrètement, ne faudrait-il pas baisser le montant de la taxe carbone là où l'énergie est déjà très taxée ?

Ce raisonnement n'est en fait guère pertinent. En premier lieu, la TIPP ne frappe que les carburants et ne peut donc jouer le rôle d'une taxe géné-

rale sur le carbone. Le faible niveau initial de la taxe carbone envisagée n'est pas non plus un argument puisqu'il est prévu qu'il augmente progressivement, non pas seulement pour éviter un ajustement brutal mais parce le prix du carbone doit refléter la valeur actualisée des dommages (marginaux) que les émissions imposent à l'environnement, et que ces dommages augmentent avec la concentration des gaz à effets de serre. Mais, plus profondément, la question est celle des raisons d'être des taxes existantes. Si celles-ci répondent à des objectifs économiques clairs, si elles corrigent des externalités autres que celles tenant au climat, leur présence ne met pas en cause la nécessité d'une taxe carbone destinée à contrer le réchauffement et il reste souhaitable que cette taxe ait un taux uniforme dans toute l'économie et, idéalement, dans le monde entier. Une taxe carbone mondiale, ou un marché mondial de permis d'émissions, devrait venir compléter des systèmes fiscaux locaux répondant à d'autres objectifs. Un prix unique du carbone resterait le seul moyen de mettre en place de manière cohérente toutes les incitations nécessaires à la lutte contre le réchauffement climatique et, en retour, permettrait aux États de mieux optimiser leurs systèmes fiscaux nationaux.

On peut penser que la TIPP française satisfait en gros ces conditions. Son objectif est d'internaliser les coûts propres de la circulation routière en matière de congestion et d'usure des infrastructures. Elle ne se substitue donc pas à une taxe carbone. C'est d'ailleurs pour cela que les bio-carburants sont à juste titre soumis à la TIPP. Le fait qu'ils le soient à un taux réduit peut se justifier comme une incitation au développement de nouveaux types de véhicules. Cet avantage devrait logiquement disparaître avec le temps, en leur laissant seulement celui d'échapper à la taxe carbone, dès lors que leur utilisation se traduit par de moindres émissions.

4.5.4. *Faut-il utiliser les taxes pour lisser les évolutions des prix des produits pétroliers pour le consommateur ?*

Dans tous les pays européens, la taxation des produits pétroliers comprend deux parts : une accise calculée en fonction du volume vendu, représentée en France par la TIPP, et la TVA qui constitue au contraire une taxe *ad valorem*. La première ne change pas quand le prix du pétrole se modifie alors que la seconde évolue proportionnellement à ce prix. La présence d'une part fixe réduit la volatilité du prix pour le consommateur. Cet effet joue différemment selon les pays selon les parts respectives d'une accise du type TIPP et de la TVA. Le graphique 3 a montré dans le cas de la France comment cet effet protecteur par rapport aux variations du prix du pétrole s'exerçait pour l'essence, grâce à l'importance de la TIPP, mais non pour le fioul domestique très peu taxé. Les fluctuations du prix du fioul frappent alors fortement les ménages à bas revenus, et ont imposé la mise en place d'une prime à la cuve lors de l'emballlement récent du prix du pétrole.

Ce rôle protecteur d'une TIPP élevée doit être précisé. Il y a quelque chose de paradoxal à penser que les ménages français vivent mieux en ayant

un carburant fortement taxé que, disons, les ménages américains qui bénéficient toujours de prix plus bas. Après tout, l'augmentation absolue du prix du brut est entièrement répercutée dans le prix à la pompe, comme elle l'est aux États-Unis, la présence de la TIPP ayant pour seule conséquence le fait qu'elle représente en France une augmentation beaucoup plus faible en pourcentage.

La TIPP stabilise le prix à la pompe et ainsi les bénéfices globaux que la France tire de l'utilisation du pétrole. Mais elle réduit aussi systématiquement ces bénéfices. Même si l'on admet qu'une forte aversion au risque amène à préférer une situation nettement moins bonne en moyenne, mais également moins variable, le raisonnement ne peut amener à préférer une situation toujours moins bonne.

La réduction de la volatilité ne suffirait donc évidemment pas à justifier une forte TIPP. Mais, comme nous l'avons vu, celle-ci doit aussi être considérée comme une taxe utile répondant à des objectifs propres. Le bilan global de l'existence de la TIPP est donc positif, et son rôle protecteur en est bien un élément.

Faut-il accentuer encore le rôle protecteur de la TIPP en la faisant flotter ? Cette mesure appliquée temporairement en 2000-2002 consistait à stabiliser le montant total des taxes pesant sur les carburants, la TIPP se modifiant de manière à compenser l'effet des variations du prix sur les recettes de la TVA.

Le système revient dans son principe à n'avoir en tout et pour tout qu'une accise fixe comme élément de taxation des produits pétroliers. Il fournit aux consommateurs une assurance implicite contre les variations du prix du pétrole. Il joue ainsi un rôle indubitablement positif, à condition bien sûr de ne pas mettre en cause la vérité des prix. Il ne s'agit pas d'atténuer le mouvement de hausse de prix du pétrole ni d'entraver les incitations à la réduction de la consommation qui l'accompagnent. Il s'agit simplement de réduire les fluctuations du prix, sans remettre en cause sa tendance générale.

La principale difficulté, est que ce système d'assurance reste neutre sur le plan budgétaire, c'est-à-dire soutenable du point de vue des finances publiques. L'expérience a montré qu'il n'est pas facile politiquement de faire remonter le niveau de la TIPP quand cela serait nécessaire. Il est donc difficile de neutraliser les effets sur le budget de l'État d'une TIPP flottante en alternant baisses et remontées de la taxe. Les engagements à le faire restent peu crédibles, ce qui a amené à faire disparaître cette mesure.

On envisage parfois d'aller encore plus loin en stabilisant le prix du carburant pour le consommateur et non pas seulement la taxe qu'il subit. La modulation de la TIPP devrait alors compenser non seulement celle des recettes de la TVA qui suivent l'évolution du cours du pétrole, mais les variations elles-mêmes de ce cours sans, de nouveau remettre en cause la

tendance de moyen terme. Une telle régulation du prix n'est pas possible de manière isolée. Elle aurait de très mauvais effets incitatifs sur les pays exportateurs de pétrole. Ils seront incités à augmenter au maximum leur prix s'ils savent que cela n'affectera pas le prix pour le consommateur et ne réduit donc pas la demande. Les pays producteurs seraient ainsi en position de capter toute la rente associée au prix cible choisi.

Préconisation (V)

Préparer une réforme en profondeur de la fiscalité énergie-environnement au niveau français et au niveau européen. L'imposition ne doit pas biaiser indûment les choix énergétiques en une période où des substitutions entre sources d'énergie peuvent être justifiées, par exemple, au profit du gaz dont le prix relatif pourrait baisser. Elle doit inclure une composante carbone reflétant fidèlement les émissions de gaz à effets de serre. Ceci impose, par exemple, de réduire les écarts entre la taxation de l'essence et du gazole ou des carburants et du fioul domestique.

La transition vers un nouveau régime fiscal n'est évidemment pas facile économiquement et socialement. Il n'est pas possible d'exonérer les professions grosses consommatrices d'énergie (chauffeurs routiers, pêcheurs, agriculteurs...). Ces professions n'auraient alors aucune incitation à se moderniser. Il est beaucoup plus efficace de les aider à investir dans des matériels économes en énergie. La réforme devrait aussi s'accompagner de transferts en faveur des bas revenus, distribués sur une base personnelle, indépendante des consommations énergétiques, pour ne pas annuler les effets incitatifs.

4.6. Utilisation de l'avantage comparatif de la France dans la production d'automobiles économes en carburant

Comment transformer la hausse du prix du pétrole en un atout pour le secteur automobile français ?

Le tableau 23 montre que les constructeurs français (avec Volkswagen, Opel, Hyundai, Skoda, Fiat, Mazda, Toyota) font partie de ceux qui offrent les modèles avec les consommations de carburant et les émissions de CO₂ les plus faibles.

L'objectif de l'Union européenne est que les émissions de CO₂ des nouvelles voitures ne dépassent pas 120 g/km à partir de 2012. Le tableau 24 montre que les constructeurs français sont très bien placés par rapport à ces réglementations.

23. Consommation moyenne des voitures par marque

	Consommation			CO ₂ (g/km)	Pays
	urbaine	non urbaine	mixte		
Volkswagen	4,9	3,2	3,8	99	Allemagne
Smart	4,5	3,6	3,8	101	Allemagne
Opel	5,3	3,4	4,1	109	Allemagne
Mini	4,9	3,6	4,1	109	Allemagne
Audi	7,8	4,9	5,9	140	Allemagne
BMW	8,3	5,3	6,4	152	Allemagne
Mercedes AMG	20,9	9,2	13,4	319	Allemagne
Mercedes Benz	8,5	6,0	6,9	166	Allemagne
Hyundai	5,1	3,6	4,1	109	Corée
Kia	8,0	5,2	6,3	166	Corée
Skoda	5,3	3,4	4,1	109	Espagne
Seat	8,0	5,6	6,5	172	Espagne
Ford	5,3	3,5	4,2	110	États-Unis
Chrevrolet	7,2	4,6	5,5	132	États-Unis
Chrysler	10,8	6,6	8,1	215	États-Unis
Daimler	17,9	8,7	12,1	289	États-Unis
Dodge	8,2	5,1	6,2	170	États-Unis
Jeep	11,7	7,5	9,0	242	États-Unis
Citroën	5,3	3,4	4,1	109	France
Peugeot	5,4	3,7	4,3	112	France
Renault	4,9	3,8	4,2	111	France
Dacia	9,6	5,4	7,0	165	France
Fiat	5,3	3,6	4,2	110	Italie
Alfa-Romeo	11,3	6,4	8,2	196	Italie
Lancia	8,7	5,4	6,6	156	Italie
Mazda	5,1	3,5	4,1	107	Japon
Toyota	5,1	3,6	4,1	109	Japon
Daihatsu	7,7	5	6,0	140	Japon
Honda	9,4	5,9	7,2	170	Japon
Nissan	16,8	8,8	11,7	280	Japon
Mutsibishi	5,9	3,9	4,6	121	Japon
Suzuki	10,2	7,1	8,2	195	Japon
Aston Martin	24,1	10,6	15,6	368	Royaume-Uni
Bentley	28,8	14,1	19,5	465	Royaume-Uni
Jaguar	17,9	8,7	12,1	289	Royaume-Uni
Land Rover	11,1	8,1	9,2	244	Royaume-Uni
Lada	8,9	5	6,4	160	Russie
Saab	11,9	6,5	8,5	205	Suède
Volvo	9,3	5,7	7,0	167	Suède

Sources : ADEME et Natixis.

24. Progrès à faire par les constructeurs pour satisfaire les règles d'émission de 120 g/km de CO₂

	2012
PSA Peugeot-Citroën	16
Renault	20
Fiat	22
Toyota	25
Honda	25
GM	28
Ford	30
Volkswagen	31
Hyundai	32
Nissan	38
Suzuki	41
Mitsubishi	41
Mazda	43
BMW	45
Daimler Chrysler	46
Subaru	81
Porsche	138

Sources : ADEME et Natixis.

Différentes mesures peuvent être prises pour renforcer cet avantage comparatif.

Préconisations (VI)

1. Rendre pérenne la « prime à la casse » en en faisant non un instrument contracyclique de soutien des ventes de voitures, comme cela a été le cas en Allemagne et en France, mais un instrument structurel de rajeunissement de l'âge du parc automobile. Les ménages seraient ainsi incités à remplacer leurs voitures anciennes par des voitures neuves peu « gourmandes ». Une mesure analogue pourrait être envisagée pour les camions.

Ceci ne devrait pas conduire à un accroissement de la circulation automobile et donc des émissions de CO₂ mais, bien au contraire, à une diminution des émissions. Les constructeurs nationaux positionnés sur le créneau seraient bien placés pour bénéficier de la mesure qui pourrait ainsi s'autofinancer dans une large mesure.

2. Accélérer et durcir les mesures poussant les ménages vers les voitures peu consommatrices : normes d'émissions de CO₂, péages en centre-ville pour les « grosses » voitures, bonus-malus.

Annexe

Effets de la hausse du prix du pétrole dans un modèle agrégé

1. Le cadre comptable

Le pétrole est importé et constitue, pour une partie E_1 , une consommation intermédiaire des entreprises et, pour une partie E_2 , une consommation finale des ménages. Un bien national unique est produit avec du capital, du travail et du pétrole.

On note p_Q le prix du bien national et p_E celui du pétrole.

La valeur ajoutée nominale Y^{nom} est la différence entre la valeur de la production et celle des importations de pétrole : $p_Q Q = Y^{nom} + p_E E_1$.

On désigne par γ_1 la part de la facture pétrolière dans la production, et la part de la valeur ajoutée est donc $1 - \gamma_1$.

La valeur ajoutée constitue le revenu des ménages et finance leur consommation de bien national et leurs achats de pétrole : $Y^{nom} = p_Q C + p_E E_2$.

On désigne par γ_2 la part de la consommation finale de pétrole dans la production, sa part dans la valeur ajoutée étant alors $\gamma_2 / (1 - \gamma_1)$. La part totale du pétrole dans la production est $\gamma = \gamma_1 + \gamma_2$.

2. La production nationale consommée ou exportée

La production nationale est consommée nationalement ou exportée $Q = C + Exp$ et la balance commerciale est équilibrée :

$$p_Q Exp = p_E (E_1 + E_2) = p_E Im p$$

Ce cadre d'analyse est évidemment très simplifié. Il n'y a pas d'autres sources d'énergie que le pétrole et celui-ci constitue le seul poste d'importation. On néglige l'investissement et la demande intérieure se réduit à la

consommation. Ce cadre simplifié nous permet pourtant d'obtenir des ordres de grandeur des effets d'un choc pétrolier en cernant les problèmes de mesure qu'ils posent.

3. Trois mesures de la valeur ajoutée réelle

La variation relative du revenu nominal $Y^{nom} = p_Q Q - p_E E_1$ s'exprime de la manière suivante :

$$\frac{dY^{nom}}{Y^{nom}} = \frac{p_Q Q}{Y^{nom}} \left(\frac{dp_Q}{p_Q} + \frac{dQ}{Q} \right) - \frac{p_E E_1}{Y^{nom}} \left(\frac{dp_E}{p_E} + \frac{dp_{E_1}}{p_{E_1}} \right)$$

soit, en explicitant le poids du pétrole et en désignant par dl une variation relative :

$$dl Y^{nom} = \frac{1}{1-\gamma_1} (dl p_Q + dl Q) - \frac{\gamma_1}{1-\gamma_1} (dl p_E + dl E_1)$$

Le calcul d'un revenu réel et de ses variations nécessite celui d'un déflateur.

La méthode la plus simple, dans notre cadre d'analyse, consiste à utiliser le prix de la production comme déflateur. On obtient ainsi une première mesure :

$$dl Y^P = dl Y^{nom} - dl p_Q$$

$$\text{soit : } dl Y^P = \frac{1}{1-\gamma_1} dl Q - \frac{\gamma_1}{1-\gamma_1} dl E_1 - \frac{\gamma_1}{1-\gamma_1} (dl p_E - dl p_Q)$$

Une seconde méthode consiste à déflater par le prix de la valeur ajoutée, c'est-à-dire par le prix du PIB.

En utilisant comme pondérations les parts de la valeur ajoutée et des consommations de pétrole dans la production, on est amené à définir de manière implicite la variation du prix du PIB de la manière suivante :

$$dl p_Q = (1-\gamma_1) dl p_{PIB} + \gamma_1 dl p_E$$

$$\text{soit : } dl p_{PIB} = \frac{1}{1-\gamma_1} dl p_Q - \frac{\gamma_1}{1-\gamma_1} dl p_E$$

On en déduit la variation réelle du PIB :

$$dl PIB = dl Y^{nom} - dl p_{PIB} = \frac{1}{1-\gamma_1} dl Q - \frac{\gamma_1}{1-\gamma_1} dl E_1$$

On peut, enfin, prendre le point de vue des consommateurs et déflater la valeur ajoutée, c'est-à-dire le revenu national, par un indice du prix de la demande intérieure.

On définit les variations du prix de la demande intérieure en utilisant comme pondérations les parts de la consommation de biens et de celle de pétrole dans le revenu :

$$dl p_D = \left(1 - \frac{\gamma_2}{1 - \gamma_1}\right) dl p_Q + \frac{\gamma_2}{1 - \gamma_1} dl p_E$$

Les variations de la valeur ajoutée déflatée par le prix de la demande intérieure sont alors décrites par la relation suivante :

$$dl Y^D = dl Y^{nom} - dl p_D$$

$$dl Y^D = \frac{1}{1 - \gamma_1} dl Q - \frac{\gamma_1}{1 - \gamma_1} dl E_1 - \frac{\gamma}{1 - \gamma_1} (dl p_E - dl p_Q)$$

Ces trois mesures présentent chacune un intérêt propre et fournissent ensemble une bonne description des effets des variations du prix du pétrole.

4. Les effets de court terme d'un choc pétrolier dans un cadre concurrentiel

La production nationale est décrite par une fonction de production à rendements d'échelle constants : $Q = F(K, L, E_1)$.

Les quantités de facteurs nationaux, capital et travail, sont considérées comme données à court terme. La demande de pétrole des entreprises découle de l'égalisation de sa productivité marginale et de son prix exprimé en termes de biens produits, soit : $dQ / dE_1 = p_E / p_Q$ ou encore : $dl Q = \gamma_1 dl E_1$.

Les formules précédentes nous permettent alors d'évaluer, selon nos trois mesures, la variation réelle de la valeur ajoutée. Nous allégeons les notations en normalisant dorénavant à l'unité le prix des biens produits, ce qui annule la variation de son prix, soit : $dl p_Q = 0$.

$$\text{On obtient ainsi : } dl Y^p = - \frac{\gamma_1}{1 - \gamma_1} dl p_E$$

$$dl PIB = 0$$

$$dl Y^D = - \frac{\gamma}{1 - \gamma_1} dl p_E$$

Dans les trois cas, l'impact est le même que si ni la production ni les importations de pétrole n'avaient changé, c'est-à-dire si l'économie ne s'était pas adaptée à la variation du prix du pétrole. Ce résultat bien connu en microéconomie ne vaut que dans un cadre parfaitement concurrentiel et pour de petites variations du prix du pétrole. Il n'a donc qu'une valeur de référence. Mais il nous fournit des ordres de grandeur.

4.1. La valeur ajoutée

La valeur ajoutée Y^p mesurée en termes de biens produits diminue quand le prix du pétrole augmente, et l'ampleur de la baisse est déterminée par la part des *inputs* de pétrole dans la valeur ajoutée nationale. Une facture pétrolière plus élevée diminue la valeur ajoutée qui peut être distribuée. Elle conduit à une baisse, en termes de biens produits, des rémunérations des facteurs nationaux, capital et travail.

Appelons en effet $r + \mu$ la rémunération du capital, somme du taux d'intérêt réel et du taux de dépréciation du capital, et w le salaire réel. Appelons α et β les parts de ces deux facteurs dans la production, γ_1 désignant toujours la part du pétrole, troisième facteur de production. On a donc $\alpha + \beta + \gamma_1 = 1$.

La frontière des prix des facteurs relie les rémunérations des trois facteurs et s'écrit : $\alpha dl (r + \mu) + \beta dl w + \gamma_1 dl p_E = 1$.

On en déduit :

$$dl Y^p = -\frac{\gamma_1}{1-\gamma_1} dl p_E = \frac{\alpha}{\alpha+\beta} dl (r+\mu) + \frac{\beta}{\alpha+\beta} dl w$$

La variation de la valeur ajoutée mesurée en termes de biens produits est donc une moyenne pondérée des variations des rémunérations du capital et du travail. Elle met donc en évidence le caractère négatif d'un choc pétrolier et la diminution de la capacité de l'économie à distribuer des richesses qui en découle.

4.2. La variation du volume du PIB

La variation du volume du PIB ne change pas lors d'un choc pétrolier. Tout l'impact du choc porte sur le prix du PIB et la valeur ajoutée déflatée par son prix ne change donc pas. On peut interpréter ce résultat en considérant qu'un choc pétrolier, à quantités de facteurs nationaux donnés, ne change pas véritablement la capacité de création de richesse de l'économie. Ce résultat, en tous cas, est conforme aux principes du calcul du volume du PIB dans la Comptabilité nationale⁽¹⁾.

(1) Cette définition du PIB et du prix du PIB n'est autre que la définition cohérente d'indices de Divisia de volume et de prix, pondérés par les mêmes parts en valeur. Le problème est que cette cohérence n'est assurée que pour des variations infinitésimales. Son utilisation pour des variations non infinitésimales fait apparaître les problèmes d'indices bien connus.

Pour les variations infinitésimales que nous considérons, nous pouvons écrire :

$$\begin{aligned} dl Y^{nom} &= \frac{1}{1-\gamma_1} (dl p_Q + dl Q) - \frac{\gamma_1}{1-\gamma_1} (dl p_E + dl E_1) \\ &= \left(\frac{1}{1-\gamma_1} dl p_Q - \frac{\gamma_1}{1-\gamma_1} dl p_E \right) + \left(\frac{1}{1-\gamma_1} dl Q - \frac{\gamma_1}{1-\gamma_1} dl E_1 \right) \\ &\stackrel{def}{=} dl p_{PIB} + dl PIB \end{aligned}$$

4.3. La variation de la valeur ajoutée

Enfin, la variation de la valeur ajoutée Y^D déflatée par le prix de la demande intérieure est plus forte que celle de la valeur ajoutée mesurée en termes de biens produits, puisqu'elle fait intervenir le poids total γ de la facture pétrolière et non pas seulement celui, γ_I , des *inputs* pétroliers. Cette variation mesure en effet la variation du bien-être des ménages⁽²⁾. Sa baisse après un choc pétrolier tient à la fois à celle de la valeur ajoutée réelle, mesurée en termes de biens produits, et à la réduction du pouvoir d'achat des ménages, du fait de la hausse du prix de leurs consommations pétrolières.

5. Un agrégat capital-travail

Contrairement aux résultats précédemment obtenus, l'impact du prix du pétrole sur la demande d'énergie et sur les rémunérations dépend de la fonction de production retenue, et plus spécifiquement des hypothèses faites en matière de substitution entre les trois facteurs de production.

Une première possibilité consiste à retenir une fonction de production emboîtée faisant intervenir un agrégat capital-travail : $Q = G(V(K, L), E_I)$.

Les deux fonctions G et V sont à rendements constants.

L'agrégat $V(K, L)$ représente alors le PIB en volume et il est alors particulièrement clair qu'il ne se modifie pas si le niveau de pétrole utilisé change sans que les facteurs capital et travail ne changent.

On obtient alors :

$$\begin{aligned} dl Q &= (\alpha + \beta) dl V + \gamma_I dl E_I = \alpha dl K + \beta dl L + \gamma_I dl E_I \\ (\alpha + \beta) dl p_V + \gamma_I dl p_E &= 0 \end{aligned}$$

L'égalisation des productivités marginales et des coûts des facteurs conduit aux relations suivantes, qui font intervenir l'élasticité de substitution capital-travail $\sigma_V = \sigma_{KL}$ et l'élasticité de substitution $\sigma_G = \sigma_{(KL)E}$ entre l'agrégat capital-travail et l'énergie⁽³⁾.

(2) Avec une fonction d'utilité $U(C, E_2)$ homogène de degré un, le niveau d'utilité atteint est proportionnel au revenu nominal déflaté par le prix de la demande intérieure, c'est-à-dire à Y^D .

(3) Les formules qui suivent et les élasticités de substitution qui y interviennent ont une validité locale. Il n'est pas besoin de supposer que G et V soient des fonctions CES.

$$dl p_E = \frac{\alpha + \beta}{\sigma_{(KL)E}} (dl V - dl E_1) = \frac{1}{\sigma_{(KL)E}} (\alpha dl K + \beta dl L - (\alpha + \beta) dl E_1)$$

$$dl w = dl p_V + \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \frac{1}{\sigma_{KL}} (dl K - dl L) = -\frac{\gamma_1}{1 - \gamma_1} dl p_E + \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \frac{1}{\sigma_{KL}} (dl K - dl L)$$

$$dl (r + \mu) = -\frac{\gamma_1}{1 - \gamma_1} dl p_E - \frac{\beta}{\alpha + \beta} \frac{1}{\sigma_{KL}} (dl K - dl L)$$

Ces relations permettent d'étudier successivement les effets d'une variation du prix du pétrole :

- à K et L donnés, ce qui décrit la situation de court terme concurrentiel, considérée dans le texte ;
- à K et w donnés, ce qui décrit la situation de court terme réaliste ;
- à r et L donnés, ce qui décrit la situation de long terme.

6. Un agrégat capital-énergie

Considérons alternativement une fonction de production :

$$Q = G(V(K, L, E_1), L)$$

faisant intervenir un agrégat capital-énergie. Les coefficients α , β et γ représentent toujours les parts des trois facteurs dans la production.

Les formules deviennent :

$$dl Q = (\alpha + \gamma_1) dl V + \beta dl L = \alpha dl K + \gamma_1 dl E_1 + \beta dl L$$

$$(\alpha + \gamma_1) dl p_V + \beta dl w = 0$$

$$dl w = \frac{\alpha + \gamma_1}{\sigma_{(KE)L}} (dl V - dl L) = \frac{1}{\sigma_{(KE)L}} [\alpha dl K + \gamma_1 dl E_1 - (\alpha + \gamma_1) dl L]$$

$$dl p_V = -\frac{\beta}{\sigma_{(KE)L}} (dl V - dl L) = -\frac{\beta}{\alpha + \gamma_1} \frac{1}{\sigma_{(KE)L}} [\alpha dl K + \gamma_1 dl E_1 - (\alpha + \gamma_1) dl L]$$

$$dl p_E = dl p_V + \frac{\alpha}{\alpha + \gamma_1} \frac{1}{\sigma_{KE}} (dl K - dl E_1)$$

$$dl p_E = \frac{1}{(\alpha + \gamma_1) \sigma_{KE} \sigma_{(KE)L}} [\alpha (\sigma_{(KE)L} - \beta \sigma_{KE}) dl K - (\alpha \sigma_{(KE)L} + \beta \gamma_1 \sigma_{KE}) dl E_1] + \frac{\beta}{\sigma_{(KE)L}} dl L$$

$$dl w = \frac{\alpha (\alpha + \gamma_1)}{\alpha \sigma_{(KE)L} + \beta \gamma_1 \sigma_{KE}} (dl K - dl L) - \frac{\gamma_1 (\alpha + \gamma_1) \sigma_{KE}}{\alpha \sigma_{(KE)L} + \beta \gamma_1 \sigma_{KE}} dl p_E$$

L'impact du prix du pétrole sur le salaire réel est toujours négatif, mais il l'est d'autant moins que le travail est substituable à l'agrégat capital-énergie. D'autres spécifications permettraient d'obtenir un effet positif du prix du pétrole sur le salaire réel. Il suffit de penser au cas où le travail serait parfaitement substituable au pétrole, mais ce cas n'est guère réaliste.

Références bibliographiques

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) (2008) : « Maîtrise de l'énergie et développement des énergies renouvelables », *ADEME&vous Stratégie et Études*, n° 13, juillet.
- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) (2009) : « Fiscalité comparée de l'énergie et du CO₂ en Europe et en France », *ADEME&vous Stratégie et Études*, n° 20, 8 juillet.
- Agence internationale de l'énergie (AIE) (2006) : *World Energy Outlook*, OCDE/AIE.
- Artus P. (2008) : « Le mystère du prix du pétrole », *Flash Marchés*, n° 587, 30 décembre.
- Artus P. et L. Fontagné (2006) : « Une analyse de l'évolution récente du commerce extérieur français » in *Évolution récente du commerce extérieur français*, Rapport du CAE, n° 64, La Documentation française.
- Barlet M. et L. Crusson (2009) : « Quel impact des variations du prix du pétrole sur la croissance française ? », *Économie et Prévision*, n° 188.
- Bénassy-Quéré A., A. Penot et V. Mignon (2008) : « China and the Relationship Between the Oil Price and the Dollar », *Energy Policy*, vol. 35, n° 11, pp. 5795-5805.
- Bernanke B., M. Gertler et M. Watson (1997) : « Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks », *Brookings Papers on Economic Activity*, n° 1.
- Blanchard O. et J. Gali (2007) : « The Macroeconomic Effects of Oil Price Shocks. Why are the 2000s so Different from the 1970s? » in *International Dimensions of Monetary Policy*, Gali et Gertler (eds), NBER Book.
- Boston Consulting Group (BCG) (2009) : *Réflexions sur le portefeuille de mesures Grenelle Environnement*.
- BP (2009) : *BP Statistical Review of World Energy*, juin.
- Broyer S. et C. Brunner (2009) : « Quel est le poids de l'automobile dans l'économie ? », *Natixis Flash Économie*, n° 176, 14 avril.
- Bruno M. et J. Sachs (1985) : *Economics of Worldwide Stagflation*, Harvard University Press.
- Caballero R.J., E. Farhi et P.O. Gourinchas (2008a) : « An Equilibrium Model of 'Global Imbalances' and Low Interest Rates », *American Economic Review*, vol. 98, n° 1, pp 358-393.

- Caballero R.J., E. Farhi et P.O. Gourinchas (2008b) : « Financial Crash, Commodity Prices, and Global Imbalances », *Brookings Papers on Economic Activity*, Fall, pp. 1-55.
- Callonnec G. et T. Gaudin et F. Moisan (2010) : « Le Grenelle de l'environnement et la croissance verte : le regard de l'ADEME sur les investissements visant les économies d'énergie et les énergies renouvelables » in *Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatil*, Rapport du CAE, n° 93, La Documentation française.
- Callonnec G., M. Wellhoff et D. Cherel (2008) : « Le poids des dépenses énergétiques dans le budget des ménages en France. Développer la maîtrise de l'énergie pour limiter les inégalités sociales », *ADEME&Vous*, n° 11, 3 avril.
- Cambridge Energie Research Associates (CERA) (2009) : *Market Briefing European Gas. An Evolving Balance: Supply and Pricing in a Low-Demand Europe*, HIS-CERA.
- Chevalier J-M. (2010) : *La volatilité des prix du pétrole*, Rapport du groupe de travail remis à la ministre de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi le 11 février.
- Chevalier J-M. et J. Percebois (2008) : *Gaz et électricité : un défi pour l'Europe et pour la France*, Rapport du CAE, n° 74, La Documentation française.
- Cifarelli G. et G. Paladino (2008) : « Oil Price Dynamics and Speculation. A Multivariate Financial Approach », *Université de Florence, Working Paper Series*, n° WP 2008-15.
- Clerc M. et V. Marcus (2010) : « Élasticités-prix des consommations énergétiques des ménages » in *Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatil*, Rapport du CAE, n° 93, La Documentation française.
- Commissariat général au développement durable (CGDD) (2009) : *Bilan énergétique de la France pour 2008*, mai.
- Commodity Futures Trading Commission-CFTC (2008) : *Interim Report on Crude Oil*, Washington DC, 18 juillet.
- Coudert V., V. Mignon et A. Penot (2007) : « Oil Price and the Dollar », *Energy Studies Review*, vol. 15, n° 2, pp. 48-65.
- Dao T.N., P. Nicholson, S. Ouliaris et H. Samiei (2005) : « Recent Developments in Commodity Markets », *IMF World Economic Outlook*, septembre, pp. 57-65.
- Direction générale de l'énergie et des matières premières (DGEMP) (2007) : *Bilan énergétique de la France pour 2007*.
- Direction générale de l'énergie et des matières premières (DGEMP) (2008) : *La facture énergétique de la France en 2008*.
- Fontagné L. et G. Gaulier (2008) : « Une analyse des différences de performance à l'exportation entre la France et l'Allemagne » in *Performances à l'exportation de la France et de l'Allemagne*, Rapport du CAE, n° 81, La Documentation française.

- Guesnerie R. et J.-C. Rochet (1993) : « (De)Stabilizing Speculation on Future Markets, an Alternative View Point », *European Economic Review*, vol. 37, n° 5, juin, pp. 1047-1063.
- Guesnerie R. (2003) : « les enjeux économiques de l'effet de serre » in *Kyoto et l'économie de l'effet de serre*, Rapport du CAE, n° 39, La Documentation française.
- Haigh M.S, J. Hranaiova et J.A. Overdahl (2005) : « Price Dynamics, Price Discovery and Large Futures Trader Interactions in the Energy Complex », *Staff Research Report*, Commodity Futures Trading Commission (CFTC), Washington DC, 29 avril.
- Hamilton J.D. (1996) : « This Is What Happened to the Oil Price-Macroeconomy Relationship », *Journal of Monetary Economics*, vol. 38, n° 2, pp. 215-220.
- Hamilton J.D. (2009) : « Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007-08 », *Brookings Papers on Economic Activity*, n° 1, pp. 215-261.
- Hartley P., K. Medlock et J. Rosthal (2008) : « The Relationship of Natural Gas to Oil Prices », *The Energy Journal*, vol. 29, n° 3, pp. 47-66.
- Hooker M.A. (1996) : « What Happened to the Oil Price-Macroeconomy Relationship? », *Journal of Monetary Economics*, vol. 38, n° 2, pp. 195-213.
- Hotelling H. (1931) : « The Economics of Exhaustible Resources », *Journal of Political Economy*, vol. 39, pp. 137-175.
- INSEE (2009) : *L'économie française. Comptes et dossiers*, juin.
- Jackson P., J. Burkhard et J. Craig (2009) : *The Long Aftershock*, Cambridge Energy Research Associates (CERA-IHS), mars.
- Kalantzis Y. et C. Klein (2010) : Évaluation de l'impact macroéconomique d'une hausse du prix du pétrole de 20 % à l'aide des modèles Mésange et Nigem » in *Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatil*, Rapport du CAE, n° 93, La Documentation française
- Kilian L. (2006) : « Understanding the Effects of Exogenous Oil Supply Shocks », *CESifo Forum*, vol. 7, n° 2, pp. 21-27.
- Klein C. et O. Simon (2010-2) : *Le modèle Mésange nouvelle version réestimée en base 2000*, Direction générale du Trésor et de la politique économique (DGTPE), ministère de l'Économie, des Finances et de l'Emploi.
- Krugman P. (2008) : *The Oil Nonbubble*, Blog New York Times, 12 mai, 'Fuel on the Hill', 27 juin.
- Lalanne G., E. Pouliquen et O. Simon (2010) : « Prix du pétrole et croissance potentielle à long terme » in *Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatil*, Rapport du CAE, n° 93, La Documentation française.

- Le Barbanchon T. (2007) : « The Changing Response to Oil Price Shocks in France: A DSGE Type Approach », *Direction des études et synthèses économiques (INSEE) Document de Travail*, n° G 2007/07, octobre.
- Lescaroux F. et V. Mignon (2008) : « Déterminants du prix du pétrole et impacts sur l'économie », *Revue Française d'Économie*, vol. XXIII, pp. 179-214.
- Lescaroux F. et V. Mignon (2010) : « La transmission de la variation du prix du pétrole à l'économie » in *Les effets d'un prix du pétrole élevé et volatil*, Rapport du CAE, n° 93, La Documentation française.
- Méot T. (2009), « L'industrie automobile en France depuis 1950 : des mutations à la chaîne », *L'économie française. Comptes et dossiers*, INSEE.
- Mignon V. (2009) : « Les liens entre les fluctuations du prix du pétrole et du taux de change du dollar », *Revue d'Économie Financière*, n° 94, pp. 187-195.
- Ohana S. (2006) : *New Dependence Model for the Evolution of Commodity Forward Curves: Application to the US Gas and Oil Markets*, Thèse de Doctorat en Finance, Université de Paris-Dauphine.
- Percebois J. (2009) : « Prix internationaux du pétrole, du gaz naturel, de l'uranium et du charbon : la théorie économique nous aide-t-elle à comprendre les évolutions ? », *Cahier du CREDEN, Université de Montpellier 1*.
- Raymond J.E. et R.W. Rich (1997) : « Oil and the Macroeconomy: A Markov State-Switching Approach », *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 29, n° 2, pp. 193-213.
- Reitz S. et U. Slopek (2009) : « Non-Linear Oil Price Dynamics: A Tale of Heterogeneous Speculators ? », *German Economic Review*, vol. 10, n° 3, pp. 270-283.
- Rotemberg J.J. et M. Woodford (1991) : « Markups and the Business Cycle », *NBER Macroeconomics Annual*.
- Rotemberg J.J. et M. Woodford (1996) : « Imperfect Competition and the Effects of Energy Price Increases on Economic Activity », *Journal of Money, Credit & Banking*, n° 28, pp. 549-577.
- Schubert K. (2009) : « Pour la taxe carbone : la politique économique face à la menace climatique », *CEPREMAP, Éd. ENS rue d'Ulm*, Opuscule n° 18.
- Shiller R.J. (2003) : « From Efficient Markets to Behavioral Finance », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 17, n° 1.
- Shleifer A. (2000) : *Clarendon Lectures: Inefficient Markets*, Oxford University Press.
- Tirole J. (2009) : *Politique climatique, une nouvelle architecture internationale*, Rapport du CAE, n° 87, La Documentation française.
- Union française des industries pétrolières (UFIP) (2009) : *Enquête 2009*.

- Weiner R. (2002) : « Sheeps in Wolves Clothing? Speculators and Price Volatility in Petroleum Futures », *Quarterly Review of Economic and Finance*, n° 42, pp. 391-400.
- Yergin D. (2009) : *Why Oil Still Has a Future*, Cambridge Energy Research Associates, IHS-CERA.
- Zagamé P. (2008) : *Modèles de l'énergie et nouvelles théories du progrès technique*, Communication au Conseil français de l'énergie, décembre.

Membres du groupe de travail^(*)

Olivier Appert

Président du Conseil d'administration de l'Institut français du pétrole (IFP)

Nathalie Alazard-Toux

Directeur Économie et veille, Institut français du pétrole (IFP)

Dominique Auverlot

Directeur du Département de la recherche, des technologies et du développement durable, Centre d'analyse stratégique

Alexandre Baclet

Économiste à la Direction des études macroéconomiques et des synthèses internationales, Banque de France

Mahdi Ben Jelloul

Chargé de mission, Centre d'analyse stratégique

Xavier Bonnet

Sous-directeur Diagnostic et prévisions macroéconomiques, DGTPE, ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi

Baptiste Boitier

Chercheur, École centrale de Paris

Dominique Bureau

Délégué général du Commissariat général au développement durable, MEEDATT

Paul Cahu

Adjoint au chef du Bureau politiques macroéconomiques France, DGTPE, ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi

Gaël Callonnec

Économiste, ADEME

Marie-Émilie Clerc

Chargée d'études économiques, INSEE

Patrick Criqui

Directeur de recherche, CNRS, Université de Grenoble

Michel Didier

Président de COE-Rexecode

Anne Épaulard

Sous-directrice Analyse macroéconomique, DGTPE, ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi

Hélène Erkel-Rousse

Chef de la Division croissance et politiques macroéconomiques, INSEE

Benjamin Gallezot

Conseiller pour les Affaires industrielles, Cabinet du ministre de la Défense

(*) Situation au moment de leur participation au groupe de travail.

Pauline Givord

Chef de la division Marchés et stratégies d'entreprises, INSEE

Alain Henriot

Directeur délégué, COE-Rexecode

Didier Houssin

Directeur chargé du Marché pétrolier et des mesures d'urgence, Agence internationale de l'énergie

Pierre Jaillet

Directeur général des Études et relations internationales, Banque de France

Gilles Koleda

Responsable des études, COE-Rexecode

Guy Lalanne

Chargé d'études, INSEE

Pierre Le Mouel

Chargé de recherche, École centrale de Paris

Vincent Lapegue

Chargé d'études, INSEE

François Lescaroux

Expert pétrole et produits pétroliers, GdF-Suez

Vincent Marcus

Chargé d'études, INSEE

Guy Maisonnier

Ingénieur économiste, Institut français du pétrole (IFP)

Valérie Mignon

Conseiller scientifique, CEPPII et professeur, Université Paris-Ouest-Nanterre-La Défense

François Moisan

Directeur exécutif de la Stratégie et de la recherche, ADEME

Michel Moreaux

Professeur d'économie, Université des Sciences sociales de Toulouse

Hervé Pouliquen

Chargé de mission Énergie, Centre d'analyse stratégique

Frédéric Reynes

Chercheur au Département d'économie environnementale, Institute for Environmental Studies, Université de Boelelaan, Amsterdam

Olivier Simon

Chargé d'études, INSEE

Javier Yaniz-Igal

Chef d'unité adjoint, Direction des affaires économiques et financières, Commission européenne

Yasser Yeddar-Tamsamani

Économiste, Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE)

Paul Zagamé

Professeur en sciences économiques, Université de Paris I

Personnes auditionnées^(*)

Pierre-Marie Abadie

Directeur de l'Énergie, ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

Pierre Blayau

Directeur général délégué de la Branche transport et de la logistique, Géodis SNCF

François Carlier

Directeur adjoint des études et de la communication, UFC-Que choisir

Bertrand Delcaire

Conseiller en stratégie, Direction stratégie et développement, Air France

Jean-Marc Fournel

Conseiller en stratégie, Direction stratégie et développement, Air France

Richard Lavergne

Secrétaire général, Observatoire de l'énergie, ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer

Jean-Jacques Mosconi

Directeur Stratégie et plan, Total

Bernard Saint-André

Directeur de la Stratégie, des marchés de l'énergie et du marketing, Dalkia France

Frédéric Saint-Geours

Ancien directeur général de PSA Peugeot-Citroën, Président de l'Union des industries et métiers de la métallurgie (UIMM)

Didier Sire

Executive Vice-President Strategy de la branche Énergie Europe et international, GdF-Suez

Jean-Pierre Vignes

Directeur Contrôle des coûts France, groupe Carrefour

(*) Situation au moment de leur audition.

Commentaire

Benoît Cœuré

Directeur général adjoint du Trésor

Le rapport de Patrick Artus, Antoine d'Autume, Philippe Chalmin et Jean-Marie Chevalier dresse un panorama complet et stimulant des questions économiques posées par les variations du prix du pétrole. Les auteurs apportent un certain nombre d'éclairages sur les effets à attendre d'une augmentation conséquente du prix des hydrocarbures sur l'économie française, et ce à différents niveaux d'analyse : quels sont ses effets macroéconomiques ? Quels sont les secteurs d'activité les plus sensibles au choc pétrolier ? Quelles sont les catégories de ménages les plus exposées ? Le rapport propose aussi une analyse fine des déterminants du prix du pétrole et du rôle qu'a pu avoir la spéculation dans sa volatilité récente. Des propositions d'actions pour les pouvoirs publics sont présentées, certaines en concertation avec nos partenaires économiques, d'autres sont susceptibles d'être mise en œuvre indépendamment des actions de nos partenaires. Même sans souscrire à la totalité des analyses qui sont développées et aux recommandations qui en découlent, ce rapport est d'une lecture tout à fait stimulante.

1. Évolution du prix du pétrole : déterminants de l'offre et de la demande de pétrole

Il est risqué de se prononcer sur ce que sera le prix du baril de pétrole dans vingt ans. Les auteurs présentent une comparaison de projections du prix du pétrole effectuées par différents instituts (Agence internationale de l'énergie, Deutsche Bank, IHS Global Insight...). Elle permet de montrer que se dégagent globalement deux scénarios d'évolution future du prix du pétrole : un scénario où le prix du pétrole se situe à environ 70 dollars en 2030 et un scénario où le prix du pétrole atteint environ 120 dollars à ce même horizon. Évidemment, le prix du pétrole à si long terme reflétera l'état de l'offre et de la demande à cet horizon. À cet égard, le rapport nous

semble optimiste sur les réserves à découvrir, et un peu pessimiste sur la capacité du monde à réduire sa demande de pétrole. La fourchette pour le prix nous semble donc plausible, mais dans un scénario où à la fois l'offre et la demande sont significativement plus faibles.

Du côté de l'offre, *le rapport se montre relativement optimiste quant aux réserves de pétrole prouvées et récupérables aux conditions techniques et économiques du moment*. Selon les auteurs, il n'y aurait pas de véritable crainte à avoir du côté offre à moyen terme, et la demande ne devrait pas venir buter sur le caractère limitatif des réserves. Les auteurs notent néanmoins que la transformation des réserves et le rythme de transformation (investissements et progrès technologique) sont des aspects bien plus importants à considérer que l'existence des réserves elle-même. L'hypothèse implicite des auteurs est une évolution du rythme des découvertes similaires à celle des années quatre-vingt (avec la mise en exploitation des champs de la Mer du Nord, du Golf du Mexique, du Golfe de Guinée et du Canada). Mais il n'est pas certain que l'avenir réserve de telles découvertes. Certes des innovations technologiques pourraient permettre de maintenir un tel rythme de découvertes de réserves. Cette hypothèse mériterait donc d'être comparée à celles d'autres organismes (IFP, AIE, Total), souvent moins optimistes.

S'ils sont optimistes sur l'offre à venir, les auteurs sous-estiment probablement les efforts qui seront faits pour limiter la demande. Notamment, la demande de pétrole dans le monde sera probablement limitée par la réduction (voire la suppression) des subventions aux énergies fossiles actuellement en discussion dans le cadre du G20 (l'Inde modifie actuellement son système de subventions en ce sens) : l'AIE évalue que si la totalité des subventions à la consommation d'énergies fossiles (557 milliards de dollars en 2008) était supprimée à l'horizon 2020, la demande d'énergie diminuerait de 5,8 % et la demande de pétrole se réduira de 6,5 millions de barils par jour⁽¹⁾. De même le développement des énergies alternatives lié au volontarisme des politiques énergétique (comme le « paquet climat » européen) est de nature à réduire significativement la consommation de pétrole.

Les économies sont affectées non seulement par la hausse tendancielle du prix du pétrole mais aussi par les fluctuations, souvent importantes, de ce prix comme l'a montré la rapide hausse de l'année 2008 et la baisse de l'année 2009. Il est courant de pointer le rôle de la spéculation dans cette volatilité. Le débat sur la part de la spéculation dans la volatilité du prix du baril est un sujet difficile mais important. Les auteurs rendent compte du manque de consensus entre les économistes sur cette question, même si le message implicite est que la plus grande partie de la volatilité s'explique davantage par les fondamentaux physiques que par la spéculation.

(1) Cf. <http://www.worldenergyoutlook.org/subsidies/>

Pour limiter la volatilité, les auteurs rappellent la nécessité du dialogue producteurs-consommateurs qui rendrait l'évolution du prix du pétrole plus prévisible. Il convient effectivement de combler les lacunes en matière d'information à la fois sur le plan physique (notamment initiative JODI) et sur le plan financier (*reporting*). Les auteurs recommandent d'améliorer l'organisation et l'efficacité des marchés européens de produits raffinés.

Il convient de rappeler que ces recommandations doivent s'intégrer dans un contexte plus général de réflexion sur la régulation des marchés de produits de base :

- dans la filière G20, poursuite des travaux de la *task-force* de l'IOSCO on *Commodity Futures Markets* : suite à la remise d'un premier rapport en mars 2009, la *task-force* a remis un état des lieux de ses travaux aux *leaders* à Toronto (essentiellement un recensement des pouvoirs des différentes autorités de régulation, notamment en termes de limites de position). La déclaration de Toronto est cependant peu allante sur les enjeux de régulation des marchés dérivés de matières premières, qui devrait constituer un des points portés haut à l'agenda de la Présidence française du G20 ;

- à cet égard, la France a initié depuis plusieurs mois une réflexion sur le sujet : rapports Perrin (produits agricoles), Chevalier (pétrole), Prada (CO₂). Sur cette base, le ministre s'est récemment exprimé en faveur d'un texte européen sur la régulation des marchés dérivés de matières premières et souhaite faire parvenir rapidement des propositions à la Commission européenne⁽²⁾. La pleine prise en compte du sujet en Europe nous mettrait en position de le faire progresser au G20.

(2) Cf. tribune de Christine Lagarde du 21 juin 2010 dans *Les Échos*. Elle y expose cinq axes qui pourraient servir de base de réflexion à une législation européenne :

- le texte devra couvrir l'ensemble des dérivés de matières premières ou assimilés ;
- aucun acteur ne devra échapper à la surveillance et à la régulation de ces marchés ;
- un régime de sanction et de répression des abus de marché devra être clairement établi ;
- la transparence et l'encadrement des marchés dérivés de gré à gré devront être assurés ;
- une architecture de surveillance efficace permettant une articulation adéquate entre réglementation des marchés dérivés et marchés physique devra être mise en place.

2. Quel est l'impact d'une hausse du prix du pétrole sur l'économie française ?

L'économie française semble mieux résister aujourd'hui qu'hier aux hausses brutales de prix de l'énergie. Les auteurs avancent tout au long du rapport plusieurs explications possibles à cette plus grande capacité de l'économie française à résister à un choc pétrolier : l'effet stabilisateur de la TIPP, la baisse de l'intensité pétrolière de la production, le recyclage des pétrodollars, l'amélioration de la réponse macroéconomique aux chocs pétroliers (meilleure crédibilité de la politique monétaire, moindre indexation des salaires), l'appréciation de l'euro (sur laquelle nous reviendrons) concomitante à la hausse du prix du pétrole en dollars.

Ces différentes explications auraient pu faire l'objet d'une analyse plus systématique et unifiée par les auteurs, permettant par exemple de hiérarchiser ces explications en fonction de leur capacité à rendre l'économie moins vulnérable aux chocs pétroliers. Ce type de hiérarchisation permettrait d'éclairer les choix à opérer, tant au niveau des politiques structurelles de moyen-long terme qu'au niveau des politiques conjoncturelles, pour permettre aux économies de mieux résister aux chocs pétroliers. Elle permettrait aussi de lever certaines contradictions dans l'argumentation des auteurs : par exemple, la part des services est évoquée pour expliquer l'intensité pétrolière plus faible du Royaume-Uni par rapport à la France alors que le même argument ne tient plus si l'on s'intéresse à la situation des États-Unis, caractérisées par une intensité beaucoup plus élevée malgré une part des services également très importante.

L'idée que les fluctuations de l'euro réduisent celles du prix du pétrole pour le consommateur européen devrait être mieux analysée avant d'être considérée comme un fait acquis. Les auteurs présentent des corrélations et les interprètent comme des liens de causalité, ce qui est très fragile en raison de l'endogénéité des variables. Il faut rappeler qu'il n'existe aucun consensus dans la littérature sur le lien entre les taux de change et le prix du pétrole et les auteurs ne parviennent pas non plus dans ce rapport à lever cette incertitude.

Même si l'économie française réagit mieux aujourd'hui qu'hier aux fluctuations du prix du pétrole, l'impact d'une hausse du prix du pétrole n'a pas disparu. Le rapport fournit un éclairage précis des différents mécanismes de transmission du choc d'offre que constitue une augmentation sensible du prix de pétrole sur les principaux agrégats macroéconomiques : PIB (déflaté selon le prix de production ou le prix de la demande intérieure), la production, les consommations intermédiaires de pétrole, l'emploi, les salaires...

Le passage du modèle théorique au modèle chiffré peut cependant laisser le lecteur dans une certaine expectative. À la question « quel est l'ordre de grandeur des effets macroéconomiques ? » ou en d'autres termes,

« le choc sera-t-il significatif pour l'économie française ? », le rapport apporte un message ambigu :

- les auteurs rappellent que les travaux appliqués récents concluent très généralement à des effets aujourd'hui relativement faibles comparativement à ceux observés lors des deux premiers chocs pétroliers (par exemple, le modèle Mésange estime la baisse du PIB français consécutive à une augmentation permanente du prix du pétrole de 20 % à environ 0,1 % la première année et 0,2 % au bout de 4 ans) ;

- parallèlement, l'évaluation obtenue à partir de la maquette théorique des auteurs souligne au contraire un impact d'une hausse du prix du pétrole relativement important : une hausse de 20 % du prix du pétrole se traduirait par une baisse du PIB (déflaté par le prix de la demande intérieure) pouvant aller jusqu'à un peu plus de 1 %.

Il faut être relativement prudent dans l'exploitation que l'on peut faire de ce dernier résultat : si on l'applique à la hausse du prix du pétrole entre 2002 et 2008 (de 20 à 140 dollars soit une hausse de 600 %), la réduction du PIB aurait dû être comprise entre 12 et 33 % (par rapport à ce qu'il aurait été sans le choc) et les consommations intermédiaires de pétrole auraient dû s'annuler. Les auteurs prennent le soin d'indiquer que les effets qu'ils décrivent résultent d'un calcul à la marge et ne peuvent être appliqués à de grandes variations de prix. Mais quel message faut-il finalement retenir : l'économie française peut-elle dorénavant absorber sans coûts élevés un futur choc pétrolier ou, au contraire, doit-elle encore craindre des effets macroéconomiques conséquents ?

Deux remarques pourraient contribuer à éclairer ces ambiguïtés :

- d'une manière générale, il convient de garder à l'esprit qu'une hausse du prix du pétrole de 20 % n'a pas le même impact sur l'économie selon le niveau du prix du baril : le prélèvement (en points de PIB) d'une hausse de 20 % du prix du pétrole n'est pas le même si le prix initial est de 20 ou de 100 dollars. Il est utile, pour mieux comprendre, de ramener les hausses de prix du pétrole considérées par les auteurs à la hausse de la facture énergétique qu'elles impliquent ;

- le cadre théorique développé par les auteurs rappelle un point important, à savoir que l'on ne peut comprendre les effets macroéconomiques sans une logique de compte de surplus. Cette idée est, à juste titre, bien développée dans le rapport : les auteurs montrent bien combien l'impact d'une hausse du prix du pétrole peut être faible sur le PIB en volume mais bien plus fort dès lors qu'on raisonne sur le PIB déflaté par le prix de la demande intérieure. Par conséquent, l'ambiguïté du message délivré par les auteurs pourrait tenir au fait qu'on confond impact sur le PIB en volume et impact sur le PIB mesuré en termes de « biens de demande intérieure ». Si l'impact d'une hausse du prix du pétrole n'affecte que faiblement le PIB en volume (en raison de l'évolution des modes de production, moins dépendant aux produits pétroliers), elle continue d'affecter le PIB « distribuable »,

c'est-à-dire le PIB déflaté par les prix qui s'imposent aux consommateurs. Le mérite de la maquette théorique des auteurs est d'illustrer cette différence. Cependant la comparaison présentée en section 3 entre le chiffrage de « court terme réaliste » obtenu par les auteurs avec celui de Mésange⁽³⁾ contribue à entretenir la confusion : les deux chiffres ne représentent pas la même chose. On voit dans le complément de Yannick Kalantiz et Caroline Klein qu'une hausse de 20 % du prix du pétrole conduit, dans le modèle Mésange, à une réduction du PIB *déflaté du prix de consommation des ménages* de 1 % au bout de trois ans, ce qui n'est pas éloigné du chiffrage issu du modèle théorique des auteurs.

3. Une croissance verte économe en pétrole

Le rapport développe dans ses préconisations le rôle que devrait jouer la croissance verte sur le chemin d'une économie plus économe en énergie fossile. Cependant, les auteurs reprennent dans cette partie les principaux résultats des études de l'ADEME et du *Boston Consulting Group* pour évaluer les effets économiques du Grenelle de l'Environnement. Or, un regard critique et une certaine prudence s'imposent sur ce sujet car tout laisse à penser que ces travaux surestiment l'impact du Grenelle sur l'emploi. Ils évaluent des mesures de stimulation budgétaire de grande ampleur, sans considérer quatre points essentiels : les effets de substitution et de recomposition sectorielle ; l'impact des politiques de croissance verte à court et moyen termes sur les prix des produits verts et donc sur l'activité ; la persistance des effets positifs de relance budgétaire et enfin le coût économique du financement nécessaire des investissements publics et des mesures incitatives dans un contexte de contrainte budgétaire.

Les préconisations relatives à la mise en place d'une fiscalité carbone au niveau européen et la mise en place d'un dispositif d'évaluation de la politique de soutien à la croissance verte sont pertinentes. De la même manière, les auteurs mentionnent le besoin de préparer une réforme de la fiscalité énergie-environnement au niveau français et européen. En revanche, une nuance pourrait être apportée concernant l'accélération du Grenelle de l'environnement, qui ne peut être envisagée qu'au cas par cas, en fonction du coût budgétaire des mesures concernées et de leur capacité à réduire la dépendance de la France aux énergies fossiles. Par ailleurs, la mobilisation de sources de financement innovantes doit veiller au respect de pratiques économiques et budgétaires saines, en tirant tous les enseignements positifs et négatifs des dispositifs innovants déjà mis en place (partenariats public-privés et tarifs de rachat des énergies renouvelables notamment).

(3) Dans le cadre théorique développé par les auteurs, une hausse de 20 % du prix du pétrole se traduit, dans le « court terme réaliste » par une réduction du PIB de 0,95 %. Dans le modèle Mésange, une hausse de 20 % du prix du pétrole conduit à une réduction du PIB de 0,2 % au bout de trois ans.

Commentaire

Roger Guesnerie

Professeur au Collège de France

Qu'il soit clair dès l'abord que je ne suis pas un spécialiste du marché du pétrole. Cela va sans dire, mais sans doute encore mieux en le disant, étant entendu que du point de vue théorique, celui où est mon « avantage comparé », le fonctionnement du marché du pétrole en particulier, celui des matières premières en général, sont parmi les sujets les plus intéressants et les plus difficiles.

Ce rapport aborde de nombreuses questions, peut être, s'il faut lui faire une critique, trop de questions. Il est conduit de ce fait à traiter certaines d'entre elles trop rapidement, avec le risque d'être superficiel. Il ne me semble pas exact, par exemple, de mettre l'accent sur le caractère « distorsif » de la TIPP : la justification traditionnelle, en France en particulier, de la TIPP n'en fait pas un impôt distorsif mais au contraire un prélèvement anti-distorsif : elle est conçue pour constituer un substitut, certes imparfait mais effectif, à une tarification d'usage des infrastructures, qui répondrait aux exigences de la vérité de prix.

Une autre remarque porte à nouveau sur un point mineur, lié aux problèmes de la séquestration : les auteurs semblent critiquer la taxation à la source du carbone parce qu'elle ne permettrait pas de tenir compte de la séquestration. La quantité de carbone séquestré n'étant pas considérable pour le moment, l'objection paraît aujourd'hui anecdotique. Il est évident que les choses peuvent changer avec la mise en place à grande échelle de procédés industriels de séquestration, mais la mesure du carbone séquestré paraît plutôt plus facile que la mesure *in situ* du carbone émis. Je crois que la taxation à la source constitue une solution très séduisante. Même si je suis conscient qu'elle suscite nombre d'objections recevables, cette solution a été rejetée sans doute trop rapidement dans la réflexion en amont des politiques climatiques.

Un mot encore sur la croissance verte, sujet passionnant mais qui renvoie aux difficultés intellectuelles de la liaison entre les aspects micro et

macroéconomiques des décisions à prendre, un sujet qui semble toujours susciter les raisonnements douteux. Puis-je rappeler l'existence sur ce sujet d'un rapport publié en 1984, par le Commissariat du Plan, intitulé « Calcul économique et résorption des déséquilibres » (*cf.* Goudard, Guesnerie et Walliser, 1984). J'ai la faiblesse de croire qu'il fournit toute une série de clés pour réfléchir à la manière de concilier le calcul macroéconomique et le calcul microéconomique.

Venons-en maintenant plus au fond du rapport, en évoquant la question de la rente qui est constamment à l'arrière-plan. L'enjeu de l'appropriation de la rente est clair, semble-t-il, pour les protagonistes. L'opposition des pays producteurs de pétrole aux politiques climatiques et en particulier à celles qui viseraient à une taxation du carbone harmonisée, est révélatrice. Elle reflète la crainte que cette taxation du carbone harmonisée conduise à un transfert d'une partie de la rente vers les pays consommateurs. C'est bien le message de la théorie économique. Dans les modèles statiques simples, la taxation sert seulement à transférer la rente. Dans les modèles plus compliqués, inter-temporels, le transfert de la rente s'opère par des mécanismes plus complexes, mais il se fait si le profil inter-temporel de la taxe est bien conçu et si la taxe est crédible. La question qui s'en déduit, et qui est à l'arrière-plan du rapport mais qui mérite explicitation, est celle de la modulation des effets d'une éventuelle taxation du carbone harmonisée dans le cadre d'une politique climatique : d'un côté, un transfert de rente diminue le coût de la politique climatique pour les pays « vertueux », mais de l'autre, il affaiblit l'efficacité du signal prix global, prix du carburant fossile plus taxe.

Le dernier point qu'aborde cette discussion est celui de la spéculation. Il se greffe sur l'incertitude qui domine dans le marché du prix du pétrole : à long terme, l'incertitude – quelles seront les découvertes pétrolières ? Quels seront les coûts d'extraction ? A quelle période viendra un substitut et à quel prix ? – a une dimension plutôt « intrinsèque », mais elle est aussi, comme à court terme, « extrinsèque », c'est-à-dire liée à des décisions de gestion ou d'investissement, lesquelles dépendent des anticipations des agents et renvoient aux incertitudes sur la qualité de leur coordination. Voilà un problème, l'incertitude « extrinsèque », auquel la théorie économique est constamment confrontée, et auquel elle fournit des réponses qui ne sont pas toujours convaincantes (peut-être est-ce son talon d'Achille), et qui sont dans le cas d'espèce particulièrement peu convaincantes.

Que disent les économistes sur la spéculation ? Pour Friedman, la spéculation est stabilisante : si les prix montent, les spéculateurs vendent si les actifs sont surestimés et achètent dans le cas contraire. Toutes les modélisations existantes confirment cet argument. Il faut beaucoup d'habileté, pour trouver un modèle (à anticipations rationnelles) dans lequel la spéculation n'est pas stabilisante (*cf.* Hart et Kreps, 1986). Pourquoi peut-on ne pas croire cet argumentaire dont la qualité paraît éprouvée ? Il repose sur l'hypothèse d'anticipations rationnelles, ou par extension sur la croyance que

la plausibilité de cette hypothèse est la même quand il y a de la spéculation et quand il n'y en a pas. Si la spéculation diminue la plausibilité de l'anticipation rationnelle, et donc si elle affaiblit la plausibilité de bonne coordination des anticipations qu'elle décrit, alors l'argument tombe.

Or, un certain nombre de modèles relevant de la finance et en particulier celui que je vais décrire et sur lequel j'ai une compétence particulière, suggèrent que la spéculation affecte la robustesse de la coordination sur l'équilibre. Qui plus est dans les cas étudiés, elle l'affecte négativement. Le modèle que je vais esquisser fait porter l'attention sur la logique des décisions de stockage dans un monde où la production (ou la demande) est aléatoire (voir Guesnerie et Rochet, 1993 et Brock, Hommes et Wagener, 2009). Autoriser la spéculation signifie ouvrir un marché à terme où interviendront des opérateurs autres que les gestionnaires des capacités de stockage. La spéculation améliore le partage du risque, puisqu'elle le fait porter sur plus d'agents, (c'est un argument traditionnel) et de fait, la volatilité des prix sur les marchés en hypothèse d'anticipation rationnelle diminue relativement et significativement après l'ouverture du marché à terme. En revanche, la robustesse de l'hypothèse de bonne coordination, au sens des anticipations rationnelles, diminue, si on l'évalue sur la base de critères d'apprentissage, « divinatoires » en l'occurrence (mais la conclusion est la même avec des critères adaptatifs). La présence des spéculateurs diminue donc la plausibilité d'une coordination de type anticipation rationnelle et ouvre donc la porte à une volatilité non prévue par le modèle et dont les caractéristiques sont plus difficiles à cerner. Point final, la conception que l'on a de la bonne politique économique sera complètement différente selon que l'on récuse l'argumentaire qui vient d'être esquissé ou selon qu'on l'accepte... Est en débat l'utilité sociale de la multiplication des marchés d'actifs. Vaste problème.

Références bibliographiques

- Brock W., C. Hommes et F. Wagener (2009) : *More Hedging Instruments May Destabilize Markets*, Mimeo.
- Goudard D., R. Guesnerie, et B. Walliser (1984) : *Calcul économique et résorption du déséquilibre*, préface de E. Malinvaud, La Documentation française, 119 p.
- Guesnerie R. et J-C. Rochet (1993) : « (De)Stabilizing Speculation on Futures Markets: An Alternative View Point », *European Economic Review*, vol. 37, n° 5, pp. 1043-1063,
- Hart O. et D. Kreps (1986) : « Price Destabilizing Speculation », *Journal of Political Economy*, n° 94, pp. 927-952.

Complément A

La transmission de la variation du prix du pétrole à l'économie

François Lescaroux

GDF Suez, Direction de la stratégie et du développement durable

Valérie Mignon

EconomiX, Université Paris-Ouest-Nanterre-La Défense et CEPII

Depuis le premier choc pétrolier, les mouvements du prix du pétrole ont été considérés comme l'une des sources majeures des fluctuations économiques. Ce constat a donné lieu à une littérature abondante visant à analyser l'impact des chocs pétroliers sur l'économie⁽¹⁾. Malgré le nombre considérable d'articles sur le sujet, il n'existe pas réellement de consensus sur ces mécanismes de transmission. Par ailleurs, il est fort probable que la façon dont le prix du brut affecte l'économie ait évolué au cours du temps : les mécanismes qui étaient à l'œuvre lors des deux premiers chocs ne sont pas nécessairement les mêmes aujourd'hui.

Cette contribution propose ainsi de faire le point sur les mécanismes de transmission d'une variation du prix du pétrole à l'économie. Après avoir rappelé les principaux liens théoriques entre le prix du brut et les agrégats macroéconomiques, nous dressons un panorama de la littérature empirique. Nous terminons par une présentation de nos travaux sur l'influence du prix du pétrole sur diverses variables macroéconomiques pour un large panel de pays, en insistant plus particulièrement sur le cas de la France.

(1) Voir les revues de la littérature de Jones et Leiby (1996), Brown et Yücel (2002), Jones et al. (2004), Hamilton (2005), ou encore Lescaroux et Mignon (2008a).

1. Mécanismes de transmission et instabilité de la relation

1.1. Les principaux mécanismes théoriques

Les travaux réalisés depuis le premier choc pétrolier ont mis en avant un ensemble d'effets « standard » des variations du prix du pétrole sur l'économie. Ainsi, toutes choses égales par ailleurs, une hausse du prix du brut représente un choc inflationniste exogène et engendre, de ce fait, une hausse des prix à la consommation à hauteur du poids des produits pétroliers dans l'indice général des prix (Pierce et Enzler, 1974, Hooker, 2002, Barsky et Kilian, 2004 et LeBlanc et Chinn, 2004). À cet effet direct sur les prix à la consommation, viennent s'ajouter des effets de second tour. Du côté des ménages, ces derniers revendiquent une revalorisation de leur rémunération afin de limiter leur perte de pouvoir d'achat, augmentations initiant la spirale prix-salaires. Du côté des entreprises, elles tentent de répercuter la hausse du prix du pétrole sur leur prix de vente afin de restaurer leurs marges. Ces différents effets tendent ainsi à alimenter une spirale inflationniste engendrant en outre des révisions à la hausse des anticipations d'inflation. Ces effets, directs et indirects, sur l'inflation et sur les anticipations d'inflation conduisent à un accroissement des taux d'intérêt. Le caractère restrictif des politiques monétaires de lutte contre l'inflation donne en effet lieu à une hausse des taux d'intérêt directs, hausses jugées responsables d'une grande partie du ralentissement économique suite aux deux premiers chocs pétroliers selon Bernanke et *al.* (1997).

À ces effets sur les prix, s'ajoutent des impacts négatifs sur la consommation, l'investissement et l'emploi. La consommation est affectée par le biais de sa relation positive avec le revenu disponible et la baisse de pouvoir d'achat subie par les ménages les conduit à ralentir leurs dépenses de consommation. Concernant l'investissement, l'augmentation induite des coûts de production des entreprises est accentuée par l'élévation des taux d'intérêt ainsi que par le renchérissement des autres matières premières en lien avec celui du pétrole. S'agissant à présent de l'emploi, si l'augmentation du prix du pétrole est durable, elle peut donner lieu à une mutation de la structure de production et avoir un impact important sur le chômage. En effet, une hausse du prix du pétrole diminue la rentabilité des secteurs intensifs en pétrole, ce qui peut inciter les firmes à se tourner vers de nouvelles méthodes de production moins intensives en facteur pétrole. Ce changement engendre des réallocations de capital et de travail entre les secteurs pouvant affecter le chômage (Loungani, 1986). Cet effet sur le chômage peut cependant être nuancé si l'on tient compte du fait que la mutation de la structure de production peut générer une réallocation du facteur travail entre les secteurs d'activité. Sous réserve que ces réallocations soient effectives, il n'y aurait donc pas d'impact sur le chômage à long terme (Keane et Prasad, 1996).

À un niveau plus global, on peut se poser la question de l'impact d'une hausse du prix du brut sur la croissance. Le lien entre prix du pétrole et

croissance économique peut être appréhendé par le biais de l'effet d'offre classique selon lequel une hausse du prix du brut constitue un signal indiquant une réduction de la disponibilité d'un facteur de production (Barro, 1984, Brown et Yücel, 1999 et Abel et Bernanke, 2001). Il s'ensuit une augmentation des coûts unitaires de production, induisant un ralentissement de la productivité, de l'*output* potentiel et de la croissance des pays importateurs.

1.2. L'instabilité de la relation

Même si les mécanismes précédemment décrits tendent à être globalement acceptés par les économistes, il n'en reste pas moins que l'influence des variations du prix du pétrole sur l'activité économique semble s'exercer de façon instable. À ce titre, la période de fort accroissement du prix du pétrole des années 2000 peut sembler surprenante au sens où, contrairement à ce qui a été observé lors des hausses des années 1973 et 1979, l'économie mondiale n'a pas paru en être sensiblement affectée, tout au moins avant que n'éclate la crise des *subprimes* : la croissance économique et l'inflation sont en effet restées stables dans la plupart des pays industrialisés. Outre la réduction de l'intensité énergétique des pays industrialisés depuis trente-cinq ans, plusieurs pistes ont été évoquées dans la littérature pour expliquer cette instabilité de la relation entre prix du pétrole et activité économique et comprendre son relâchement depuis la fin des années quatre-vingt-dix.

En premier lieu, la diffusion de la variation du prix du brut au sein de l'économie ne s'effectue pas de façon prédéterminée, mais dépend du comportement et des choix des agents (ménages, entreprises, secteur public), c'est-à-dire de la manière dont ces derniers vont réagir suite à l'évolution du prix du pétrole. Ces choix et comportements ont évolué depuis les deux premiers chocs pétroliers, ayant pour conséquence que les effets d'une hausse du prix du pétrole sur l'inflation sont aujourd'hui bien moindres. Trois principaux éléments sont à même d'expliquer cet affaiblissement du lien. Tout d'abord, les banques centrales ont acquis au cours des années quatre-vingt une crédibilité dans leur politique de lutte contre l'inflation et sont donc à même de réagir beaucoup plus rapidement que par le passé face aux pressions inflationnistes. Ensuite, dans la mesure où les salaires ne sont plus aujourd'hui indexés de façon systématique sur les prix, les effets de second tour conduisant à une spirale inflationniste sont très limités, voire inexistantes. Enfin, l'intensification de la concurrence internationale empêche les entreprises de transmettre la hausse dans leurs prix de vente.

En deuxième lieu, il importe de souligner l'importance du contexte économique tel qu'il est reflété par la position dans le cycle. En utilisant des modèles markoviens à changement de régime, Raymond et Rich (1997) montrent que l'influence d'une hausse du prix du pétrole diffère selon la phase du cycle conjoncturel dans laquelle survient cette augmentation : les

effets d'une hausse du prix du brut sont négligeables en haut du cycle économique, mais significatifs et préjudiciables en période de faible croissance. Ce résultat correspond bien à ce que l'on a observé. Lors des deux premiers chocs pétroliers, l'économie globale amorçait un ralentissement conjoncturel, le contexte économique étant caractérisé par une inflation incontrôlable, une réduction des marges de profit des entreprises, des taux d'intérêt nominaux haussiers et des politiques monétaire et budgétaire accommodantes. Dans ce contexte de ralentissement général de la demande, la hausse du prix du brut a renforcé l'impact des facteurs mentionnés précédemment, conduisant à amplifier la récession. À l'inverse, lorsque le prix du pétrole commence à croître au début des années 2000, l'économie mondiale amorce la phase d'expansion du cycle et la crainte principale est la déflation. Le contexte économique, alors caractérisé par un accroissement du pouvoir d'achat et des dépenses des ménages ainsi que par une baisse des taux d'intérêt nominaux, est donc radicalement différent de celui prévalant dans les années soixante-dix et explique en partie le relâchement de la relation entre prix du brut et activité économique.

Une troisième explication de l'instabilité de la relation entre prix du pétrole et activité économique réside dans le caractère asymétrique de l'impact du prix du brut sur l'activité économique selon lequel l'effet négatif d'une hausse est plus important que l'impact positif lié à la baisse du prix du pétrole (Hamilton, 1983 et 2005). Cet effet d'asymétrie serait important puisque certains auteurs (Mork, 1989 et Lee, Ni et Ratti, 1995) montrent même que la baisse du prix du brut n'a aucun impact sur l'activité économique. Plusieurs explications ont été proposées à ce phénomène d'asymétrie⁽²⁾ : l'existence de délais nécessaires liés à la mise en place de capacités de production supplémentaires (l'investissement n'est pas immédiat alors que la baisse de la rentabilité des entreprises consommatrices de pétrole est rapide), la présence de coûts d'ajustement (Hamilton, 1988), ou encore la différence de réaction des autorités monétaires face à une hausse (politique restrictive de lutte contre l'inflation) et à une baisse (pas de réaction) du prix du brut (Bernanke et *al.*, 1997).

Plus généralement, une quatrième explication, avancée par Hooker (1996), tiendrait à l'existence d'une rupture dans la relation entre prix du pétrole et croissance économique. Selon l'auteur, l'économie américaine aurait connu une rupture à l'issue des deux premiers chocs et réagirait différemment aux variations du prix du brut avant et après 1980. Cette rupture pourrait refléter une évolution dans les mécanismes de formation des prix et des salaires, la diminution de la dépendance énergétique ou un changement structurel du système économique (voir également Hooker, 2002 et Blanchard et Gali, 2007).

(2) Voir Brown et Yücel (2002).

2. PIB et prix du pétrole : une revue de la littérature empirique

De nombreuses études empiriques ont été réalisées afin d'étudier l'impact des variations du prix du brut sur l'activité économique⁽³⁾. Ces travaux sont principalement centrés sur les interactions de court terme entre le prix du pétrole et le PIB et concernent très majoritairement les États-Unis.

2.1. Les effets à court terme

Ainsi que nous l'avons précédemment mentionné, la plupart des travaux visant à estimer les élasticités entre les agrégats macroéconomiques et le prix du pétrole portent sur des données américaines. Sur la base de spécifications log-linéaires autorégressives du PIB, Mory (1993) et Mork *et al.* (1994) aboutissent à des estimations de l'élasticité du PIB vis-à-vis des hausses de prix égales, respectivement, à $-6,7$ et $-5,4$ %. Ces valeurs sont proches de celles présentées lors de la septième édition de l'*Energy Modeling Forum* (EMF-7) et documentées par Hickman *et al.* (1987) : la médiane des élasticités cumulées sur deux ans valait $-5,8$ %. Dotsey et Reid (1992) parvient quant à eux à une élasticité cumulée de $-9,4$ % au moment où la réaction est la plus importante, au bout de sept trimestres. Jones, Leiby et Paik (2004) reportent par ailleurs que le Département de l'Énergie américain (*US Department of Energy*) a utilisé sur les quinze dernières années, dans ses analyses de politique énergétique, une valeur de l'élasticité comprise entre $-2,5$ et $-5,5$ %.

En ce qui concerne les autres pays, notamment les pays européens, les études sont nettement moins nombreuses. Les travaux de Mork *et al.* (1994) reportent des estimations de l'élasticité du PIB vis-à-vis des hausses de prix égales à $-2,3$ % pour le Japon, $-8,1$ % pour l'Allemagne de l'Ouest, $-9,8$ % pour la France, $-6,4$ % pour le Canada, $-3,8$ % pour le Royaume-Uni et $5,1$ % pour la Norvège. En analysant l'influence de l'indice des prix à la consommation des produits pétroliers sur l'économie grecque sur la période 1989-1999, Papapetrou (2001) estime des élasticités de la production industrielle et de l'emploi de $-2,7$ et $-0,8$ %. Mentionnons également les travaux de Jimenez-Rodriguez et Sánchez (2005) sur les principaux pays industrialisés, qui montrent qu'une hausse de 100 % du prix du brut se traduit par des pertes de PIB de 3,9 % aux États-Unis, 1,3 % pour la zone euro ($-1,8$ % pour l'Allemagne, $-1,5$ % pour la France, $-2,2$ % pour l'Italie) et 1,9 % pour le Royaume-Uni, tandis que les gains de PIB de la Norvège s'élèvent à 1,8 %.

S'agissant plus spécifiquement de la France, L'Angevin *et al.* (2005) obtiennent, à l'aide du modèle Mésange, des élasticités voisines de -1 %

(3) Voir les travaux pionniers de Hamilton (1983, 1996) et Bruno et Sachs (1985), ainsi que les revues de la littérature déjà citées de Brown et Yücel (2002) et Hamilton (2005). Pour une revue détaillée des élasticités du PIB au prix du pétrole, voir Lescaroux (2008).

au bout de deux ans entre le prix du pétrole et le PIB en termes réels. Barlet et Crusson (2007) parviennent à des résultats compatibles avec cette valeur compte tenu de la bande de confiance de leurs simulations, qui couvre l'intervalle $[-2,5\% ; 1,4\%]$ sur la période 1980-2006, mais l'élasticité qu'elles estiment n'est pas statistiquement significative. Le seul canal de transmission par lequel le prix du brut pourrait affecter significativement la croissance française semble être celui opérant *via* la demande étrangère, et l'effet est alors relativement faible, de l'ordre de $-0,2\%$. Parmi les partenaires commerciaux de la France étudiés (Royaume-Uni, Italie, Allemagne), seul le Royaume-Uni est affecté significativement par le prix du pétrole avec une élasticité valant $-2,1\%$. Barlet et Crusson (2007) ont par ailleurs approfondi leur analyse en distinguant l'impact de la variation du prix du brut selon la phase du cycle conjoncturel. Elles montrent qu'une hausse de 100% du prix du brut engendrerait, en phase de croissance modérée, un ralentissement de la croissance du PIB français de $-0,7$ point au trimestre suivant le choc ; cet effet conduisant à une récession uniquement si le prix du pétrole augmente de plus de 50% en un trimestre.

Retenant un cadre multipays, les modèles du FMI (2006) et de l'OCDE (2004) traitent les variations du prix du pétrole comme des chocs quelconques sur l'offre. L'OCDE parvient après deux ans à une élasticité cumulée proche de $-2,1\%$ pour les États-Unis lorsque la politique monétaire n'est pas expansionniste (-1% après un an). À l'aide du modèle de l'OCDE, l'AIE (2004) estime qu'une hausse du prix du baril de 25 à 35 dollars provoque la première année une baisse du PIB de 0,3 point de pourcentage aux États-Unis, de 0,4 point au Japon et de 0,5 point pour l'ensemble des pays de la zone euro (soit des élasticités de $-0,8\%$, -1 et $-1,3\%$ respectivement).

De façon générale, à court terme, les travaux empiriques tendent à mettre en évidence l'existence d'une causalité s'exerçant du prix du brut vers l'activité économique, la relation étant négative et tendant à s'affaiblir depuis la fin des années quatre-vingt, ainsi qu'un impact positif d'une hausse du prix sur le taux de chômage et l'inflation. En France, en particulier, une rupture est mise en évidence au début des années quatre-vingt par Barlet et Crusson (2007). Ainsi, avant 1980, les estimations des auteurs montrent clairement un effet négatif du prix du pétrole, qui n'est plus significatif ensuite sur la période 1980-2006. Sur cette dernière période, et ainsi que nous l'avons précédemment souligné, seule la baisse de la demande étrangère suite à une hausse du prix du brut semble avoir un impact négatif – bien que faible – sur la croissance du PIB.

Pour finir, mentionnons les travaux de Le Barbanchon (2007) qui visent à appréhender empiriquement dans le cas français la pertinence de diverses hypothèses pour expliquer le relâchement du lien entre le coût de l'énergie et la croissance. En utilisant un modèle d'équilibre général intertemporel stochastique, il montre que les explications en termes d'asymétrie et de non-linéarité ne permettent pas de comprendre l'affaiblissement du lien

entre prix du pétrole et croissance économique et qu'il semble nécessaire de prendre en considération l'évolution des causes des hausses de prix du brut.

2.2. Les effets à long terme

Relativement peu d'études se sont intéressées aux relations de long terme entre le prix du pétrole et le PIB. Parmi les travaux pionniers, mentionnons ceux de Rasche et Tatom (1977, 1981) qui reposent sur des fonctions de production de type Cobb-Douglas faisant intervenir le prix de l'énergie. Pour les États-Unis, les auteurs obtiennent une élasticité de $-10,4\%$ entre le produit réel du secteur privé et le prix réel de l'énergie ; pour l'Allemagne de l'Ouest, le Canada, la France, le Japon et le Royaume-Uni, les élasticités estimées sont respectivement égales à $-4,5$, $-11,0$, $-11,0$, $-11,4$ et $-9,0\%$. De telles estimations ont été critiquées par Darby (1982), mettant en évidence plusieurs biais potentiels dans les estimations de Rasche et Tatom dus notamment à la faible longueur de l'échantillon. En estimant les élasticités entre le PNB réel et le prix réel du pétrole importé, Darby (1982) obtient les valeurs suivantes : $-2,1\%$ pour les États-Unis, $-3,9\%$ pour l'Allemagne de l'Ouest, $-4,7\%$ pour le Canada, $-9,5\%$ pour la France, $-19,1\%$ pour le Japon et $-5,7\%$ pour le Royaume-Uni.

Plus récemment, Carruth, Hooker et Oswald (1998) et Hooker (2002) estiment une relation de long terme (relation de cointégration) liant le taux de chômage, le prix réel du pétrole et le taux d'intérêt réel et mettent en évidence une relation positive entre le taux de chômage et le prix du brut, avec une élasticité de l'ordre de $5,4\%$. Cependant, l'évolution de la productivité n'étant pas prise en compte dans ces relations, la variable « prix du pétrole » pourrait également refléter les effets du ralentissement des gains de productivité survenu dans les années soixante-dix et surestimer les effets des variations du coût du brut. Retenant également l'approche de la cointégration, Lardic et Mignon (2008) étudient la relation entre le prix du pétrole et le PIB pour les États-Unis, les pays du G7, la zone euro et un ensemble de pays européens sur la période 1970-2004. Les auteurs montrent qu'alors que les tests usuels de cointégration conduisent à des résultats mitigés, les tests de cointégration asymétrique mettent en évidence l'existence d'une relation de long terme asymétrique entre le prix du brut et le PIB, en particulier pour les pays de la zone euro et les autres pays européens : une hausse du prix du brut a plus d'impact sur le PIB qu'une baisse du prix.

Les travaux de Perron (1989) plaident en faveur d'une rupture dans la tendance du taux de croissance du PIB ds États-Unis en 1973. Il lie ce changement de régime au premier choc pétrolier, qui serait responsable du ralentissement à long terme de l'activité économique survenu depuis la fin des années soixante. Cependant, cette explication reste une hypothèse non testée statistiquement.

3. Une étude empirique de l'impact du prix du pétrole sur les principaux agrégats macroéconomiques

Nous nous proposons ici de synthétiser les résultats d'une étude précédente (Lescaroux et Mignon, 2008b) menée sur un large panel de pays, en insistant plus particulièrement sur les conclusions relatives à la France. Nous considérons un échantillon de trente-six pays, répartis en trois groupes :

- les pays membres de l'OPEP avant l'entrée de l'Équateur et le retrait de l'Indonésie (Algérie, Angola, Arabie saoudite, Émirats arabes unis, Indonésie, Irak, Iran, Koweït, Libye, Nigeria, Qatar et Venezuela) ;
- les principaux autres pays exportateurs de pétrole (Brésil, Canada, Kazakhstan, Malaisie, Mexique, Oman, Norvège, Royaume-Uni et Russie) ;
- un groupe de pays importateurs (pays de la zone euro à 12, Chine, Inde et États-Unis).

Afin d'appréhender l'impact du prix du pétrole sur l'activité économique, nous retenons les variables suivantes : le PIB, l'indice des prix à la consommation (CPI), la consommation des ménages, le taux de chômage et les cours boursiers. À quelques exceptions près (voir Lescaroux et Mignon, 2008b), les données macroéconomiques sont issues de la base *World Development Indicators* (WDI) de la Banque mondiale, la série du prix du pétrole étant extraite de *BP Statistical Review*. Les données sont annuelles, exprimées en termes réels et couvrent la période 1960-2005.

3.1. Principaux résultats pour l'ensemble des pays étudiés

3.1.1. Analyse de court terme

Afin d'appréhender les liens de court terme entre le prix du brut et les diverses variables économiques, nous procédons à l'application des tests de causalité au sens de Granger⁽⁴⁾. De façon générale, les résultats mettent en évidence que lorsqu'une causalité existe, celle-ci s'exerce du prix du pétrole vers les variables économiques, même si l'on peut relever quelques exceptions, comme une causalité du PIB vers le prix du brut pour l'Arabie Saoudite, le Royaume-Uni ou encore le Qatar.

S'agissant de la causalité s'exerçant du prix du brut vers les variables macroéconomiques, les principales conclusions sont les suivantes. L'impact du prix du pétrole sur la consommation des ménages est généralement faible. Il est en revanche important sur le taux de chômage pour les États-Unis, le Luxembourg, le Canada et le Venezuela. Concernant la croissance économique, il n'existe pas de relation de causalité du prix du brut vers le PIB pour les pays exportateurs de pétrole non-membres de l'OPEC, un ré-

(4) Du fait de la non-stationnarité des séries, les tests de causalité sont appliqués sur les séries en différence première.

sultat qui peut s'expliquer par le fait que ce groupe est hétérogène et représente une grande partie de la production mondiale. Pour les deux autres groupes de pays, on relève un impact des variations du prix du brut sur la croissance pour l'Irak, le Koweït, la Chine, le Luxembourg, et, dans une moindre mesure, la Belgique, l'Espagne et les États-Unis. Notre application met également en évidence une relation de causalité du prix du brut vers l'indice des prix à la consommation, principalement pour les pays de l'OPEP et les autres pays exportateurs. Finalement, un résultat particulièrement intéressant concerne la forte influence des variations du prix du brut sur les marchés boursiers pour un grand nombre de pays non-membres de l'OPEP.

Afin de compléter l'étude des liens à court terme, nous procédons au calcul de corrélations cycliques (Ewing et Thompson, 2007) permettant d'examiner la dynamique des co-mouvements entre les composantes de court terme des fluctuations du prix du pétrole et des diverses variables macroéconomiques. Les résultats confirment globalement ceux issus des tests de causalité. Ils montrent que, dans la plupart des pays, l'indice des prix à la consommation conduit de façon contracyclique le prix du pétrole qui conduit lui-même le CPI de façon procyclique. Par ailleurs, dans le cas du groupe des pays importateurs complété du Brésil, du Canada et du Royaume-Uni, le prix du pétrole tend à conduire de façon procyclique le taux de chômage et de façon contracyclique la consommation et le PIB. Pour les pays de l'OPEP, le prix du brut conduit la consommation de façon procyclique, il en est de même pour le PIB dans le cas de l'Arabie Saoudite, des Émirats arabes unis et du Qatar. Pour les autres pays exportateurs, le comportement du prix du brut est en général acyclique par rapport aux autres variables macroéconomiques. Ces résultats semblent logiques. Du côté des pays importateurs, une hausse de l'activité économique engendre un accroissement de la demande de pétrole. Il s'ensuit une hausse du prix du brut qui conduit à son tour à un ralentissement de la croissance. Du côté des pays exportateurs, les dépenses publiques augmentent, ce qui stimule la consommation et le PIB si l'augmentation des revenus pétroliers n'est pas intégralement recyclée dans les importations et si l'accroissement de la consommation engendre une hausse de la production domestique. Enfin, s'agissant des cours boursiers, les résultats mettent en avant que le prix du brut conduit contracycliquement le prix des actions dans la majorité des pays.

3.1.2. Analyse de long terme

En recourant aux techniques de cointégration, nous testons l'existence de liens à long terme entre le prix du pétrole et les diverses variables macroéconomiques. Le tableau ci-après synthétise nos résultats en indiquant les pays pour lesquels une relation de long terme est obtenue entre le prix du brut et la variable macroéconomique considérée, et en reportant également le sens de la causalité entre les deux variables.

Tests de cointégration et de causalité au sens de Granger

	PIB	CPI	Consommation	Cours boursiers	Taux de chômage
OPEC	Iran ^(*) Irak ^(**) Qatar ^(**) Arabie saoudite ^(*) Émirats arabes unis ^(**)	Koweït ^(*) Émirats arabes unis ^(**)	Venezuela ^(**)		
Autres exportateurs	Brésil ^(***) Oman ^(***)	Norvège ^(**)		Canada ^(**) Malaisie ^(**) Royaume-Uni ^(**)	Canada ^(**) Norvège ^(***) Royaume-Uni ^(*)
Importateurs	Autriche ^(***) Belgique ^(**) France ^(**) Italie ^(**) Pays-Bas ^(**)	Finlande ^(**)	Grèce ^(***) Luxembourg ^(**) Pays-Bas ^(**)	Belgique ^(**) France ^(**) Italie ^(**)	Autriche ^(***) Belgique ^(**) Chine ^(***) France ^(*) Grèce ^(**) Portugal Espagne ^(**)

Notes : (*) Causalité bi-directionnelle ; (**) Causalité allant du prix du pétrole vers la variable macroéconomique considérée. (***) Causalité allant de la variable macroéconomique vers le prix du pétrole..

Source : Lescaoux et Mignon (2008b).

Il apparaît que de nombreuses relations de cointégration sont mises en évidence pour les pays importateurs, avec une causalité qui s'exerce le plus souvent du prix du brut vers la série macroéconomique considérée, confirmant ainsi les résultats de l'analyse de court terme. Dans le cas des séries de PIB et de cours boursiers, l'impact d'une hausse du prix du pétrole est toujours négatif. Il en est de même pour le chômage, confirmant les résultats de Keane et Prasad (1996). Globalement, le prix du brut semble jouer un rôle majeur à long terme sur l'activité économique d'un grand nombre de pays importateurs. S'agissant des pays de l'OPEP, le PIB et le prix du brut évoluent dans le même sens pour cinq pays et la causalité est positive et s'exerce du prix du pétrole vers le PIB pour l'Irak, le Qatar et les Émirats arabes unis. Pour les autres pays exportateurs, le résultat le plus intéressant concerne les marchés boursiers, avec une causalité allant du prix du brut vers le cours des actions pour tous les pays dans lesquels une relation de long terme est mise en évidence. De même que pour les pays importateurs, la relation est négative, traduisant le fait qu'une hausse du prix du pétrole engendre une baisse des cours boursiers.

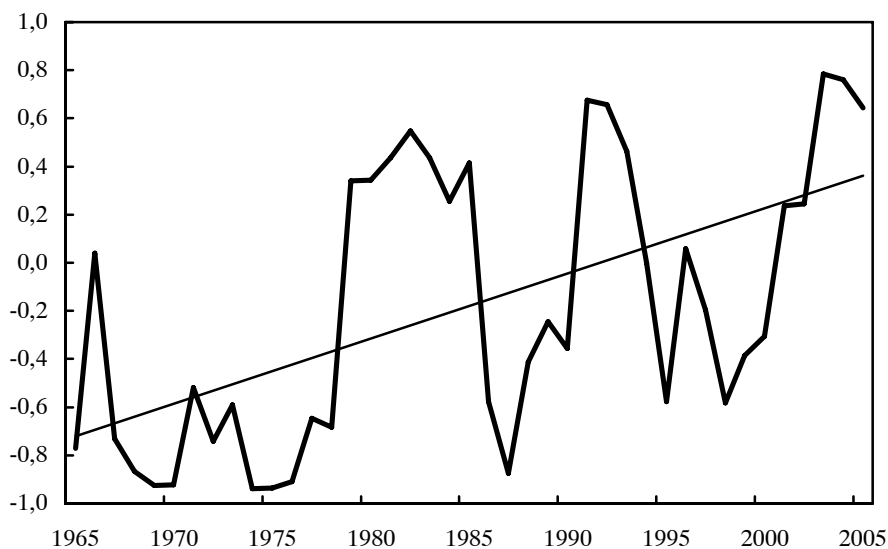
Au total, la majorité des relations de long terme concernent le PIB, le taux de chômage et les cours boursiers. Le PIB et le prix du pétrole évoluent ensemble à long terme pour douze pays appartenant aux trois groupes. Les relations relatives au taux de chômage et aux cours boursiers concernent uniquement les pays non-membres de l'OPEP et s'agissant des cours boursiers, la causalité est négative et part toujours du prix du pétrole.

3.2. Le cas de la France

Revenons plus spécifiquement sur le cas de la France afin de mettre en exergue les principaux résultats relatifs aux liens entre le prix du brut et l'activité économique française. À court terme, l'application des tests de causalité au sens de Granger montre une influence significative des variations du prix du brut sur le taux de chômage, les rentabilités du cours des actions et, dans une moindre mesure, le PIB. Dans le cas des deux dernières variables, la relation est négative : la hausse du prix du brut tend à ralentir l'activité économique et à déprimer les marchés boursiers. Ce lien négatif entre prix du brut et cours boursiers peut être appréhendé par le biais de la notion de valeur fondamentale des actions. Rappelons que cette dernière se définit comme la somme actualisée des dividendes futurs anticipés par les agents. Dans ces conditions, une hausse du prix du pétrole tend à réduire les profits des entreprises des pays importateurs, conduisant à une baisse de la valeur fondamentale. Il s'ensuit donc un lien négatif entre le prix du brut et les cours boursiers. Cet impact du prix du pétrole sur le marché boursier français peut également être observé *via* le calcul de corrélations glissantes, permettant d'apprécier la dynamique du lien entre le marché pétrolier et le marché boursier. Le graphique ci-après reproduit l'évolution des corrélations glissantes (calculées sur cinq ans) entre la variation du prix du brut et la variation de l'indice boursier français. Globalement, il apparaît

qu'alors que l'intensité de la corrélation entre les marchés pétrolier et boursier était modérée durant la période allant du contre-choc au début des années 2000, celle-ci s'est fortement accentuée au début de la période récente de montée du prix du brut. Ce caractère positif et relativement élevé des corrélations en fin de période peut s'expliquer par l'importance du poids des entreprises énergétiques et parapétrolières dans l'indice boursier français.

Corrélations glissantes entre les variations du prix du pétrole et des cours boursiers en France



Source : Lescaroux et Mignon (2008b).

Le calcul des corrélations cycliques permet d'apprécier la dynamique de la transmission du prix du brut à l'économie. Nos résultats montrent que suite à une hausse du prix du pétrole, l'indice des prix à la consommation augmente, suivi d'un ralentissement du PIB et finalement d'une contraction de la consommation et de l'emploi.

L'analyse de long terme met quant à elle en évidence l'existence de trois relations de cointégration : le prix du pétrole est ainsi lié à long terme au PIB, aux cours boursiers et au taux de chômage. S'agissant des deux premières variables, la causalité est négative et s'exerce du prix du brut vers les deux autres séries. Ces résultats confirment ainsi ceux obtenus à court terme et montrent qu'une hausse durable du prix du brut tend à ralentir l'activité économique et à déprimer les marchés boursiers du fait d'un ralentissement des profits des entreprises. Afin de quantifier le retour du PIB à l'équilibre, nous estimons un modèle à correction d'erreur. Les résultats obtenus font état d'une demi-vie de l'ordre de deux ans, signifiant que 50 %

du retour du PIB à l'équilibre s'est réalisé au bout de deux ans. Pour ce qui est du chômage, la causalité s'exerce dans les deux sens et la relation est négative. En d'autres termes, une hausse du prix du pétrole génère une baisse du chômage à long terme. Cet effet peut potentiellement s'expliquer par une mutation de la structure de production. Une hausse du prix du brut diminue la rentabilité des secteurs intensifs en pétrole, ce qui peut inciter les firmes à se tourner vers de nouvelles méthodes de production, moins intensives en facteur pétrole. Ce changement engendre des réallocations de capital et de travail entre les secteurs, pouvant affecter négativement le chômage (Loungani, 1986 et Keane et Prasad, 1996).

4. Conclusion

Après avoir présenté les principaux mécanismes théoriques de transmission d'une variation du prix du brut à l'économie, la revue de la littérature des travaux empiriques a mis en évidence l'existence de divers liens, notamment à court terme, entre le prix du pétrole et l'activité économique. Nos propres travaux économétriques concluent à l'existence, dans le cas de la France, de relations significatives entre, d'une part, le prix du brut et d'autre part, le PIB, le taux de chômage et le cours des actions, tant à court terme qu'à long terme. La hausse du prix du pétrole affecte ainsi négativement la croissance économique, le cours des actions et tend à avoir un effet positif sur l'emploi à long terme.

Références bibliographiques

- Abel A.B. et B.S. Bernanke (2001) : *Macroeconomics*, Addison Wesley Longman Inc.
- AIE (2004) : « Analysis of the Impact of High Oil Prices on the Global Economy », *Energy Prices and Taxes*, 2^e trimestre.
- Barlet M. et L. Crusson (2007) : « Quel impact des variations du prix du pétrole sur la croissance française ? », *Document de Travail de l'INSEE*, D3E, n° G2007/04.
- Barro R.J. (1984) : *Macroeconomics*, John Wiley & Sons.
- Barsky R. et L. Kilian (2004) : « Oil and the Macroeconomy Since the 1970s », *NBER Working Paper*, n° 10855.
- Bernanke B.S., M. Gertler et M. Watson (1997) : « Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks », *Starr Center for Applied Economics*, New York University, n° 97-25, 53 p.

- Blanchard O.J. et J. Gali (2007) : « The Macroeconomic Effects of Oil Shocks: Why Are the 2000s so Different from the 1970s? », *NBER Working Paper*, n° 13368.
- Brown S.P.A. et M.K. Yücel (1999) : « Oil Prices and US Aggregate Economic Activity », *Federal Reserve Bank of Dallas Economic Review*, n° QII, pp. 16-23.
- Brown S.P.A. et M.K. Yücel (2002) : « Energy Prices and Aggregate Economic Activity: An Interpretative Survey », *Quarterly Review of Economics and Finance*, n° 42, pp. 193-208.
- Bruno M. et J. Sachs (1985) : *Economics of worldwide stagflation*, Harvard University Press.
- Caruth A.A., M.A. Hooker et A.J. Oswald (1998) : « Unemployment Equilibria and Input Prices: Theory and Evidence From the United States », *Review of Economics and Statistics* n° 80, pp. 621-628.
- Darby M.R. (1982) : « The price of oil and world inflation and recession », *American Economic Review*, vol. 72, n° 4, pp. 738-751.
- Dotsey M. et M. Reid (1992) : « Oil shocks, monetary policy, and economic activity », *Federal Reserve Bank of Richmond Economic Review*, vol. 78, n° 4.
- Ewing B.T. et M.A. Thompson (2007) : « Dynamic Cyclical Components of oil Prices with Industrial Production, Consumer Prices, Unemployment and Stock Prices », *Energy Policy*, n° 35, pp. 5535-5540.
- FMI (2006) : Oil Prices and Global Imbalances, *World Economic Outlook*.
- Hamilton J.D. (1983) : « Oil and the Macroeconomy since World War II », *Journal of Political Economy*, n° 91, pp. 228-248.
- Hamilton J.D. (1988) : « A Neoclassical Model of Unemployment and the Business Cycle », *Journal of Political Economy*, n° 96, pp. 593-617.
- Hamilton J.D. (1996) : « What is Happened to the Oil Price Macroeconomic Relationship? », *Journal of Monetary Economics*, vol. 38, n° 2, pp. 215-220.
- Hamilton J.D. (2005) : « Oil and the Macroeconomy », *Working Paper UCSD*.
- Hickman B.G., H.G. Huntington et J.L. Sweeney (eds) (1987) : *The Macroeconomic Impacts of Energy Shocks*, Elsevier Science Publishers, North-Holland.
- Hooker M.A. (1996) : « What Happened to the Oil Price Macroeconomy Relationship? », *Journal of Monetary Economics*, n° 38, pp. 195-213.
- Hooker M.A. (2002) : « Are Oil Shocks Inflationary? Asymmetric and Non-linear Specifications versus Changes in Regime », *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 34, n° 2, pp. 540-561.

- Jimenez-Rodriguez R. et M. Sanchez (2005) : « Oil Price Shocks and Real GDP Growth: Empirical Evidence for some OECD Countries », *Applied Economics*, n° 37, pp. 201-228.
- Jones D.W. et P.N. Leiby (1996) : « The Macroeconomic Impacts of Oil Price Shocks: A Review of Literature and Issues », *Oak Ridge National Laboratory*, xerox, 33 p.
- Jones D.W., P.N. Leiby et I.K. Paik (2004) : « Oil Price Shocks and the Macroeconomy: What Has Been Learned Since 1996? », *The Energy Journal*, vol. 25, n° 2, pp. 1-32.
- Keane M.P. et E.S. Prasad (1996) : « The Employment and Wage Effects of Oil Price Changes: A Sectoral Analysis », *Review of Economics and Statistics*, n° 78, pp. 389-400.
- L'Angevin, C., J-F. Ouvrard, S. Serravalle et P. Sillard (2005) : « Impact d'une hausse du prix du pétrole en France et en zone euro » in *L'économie française*, Comptes et dossiers (édition 2005-2006), pp. 16-19.
- Lardic S. et V. Mignon (2008) : « Oil Prices and Economic Activity: An Asymmetric Cointegration Approach », *Energy Economics*, vol. 30, n° 3, pp. 847-855.
- LeBarbanchon T. (2007) : « The Changing Response to oil Price Shocks in France: A DSGE Type Approach », *Document de Travail de l'INSEE*, D3E, n° G 2007/07.
- LeBlanc M. et M.D. Chinn (2004) : « Do High Oil Prices Presage Inflation? The Evidence from G5 Countries », *Business Economics*, n° 34, pp. 38-48.
- Lee K., S. Ni et R.A. Ratti (1995) : « Oil Shocks and the Macroeconomy: The Role of Price Variability », *Energy Journal*, vol. 16, n° 4, pp. 39-56.
- Lescaroux F. (2008) : « Une revue interprétée des élasticités entre le PIB et le prix du pétrole », *L'Actualité Économique*, vol. 84, n° 4.
- Lescaroux F. et V. Mignon (2008a) : « Déterminants du prix du pétrole et impacts sur l'économie », *Revue Française d'Économie*, n° 23, pp. 179-214.
- Lescaroux F. et V. Mignon (2008b) : « On the Influence of Oil Prices on Economic Activity and other Macroeconomic and Financial Variables », *OPEC Energy Review*, vol. 32, n° 4, pp. 343-380.
- Loungani P. (1986) : « Oil Price Shocks and the Dispersion Hypothesis », *Review of Economics and Statistics*, n° 58, pp. 536-539.
- Mork K.A. (1989) : « Oil and the Macroeconomy when Prices Goes Up and Down: An Extension of Hamilton's Results », *Journal of Political Economy*, vol. 97, n° 3, pp. 740-744.
- Mork K.A., Ø. Olsen et H.T. Mysisen (1994) : « Macroeconomic Responses to Oil Price Increases and Decreases in Seven OECD Countries », *The Energy Journal*, vol. 15, n° 4, pp. 19-35.

- Mory J.F. (1993) : « Oil Prices and Economic Activity: Is the Relationship Symmetric? », *The Energy Journal*, n° 14, pp. 151-161.
- OCDE (2004) : Évolution des prix du pétrole : moteurs, conséquences économiques et ajustement des politiques, *Perspectives Économiques de l'OCDE*, n° 76.
- Papapetrou E. (2001) : « Oil Price Shocks, Stock Market, Economic Activity and Employment in Greece », *Energy Economics*, vol. 23, n° 5, pp. 511-532.
- Perron P. (1989) : « The Great Crash, the Oil Price Shock, and the Unit Root Hypothesis », *Econometrica*, n° 57.
- Pierce J.L. et J.J. Enzler (1974) : « The Effects of External Inflationary Shocks », *Brookings Papers on Economic Activity*, n° 1, pp. 13-61.
- Rasche R.H. et J.A. Tatom (1977) : « Energy Resources and Potential GNP », *Federal Reserve Bank of St. Louis*, juin, pp. 10-24.
- Rasche R.H. et J.A. Tatom (1981) : « Energy Price Shocks, Aggregate Supply and Monetary Policy: The Theory and the International Evidence » in *Supply Shocks, Incentives and National Wealth*, Brunner et Metzler (eds), Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, n° 14, pp. 9-93.
- Raymond J.E. et R.W. Rich (1997) : « Oil and the Macroeconomy: A Markov State-Switching Approach », *Journal of Money, Credit and Banking*, vol. 29, n° 2, pp. 193-213.

Complément B

Élasticités-prix des consommations énergétiques des ménages^(*)

Marie Clerc et Vincent Marcus

INSEE, Division croissance et politiques macroéconomiques

Introduction

Les niveaux historiques atteints au cours de l'été 2008 par les cours mondiaux du pétrole et les prix des carburants et des énergies dérivées du pétrole ont ravivé les craintes d'importantes pertes de pouvoir d'achat pour les ménages, particulièrement pour certaines catégories d'entre eux (ménages fortement dépendants de la voiture, ménages chauffés au fioul...). Parallèlement, le projet de loi de programme relatif à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, adopté en première lecture le 21 octobre 2008 par l'Assemblée nationale, prévoit la mise à l'étude d'une « contribution dite 'climat-énergie' en vue d'encourager les comportements sobres en carbone et en énergie ». Le projet de loi précise encore : « cette contribution aura pour objet d'intégrer les effets des émissions de gaz à effet de serre dans les systèmes de prix par la taxation des consommations d'énergies fossiles ». Une modification des taxes assises directement sur les consommations d'énergies fossiles est donc envisagée.

Pour les ménages, par consommation d'énergies fossiles, il faut entendre, d'une part, la consommation de carburants (essence, diesel, GPL) pour les déplacements et, d'autre part, la consommation de combustibles pour le

(*) Nous remercions Pierre Joly et Antoine d'Autume pour leurs commentaires, qui ont permis d'enrichir ce complément. Nous tenons aussi à remercier Jean-Jacques Becker, Didier Blanchet, Hélène Erkel-Rousse, Vanessa Bellamy et Pierre Lissot pour leur aide précieuse. Ce complément ne reflète pas la position de l'INSEE et n'engage que ses auteurs.

chauffage des logements (et secondairement pour l'eau chaude et la cuisson), c'est-à-dire principalement le gaz naturel et le fioul⁽¹⁾. Ces consommations de combustibles fossiles représentaient en moyenne 4,3 % de la consommation effective des ménages en 2008 (INSEE, Comptes nationaux, 2009).

En première analyse, une hausse des prix à la consommation de ces combustibles a potentiellement des effets anti-redistributifs marqués car les ménages aux niveaux de vie⁽²⁾ les plus faibles consacrent une proportion plus importante de leurs revenus à ces consommations. En 2006⁽³⁾, les 20 % de ménages les moins aisés consacraient en moyenne 5 % de leur revenu à la consommation de carburants quand les 20 % de ménages les plus aisés y consacraient moins de 2,5 %. En matière d'énergie domestique (toutes sources d'énergie confondues), cet écart était encore plus accusé, la part relative de ces dépenses dans le revenu passant de près de 11 % pour les 20 % de ménages les moins aisés à 3,3 % pour les 20 % de ménages les plus aisés. Les hausses des prix énergétiques ont donc *a priori* des effets régressifs (par analogie et symétrie avec une taxe « progressive » dont le taux augmente avec le niveau de revenu) car elles jouent comme un prélèvement d'autant plus important que le niveau de vie du ménage est plus faible.

Cette analogie fiscale fait implicitement référence à une situation dans laquelle les ménages n'ajustent pas leur consommation du bien et où toute hausse de prix se répercute intégralement dans le montant de dépenses. En pratique, cependant, les ménages ajustent en partie leurs consommations, à plus ou moins brève échéance. Cet ajustement réel des structures de consommation dépend des élasticités de la consommation des ménages aux prix (effet de substitution) et de la sensibilité aux variations de pouvoir d'achat (effet « revenu »). L'élasticité de la demande par rapport au prix d'un bien (respectivement au revenu ou aux dépenses totales) mesure la sensibilité de réaction de la demande à une variation du prix de ce bien (respectivement au revenu ou aux dépenses totales). En termes de bien-être, le « coût » subi d'une hausse du prix relatif d'un bien ne se limite pas au seul éventuel surcoût des dépenses associées. À budget réel inchangé, une élasticité proche de zéro au prix du bien implique nécessairement une réduction des autres consommations et, partant, une perte en bien-être.

Pour évaluer ces élasticités, il faut être à même de décrire comment évolue le panier de biens consommés par un ménage suite à un changement de prix et/ou de budget. Le système de demande pour un ménage est com-

(1) Ainsi que très marginalement les gaz de pétrole liquéfiés, le charbon et ses dérivés. Le bois de chauffage n'est pas généralement considéré comme un combustible fossile source de CO₂ car les émissions de CO₂ associées à sa combustion sont équivalentes au CO₂ absorbé par ce même bois.

(2) Le niveau de vie du ménage s'entend comme un niveau de revenu par unité de consommation.

(3) La source de ces chiffres est l'enquête Budget de famille, réalisée par l'INSEE tous les quatre ou cinq ans environ. La dernière enquête disponible est celle de 2005-2006.

posé des équations de demande de chaque bien, équations qui sont fonctions des prix de l'ensemble des biens et de la dépense totale de consommation ou du revenu.

En pratique, pour estimer un tel système, il faut qu'il y ait suffisamment de variabilité dans les prix et dans les revenus (ou dans les dépenses de consommation). Idéalement même, il faudrait pouvoir observer l'évolution de l'ensemble des consommations d'un même ménage corrélativement à une variation des prix relatifs de ces consommations. Ces observations sont rarement réunies simultanément dans les enquêtes de consommation existantes en France⁽⁴⁾. Empiriquement, deux approches sont alors possibles et sont examinées successivement : calculer des élasticités-prix moyennes de long terme à partir de séries longues ou calculer des élasticités-prix de court terme par catégorie de ménages⁽⁵⁾ à partir de consommations observées à une date donnée.

1. La demande de carburants des ménages est assez sensible aux prix, la demande en énergie domestique l'est moins

On estime tout d'abord un système de demande (ou une équation de demande) sur séries temporelles longues issues de la comptabilité nationale, ce qui permet de garantir une variabilité temporelle des prix satisfaisante et de modéliser simultanément les ajustements de court terme et les relations de long terme. Cette variabilité temporelle et cette dynamique se payent néanmoins de la perte de l'hétérogénéité entre ménages (par définition, cette approche permet d'estimer des élasticités moyennes qui peuvent masquer de fortes disparités individuelles), voire d'un niveau de désagrégation des différents postes de consommation assez faible (*cf.*, par exemple, Nichèle et Robin, 1995). En outre, sur longue période, les relations estimées peuvent être affectées par des changements structurels du côté de l'offre et des élasticités-prix en conséquence difficiles à interpréter.

On détaille le modèle théorique sous-jacent aux estimations effectuées d'élasticités-prix de la consommation d'énergie en annexe 1.

En matière de consommations de carburants, on obtient des élasticités-prix moyennes de la demande significatives, estimées $-0,2$ à court terme et à $-0,4$ à long terme⁽⁶⁾. L'ajustement de court terme peut passer par un mouin-

(4) Le *Consumer Expenditure Survey*, l'équivalent de l'enquête Budget de famille aux États-Unis, s'appuie sur un échantillon de ménages partiellement panélisté et permet de ce fait des analyses dynamiques plus riches.

(5) Les élasticités estimées sur données microéconomiques sont des ajustements de très court terme, à équipement automobile et à logement donnés, qui passent essentiellement par des ajustements sur les kilomètres parcourus.

(6) Dans tout le texte, l'élasticité-prix de la demande de court terme (respectivement de long terme) en bien k se définit comme la variation instantanée (respectivement de long terme) relative de la quantité consommée consécutive à une variation relative de $+1\%$ du prix du bien k .

dre usage des véhicules particuliers et, partant, par une diminution du nombre de kilomètres parcourus. À long terme, l'ajustement est susceptible de passer aussi par des changements plus irréversibles du côté de la demande (tels que l'achat d'un nouveau véhicule plus économique en carburant) ou du côté offre (développement des transports en commun, amélioration du réseau ferré, etc.).

L'élasticité-prix de court terme est tout à fait cohérente avec les valeurs usuelles des élasticités estimées sur séries temporelles, généralement comprises entre $-0,3$ et $-0,2$ (voir les deux synthèses de Graham et Glaister, 2002, et Goodwin, Dargay et Hanly, 2004). L'élasticité-prix de long terme est quant à elle plutôt inférieure (en valeur absolue) aux valeurs observées dans la littérature, comprises généralement entre $-0,8$ et $-0,6$. Elle est néanmoins identique à celle obtenue par des estimations antérieures non publiées de l'INSEE sur la période 1978-2005 et pas trop éloignée de l'estimation récente de Combet, Gherzi et Hourcade (2009), qui l'estiment à $-0,5$.

1. Élasticités-prix estimées sur séries temporelles (1978T1- 2008T3)

	Élasticité-prix		Élasticité-dépense	
	Court terme	Long terme	Court terme	Long terme
Modèle 1 (référence : consommation totale)				
• énergie domestique	$-0,06$	$-0,17^{(*)}$	$1,72^{(***)}$	$0,83^{(***)}$
• carburants	$-0,19^{(**)}$	$-0,40^{(***)}$	$0,42^{(***)}$	$0,41^{(***)}$
Modèle 2 (référence : consommation d'énergie domestique)				
• fioul	$-0,14^{(**)}$	$-0,20^{(***)}$	$2,3^{(***)}$	$1,40^{(***)}$
• butane	$-0,34^{(***)}$	$-0,01$	$0,40^{(***)}$	$0,78^{(***)}$

Lecture : Dans le modèle 1, le consommateur effectue des arbitrages entre biens à consommation totale donnée. Dans le modèle 2, on examine les arbitrages entre différentes sources d'énergie à consommation en énergie domestique donnée (cf. annexe 1).

Notes : (***) significatif à 5 % ; (**) significatif à 10 % ; (*) significatif à 15 % ; non significatif sinon.

Sources : INSEE, Comptes nationaux trimestriels et calculs des auteurs.

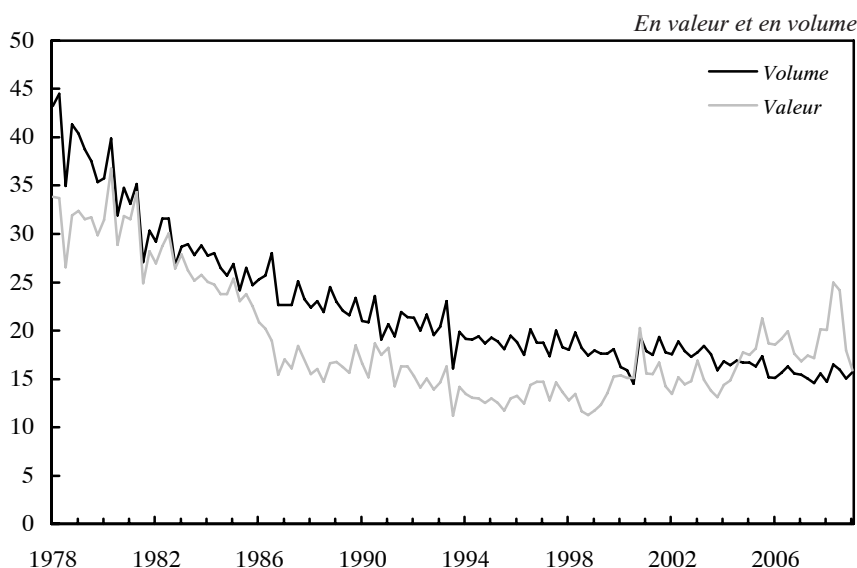
En matière d'énergie domestique⁽⁷⁾, on obtient une élasticité-prix non significativement différente de zéro à court terme et faible à long terme. Ce résultat suggère que la consommation d'énergie domestique est peu sensible à son prix relatif. De fait, on peut imaginer des comportements d'ajustement au prix en termes de consommation (se chauffer moins, s'éclairer moins...) mais ils restent sans doute marginaux. Ces résultats sont du même ordre de grandeur que ceux de Combet, Gherzi et Hourcade (2009), qui obtiennent une élasticité-prix de long terme de $-0,11$ pour l'énergie domestique.

(7) Par rapport aux agrégats standards de la comptabilité nationale, il s'agit de la consommation d'énergie domestique hors eau. Elle comprend les consommations d'électricité, de gaz, de fioul, de gaz de pétrole liquéfié (butane, propane) et de houille.

Ce premier résultat invite à s'intéresser aux substitutions éventuelles entre sources d'énergie domestique. à titre exploratoire, on examine le cas du fioul et du butane, pour lesquels des séries de prix et de consommation en valeur et en volume sont disponibles.

Pour le fioul, on peut qualitativement analyser les substitutions opérées corrélatives aux mouvements de prix. Le fioul était la source d'énergie domestique principale en 1974 au moment du premier choc pétrolier (36 % de la consommation d'énergie domestique en valeur). Sa part dans la consommation d'énergie a chuté, passant de 33 % en valeur en 1979 à 23 % environ en 2008, au profit de l'électricité et du gaz. Parallèlement, le prix relatif du fioul a crû fortement de 1974 à 1986. Il est reparti à la hausse depuis le début des années 2000, corrélativement à l'envolée des prix du pétrole. L'analyse économétrique aboutit à des élasticités-prix estimées de l'ordre de $-0,14$ à court terme et de $-0,20$ à long terme. Pour autant, il ne faut pas sur-interpréter les élasticités ainsi obtenues sur longue période et garder à l'esprit que les ajustements des comportements de consommation sont dissymétriques : l'évolution des consommations de fioul est principalement gouvernée par des substitutions technologiques (adoption du chauffage au gaz ou du chauffage électrique), qui sont largement irréversibles.

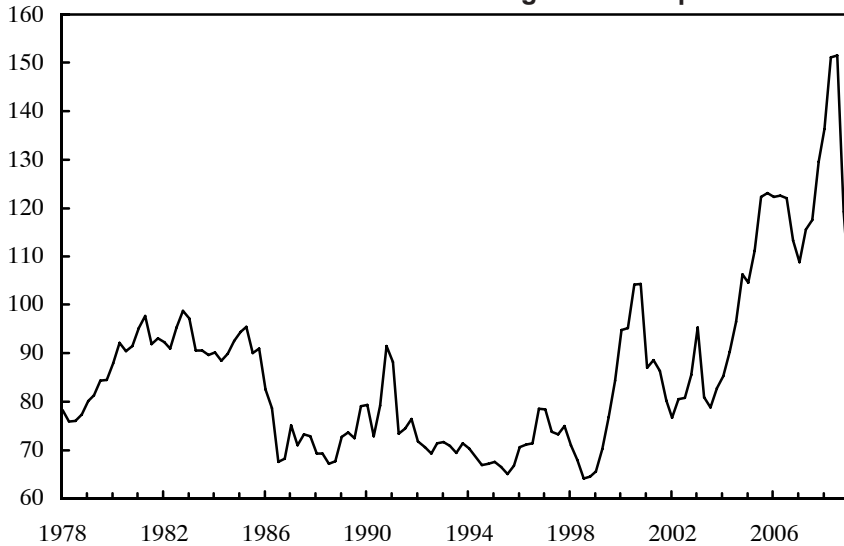
1. Part de la consommation de fioul dans la consommation d'énergie domestique



Lecture : Les volumes sont calculés à prix constants de 2000. Il convient de rappeler que le niveau de la part en volume n'a pas de sens du point de vue de la Comptabilité nationale car elle dépend de la période de base choisie. L'évolution de cette part reflète bien néanmoins les évolutions relatives des deux volumes.

Sources : INSEE, Comptes nationaux trimestriels et calculs des auteurs.

2. Prix de la consommation de fioul rapporté au prix de la consommation d'énergie domestique



Sources : INSEE, Comptes nationaux trimestriels (indice base 100 en 2000) et calculs des auteurs.

Dans le cas du butane, on peine à obtenir une élasticité-prix de long terme significativement différente de zéro. On observe bien une baisse tendancielle de la part du butane dans la consommation d'énergie domestique, passée (en volume) de près de 10 % en 1981 à moins de 4 % à la mi-2008. En valeur, la part du butane est relativement constante sur la période (de l'ordre de 4 %). Toutefois, l'agrégat moyen gomme les spécificités de cette énergie. L'utilisation du butane résulte moins d'un effet prix que d'un effet d'offre, à savoir l'absence de raccordement possible à un réseau de gaz de ville. Le recours au butane est ainsi quatre fois plus important au sein des habitations non raccordées à un tel réseau. Dès lors, le type de modélisation utilisé apparaît assez mal adapté au marché du butane.

2. L'utilisation du véhicule pour les trajets domicile-travail : principale explication des différences de sensibilité entre les ménages

Pour rendre compte de l'hétérogénéité des comportements de consommation et apprécier les effets différenciés d'une hausse de prix selon les catégories de ménages, il est nécessaire d'utiliser des données individuelles de consommation issues des enquêtes de Budget. Dans cette partie, on mobilise donc les données tirées de la dernière enquête Budget de famille de l'INSEE, qui couvre la période de mars 2005 à février 2006.

En pratique, les enquêtes de budget permettent d'obtenir les montants de dépenses des ménages mais pas les prix unitaires d'achat. En général, les prix utilisés dans les travaux empiriques sont donc des prix moyens natio-

naux (les indices détaillés de prix à la consommation). Pour une enquête en coupe, la seule variabilité du prix d'un bien donné provient de la (faible) variabilité temporelle résultant de la période de collecte de l'enquête.

Pour introduire plus de variabilité de prix entre les ménages, on retient l'approche proposée par Ruiz et Trannoy (2008)⁽⁸⁾, qui consiste à construire des indices de prix personnalisés par ménage comme moyennes géométriques d'indices de prix à la consommation élémentaires pondérés par la structure de consommation des ménages :

$$\log p_{h,j} = \sum_{m=1}^{M_j} w_{h,m} \log p_m$$

où p_m désigne l'indice de prix élémentaire du poste de consommation m inclus dans le poste j de la nomenclature agrégée de produits utilisée ($j = 1, \dots, K$) et $w_{h,m}$ le coefficient budgétaire du poste m pour le ménage h (c'est-à-dire la part des dépenses consacrée au poste m dans les dépenses totales du ménage h). On retient dix postes de consommations, à savoir alimentation, alcools et tabacs, habillement, logement, énergie domestique, équipement domestique, transports, carburants, loisirs (y compris alimentation extérieure) et autres services (santé, communication, éducation, services divers).

La méthode des indices de prix personnalisés trouve ses limites dans le cas des énergies domestiques. En effet, les indices de prix élémentaires disponibles et compatibles avec les postes de consommation de l'enquête Budget de famille ne concernent que trois postes : l'électricité-gaz (y compris les dérivés du pétrole butane, propane et GPL), les combustibles liquides (fioul, mazout) et les combustibles solides (charbon, coke, houille). Pour 70 % des ménages, les dépenses d'énergie domestique sont concentrées sur un seul poste, l'électricité-gaz. Seule une infime proportion des ménages (moins de 3 %) effectue des dépenses sur ces trois postes. La variabilité induite par la méthode des indices de prix personnalisés est donc très limitée dans le cas des énergies domestiques. Contrairement aux autres postes de consommations, pour lesquels on utilise des indices de prix personnalisés, on préfère donc retenir des prix unitaires⁽⁹⁾ dans le cas du poste carburants.

à partir de la spécification générale retenue (cf. équation 3 en annexe 2), on obtient des élasticités-prix estimées conformes à l'intuition économique pour les postes carburants, alimentaire et loisirs (tableau 2). La consommation de loisirs est ainsi nettement plus sensible aux variations de prix

(8) L'approche adoptée par Nichèle et Robin (1995) ou par Brännlund and Nordström (2004) nous paraît moins convaincante. Elle consiste à estimer les paramètres du système de demande à la fois sur données individuelles et sur séries temporelles macroéconomiques, puis à retenir comme estimateur final une moyenne pondérée des deux estimations (dérivant d'une minimisation d'un critère de distance).

(9) Les prix unitaires sont calculés comme le rapport des dépenses aux quantités, renseignées par les ménages dans l'enquête Budget de famille. Pour les autres postes (sauf pour l'alimentation), le calcul de prix unitaire n'est pas possible à partir de cette source.

que la consommation alimentaire, cette dernière étant une consommation de première nécessité offrant moins de marges d'ajustement. Une hausse du prix des carburants de 1 % se traduirait quant à elle par une réduction de la consommation de carburants des ménages de l'ordre de 0,7 %.

Avec une spécification réduite sans effets prix croisés (*cf.* équation 4 en annexe 2), on obtient des élasticités-prix estimées relativement comparables. En ce qui concerne le poste carburants, l'élasticité-prix est un peu plus élevée (en valeur absolue) : une hausse du prix des carburants de 1 % se traduit par une réduction de la consommation de carburants des ménages d'environ 1 %. Les élasticités-prix pour les postes alimentation et loisirs s'établissent désormais à $-0,4$ et $-3,1$.

L'élasticité-prix directe de la consommation de carburants est plutôt supérieure, en valeur absolue, à celles issues d'estimations analogues sur

2. Élasticités-prix estimées sur données transversales

	Modèle général ⁽³⁾		Modèle réduit ⁽⁴⁾	
	Élasticité-prix	Nombre de ménages	Élasticité-prix	Nombre de ménages
Alimentation	- 0,43 (0,16)	3 024	- 0,36 (0,69)	10 198
Carburants	- 0,70 (1,24)	3 024	- 0,98 (0,12)	6 313
Loisirs	- 2,53 (0,30)	3 024	- 3,12 (0,16)	10 101

Lecture : Élasticités-prix compensées, calculées au point moyen de l'échantillon ; les estimations ont été réalisées poste par poste. L'écart-type figure entre parenthèses.

Notes : (3) et (4) renvoient aux spécifications des modèles retenus, présentés en annexe 2.

Sources : INSEE, enquête Budget de famille de 2006 et calculs des auteurs.

données individuelles en coupe, généralement proches de $-0,5$ ou $-0,6$ (voir à nouveau Graham et Glaister, 2002 ou Goodwin, Dargay et Hanly, 2004). Elle n'est pas pour autant improbable : sur les données américaines en panel du Consumer Expenditure Survey, Puller et Greening (1999) obtenaient des élasticités de court terme (à un trimestre) comprises entre $-0,83$ et $-1,28$, selon la spécification retenue.

À partir de la spécification réduite (4), on a étudié les différences de sensibilité de la consommation aux prix des carburants suivant les catégories de ménages. En effet, on pouvait s'attendre à une différence de sensibilité suivant les revenus ou la localisation (milieu urbain/milieu rural) du ménage. Il apparaît que le facteur discriminant est l'utilisation du véhicule, plus particulièrement dans le cadre des trajets domicile-travail. Il ressort que les ménages utilisant leur véhicule personnel pour le déplacement domicile-travail sont moins sensibles à une hausse du prix des carburants que

les ménages ne l'utilisant pas à cet effet (tableau 3). Les ménages utilisant leur véhicule personnel pour le déplacement domicile-travail sont sans doute plus contraints en moyenne et peuvent moins facilement se tourner vers d'autres moyens de transports tels que les transports en commun.

En étudiant la sensibilité des ménages au prix des carburants suivant le lieu d'habitat, on trouve que les ménages vivant en milieu rural sont plus sensibles à une hausse de prix des carburants que les ménages urbains. Ce résultat, de prime abord contre-intuitif, ne fait que confirmer l'importance de l'utilisation du véhicule par le ménage. Ainsi, dans la population des ménages utilisant leur véhicule pour les trajets domicile-travail, les ruraux paraissent un peu moins sensibles à une hausse de prix des carburants que les urbains en raison d'une dépendance plus grande à leur véhicule. Cette différence n'est toutefois pas significative. En revanche, dans la population des ménages n'utilisant pas leur véhicule pour les trajets domicile-travail, les ruraux sont beaucoup plus sensibles que les urbains aux prix des carburants. Ce dernier résultat s'explique par la composition particulière de cette sous-catégorie, majoritairement constituée de ménages dont la personne de référence est retraitée.

Enfin, les ménages les moins aisés (c'est-à-dire ceux qui se situent en dessous de la médiane de niveau de vie) paraissent légèrement plus sensibles à une hausse des prix des carburants que les ménages les plus aisés. Toutefois cette différence n'est, là encore, pas significative.

3. Élasticités-prix estimées sur données transversales pour le poste carburants

	Élasticité-prix	Nombre de ménages
Ménages utilisant leur véhicule pour le déplacement domicile-travail	- 0,80 (0,21)	4 043
Ménages n'utilisant pas leur véhicule pour le déplacement domicile-travail	- 1,51 (0,12)	2 270
Ménages les moins aisés	- 1,04 (0,20)	2 545
Ménages les plus aisés	- 0,93 (0,14)	3 768
Ménages utilisant leur véhicule pour le déplacement domicile-travail et habitant en milieu rural	- 0,68 (0,21)	1 181
Ménages utilisant leur véhicule pour le déplacement domicile-travail et habitant en milieu urbain	- 0,85 (0,15)	2 862

Lecture : Élasticités-prix compensées, calculées au point moyen de l'échantillon ; l'écart-type figure entre parenthèses.

Sources : INSEE, enquête Budget de famille de 2006 et calculs des auteurs.

Les résultats présentés ci-dessus pour le poste « carburants » sont confirmés lorsqu'on estime un modèle expliquant directement le volume de carburants consommé plutôt que le coefficient budgétaire. Dans ce modèle, le paramètre estimé du prix des carburants est alors directement interprété comme l'élasticité-prix. Avec cette spécification retenant comme variables explicatives le prix des carburants, le revenu du ménage et les variables sociodémographiques du ménage (âge du chef de famille, catégorie socio-professionnelle, taille et composition du ménage, etc.), on obtient une élasticité-prix de l'ordre de $-0,85$ (à comparer à la valeur $-0,98$ obtenue dans le modèle réduit spécifié sur les parts budgétaires). Cette modélisation fait également ressortir une sensibilité de la consommation aux prix des carburants plus forte pour les ménages utilisant leur véhicule personnel pour le déplacement domicile-travail que pour ceux ne l'utilisant pas à cet effet.

Enfin, on modélise le volume de carburant consommé par véhicule plutôt que le volume total de carburant consommé par le ménage. On trouve alors une élasticité-prix de l'ordre de $-0,75$, légèrement plus faible (en valeur absolue) que celle obtenue à partir du modèle expliquant le volume total de carburants consommé ($-0,85$). Trouver des élasticités-prix moindres de la consommation par véhicule que par ménage est un résultat usuel, bien établi dans la littérature. Ainsi, Graham et Glaister (2002) et Goodwin, Dargay et Hanly (2004) rapportent une différence entre ces deux élasticités de l'ordre de $0,10$ à $0,15$.

Conclusion

Ce complément avait pour objectif d'estimer des élasticités-prix des consommations énergétiques des ménages, en distinguant les consommations d'énergie domestique et les consommations de carburants. Il cherchait également à évaluer les effets différenciés d'une hausse de prix des carburants selon les catégories de ménages en mobilisant des données individuelles de consommation issues de l'enquête Budget de famille de 2006. Disposer d'ordres de grandeur sur ces paramètres est en effet un pré-requis indispensable à tout exercice de simulation et d'évaluation d'une réforme de la fiscalité indirecte sur les consommations d'énergies fossiles telle que celle envisagée pour la contribution climat-énergie.

À partir de séries temporelles issues de la comptabilité nationale, on estime des élasticités-prix moyennes de la demande significatives pour les carburants, de l'ordre de $-0,2$ à court terme et de $-0,4$ à long terme. Les élasticités de très court terme obtenues à partir de l'approche microéconomique sont comprises entre $-1,0$ et $-0,7$. L'analyse microéconomique montre également que les ménages utilisant leur véhicule personnel pour le déplacement domicile-travail sont moins sensibles à une hausse du prix des carburants que les ménages ne l'utilisant pas à cet effet. La différence de sensibilité entre les ménages les moins et les plus aisés apparaît, quant à elle, assez faible.

Deux pistes de prolongement de ce travail pourraient être envisagées :

- les ajustements décrits à travers les élasticités estimées sur données microéconomiques sont des ajustements de très court terme, à équipement automobile et à logement donnés, qui passent essentiellement par des ajustements sur les kilomètres parcourus. À plus long terme, face à une hausse du prix des carburants, les ménages ont également la possibilité de renouveler leur équipement automobile en choisissant des véhicules plus économes en énergie ou moins onéreux en termes de prix au kilomètre (substitution diesel/essence), voire de modifier leur choix de localisation d'habitation. La description de ces comportements nécessiterait un suivi des consommateurs dans le temps (panel). Le panel « parc auto » géré par l'Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS) pourrait être mobilisé utilement à cette fin ;

- dans la perspective d'une simulation d'une réforme de la fiscalité sur les combustibles fossiles, il apparaît également nécessaire de se doter d'un cadre qui permette de décrire des dynamiques de bouclage macroéconomique et de préciser les scénarios de recyclage des produits de cette fiscalité. Cet exercice a notamment été réalisé dans le cadre du modèle d'équilibre général calculable IMACLIM (par Combet, Gherzi et Hourcade, 2009). Ces auteurs soulignent l'importance des scénarios retenus dans l'évaluation bien comprise des effets distributifs d'une éventuelle contribution climat-énergie.

Annexe 1

Relation demande/prix agrégée de long terme dérivée d'un modèle théorique

Le cadre théorique retenu, très simplifié, considère un consommateur représentatif dont la fonction d'utilité U est intertemporelle, à horizon infini (pour appréhender le long terme) :

$$U = \int_0^{\infty} \text{Log}(U_t) e^{-\rho t} dt$$

où U_t est l'utilité à la date t et ρ le taux de préférence pour le présent.

À chaque période, le consommateur représentatif fait face à une utilité instantanée U_t à élasticité de substitution constante :

$$U_t = \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i c_{it}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

où (c_{it}) désignent les demandes en biens i , $i = 1$ à n , (α_i) des paramètres de préférence, normalisés à la Hickman et Lau (1973) $\left(\sum_{i=1}^n \alpha_i^{\sigma} = 1 \right)$ et $\sigma > 0$ est l'élasticité de substitution entre les biens.

Le consommateur maximise son utilité intertemporelle sous contrainte budgétaire :

$$\max \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \text{Log}(U_t) dt$$

$$\text{s.c.} \quad \sum_i^n p_{it} c_{it} \leq P_t C_t$$

$$\dot{w}_t = r_t w_t + R_t - P_t C_t$$

où w_t désigne sa richesse, R_t son revenu, C_t sa consommation totale, r_t le taux d'intérêt, (p_{it}) les prix des biens i , $i = 1, \dots, n$ et P_t le prix de la consommation totale à l'instant t .

L'hypothèse usuelle de séparabilité intertemporelle des préférences (l'utilité courante ne dépend que des consommations présentes) permet de résoudre ce programme en deux étapes. Dans un premier temps, le consommateur répartit son revenu intertemporel entre ses dépenses de consommation ($P_t C_t$) à chaque période. Dans un second temps, pour un niveau de dépenses de consommation instantanée ($P_t C_t$) donné, il répartit ses achats entre les différents biens.

De la résolution de ce programme on tire des demandes de consommation en bien i à la période t dépendant de la consommation instantanée totale, du prix relatif du bien i rapporté au prix de la consommation totale et de l'élasticité de substitution entre les biens :

$$c_{it} = \alpha_i^\sigma \left(\frac{p_{it}}{P_t} \right)^{-\sigma} C_t$$

avec :

$$P_t = \left(\sum_{i=1 \dots n} \alpha_i^\sigma p_i^{1-\sigma} \right)^{1/(1-\sigma)}$$

La log-linéarisation permet de déboucher sur une spécification linéaire testable, dès lors que P_t est approché par un indice de prix observable (e.g. l'indice des prix à la consommation) :

$$(1) \quad \log(c_{it}) = \sigma \log(\alpha_i) - \sigma \log\left(\frac{p_{it}}{P_t}\right) + \log(C_t)$$

On définit l'élasticité de la consommation C_{it} d'un bien i par rapport à son prix relatif p_{it}/P_t (ou élasticité-prix de la consommation C_{it}) comme la variation relative de la consommation induite par une hausse de + 1 % des prix relatifs p_{it}/P_t . Dans ce modèle, l'élasticité-prix de la consommation C_{it} est donc égale à $-\sigma$, l'opposé de l'élasticité de substitution entre les biens.

Pour l'estimation sur séries temporelles, cette relation sera considérée comme la relation de long terme d'un modèle vectoriel dynamique à correction d'erreur (VECM) formulé sur les trois variables précitées (consommation du bien i considéré, rapport des prix relatifs et consommation totale)^(*). Le passage d'un modèle théorique statique à un modèle estimé dynamique se traduit par la différenciation des élasticités-prix de la demande

(*) En pratique, après les tests usuels confirmant la non-stationnarité des séries considérées ici, on estime un modèle vectoriel à correction d'erreur (VECM) avec une relation de cointégration lorsque celle-ci a été confirmée par les tests. Dans le cas contraire, on estime uniquement un modèle dynamique (en différences) sans relation de long terme.

de court terme et de long terme. L'élasticité-prix de court terme (respectivement de long terme) en bien k se définit comme la variation instantanée (respectivement à long terme) relative de la quantité consommée consécutive à une variation relative de $+ 1 \%$ du prix du bien k .

Ce modèle peut s'appliquer à différents niveaux d'agrégation des postes de consommation (avec une élasticité de substitution associée), au prix d'hypothèses ad hoc sur les séquences de décisions de consommation. Ainsi, on considère dans un premier temps un modèle (1) dans lequel les ménages choisissent, entre autres, les consommations de carburants et les consommations d'énergie domestique pour un niveau de consommation totale C_t .

Dans un second temps, on peut supposer que les ménages choisissent un niveau de dépenses en énergie domestique et arbitrent ensuite entre les différentes sources d'énergie disponibles (modèle (2)). Dans ce cas, on obtient une relation analogue à (1) pour chaque source d'énergie domestique possible ($e = 1 \dots E$), où $P_{E,t}$ est l'indice du prix de la consommation en énergie domestique et $C_{E,t}$ la consommation totale en énergie domestique.

$$(2) \quad \log(c_{et}) = \sigma_E \log(\alpha_e) - \sigma_E \log\left(\frac{P_{et}}{P_{E,t}}\right) + \log(C_{E,t})$$

En ce qui concerne le fioul, la modélisation vectorielle à correction d'erreur (VECM) ne permettait pas d'obtenir des résultats satisfaisants. On a retenu une spécification réduite de type équation à correction d'erreur, où les paramètres de la relation de cointégration sont estimés de manière efficace par la méthode de Stock et Watson (1993). La relation de long terme contient également une tendance déterministe avec double rupture de pente en 1986 et 1993 (Carrion-i-Silvestre et Sanso, 2007).

Annexe 2

Spécification QAIDS du système de demande

Dans la littérature, différentes formes fonctionnelles ont été proposées pour décrire un système de demande. Le modèle QAIDS (*Quadratic Almost Ideal Demand System*) est le plus couramment utilisé. Il a été proposé par Deaton et Muellbauer (1980). Nous utilisons la version légèrement amendée par Banks, Blundell et Lewbel (1997) qui consiste à introduire un terme quadratique de budget pour mieux rendre compte des non-linéarités des courbes d'Engel⁽¹⁾ (par exemple, pour les boissons alcoolisées ou l'habillement).

Ce modèle est une spécification d'une classe de préférences qui assure la cohérence entre les comportements microéconomiques et les agrégats macroéconomiques. Outre cette propriété d'agrégation, ce modèle fournit une forme fonctionnelle assez flexible, compatible avec les données tirées des enquêtes de budget.

Le modèle général est spécifié comme suit, pour les coefficients budgétaires $w_{h,k}$ pour un ménage h :

$$(3) \quad w_{h,k} = \alpha_{h,k} + \sum_{j=1}^K \gamma_{kj} \log p_{h,j} + \beta_k \log \left(\frac{X_h}{P^*} \right) + \lambda_k \left[\log \left(\frac{X_h}{P^*} \right) \right]^2 + u_{h,k}$$

où $w_{h,k} = \frac{p_{h,k} q_{h,k}}{x_h} = \frac{x_{h,k}}{x_h}$, est le coefficient budgétaire pour le bien k , c'est-

à-dire le rapport entre la dépense en bien k et la dépense totale, pour le ménage h . $\alpha_{h,k}$ contient la constante et des variables sociodémographiques décrivant l'hétérogénéité des ménages (âge du chef de famille, catégorie

(1) Les courbes d'Engel, relatives à un bien, représentent la part du budget consacrée à ce bien en fonction du revenu du consommateur.

socioprofessionnelle, taille et composition du ménage, etc.), les indices de prix $p_{h,j}$ sont des indices de prix personnalisés pour les K postes agrégés de consommation (sauf pour le poste carburants, où on utilise un prix unitaire) et P^* est l'indice de prix de Stone, approximation du niveau général des prix théorique.

P^* se définit comme la somme des indices de prix élémentaires pondérés par les parts budgétaires moyennes :

$$\log(P^*) = \sum_{j=1}^K \bar{w}_j \log p_j$$

À partir de cette spécification, on peut calculer les élasticité de dépenses (e^x) et les élasticité-prix directes et croisées, compensées (e^{pc}) et non compensées (e^{pnc}).

L'élasticité-prix non compensée est l'élasticité (c'est-à-dire la réponse de la demande à une variation du prix) qui tient compte à la fois de l'effet de substitution et de l'effet de revenu réel. En effet, l'ajustement des consommations suite à une hausse de prix d'un bien passe par deux effets. Le consommateur peut consommer davantage d'un autre bien dont le prix relatif baisse (effet de substitution). Cependant, la hausse des prix diminue également son pouvoir d'achat (à revenu courant inchangé) et la baisse de revenu réel qui en découle peut également entraîner une modification de ses consommations (effet revenu). L'élasticité-prix compensée est ainsi une élasticité qui reflète uniquement l'effet de substitution, en corrigeant de l'effet de revenu réel. Enfin, les élasticité-prix croisées mesurent l'impact d'une variation du prix d'un bien sur la demande d'un autre bien.

L'élasticité-dépense et les différentes élasticité-prix sont fonctions des paramètres estimés. Elles s'obtiennent à partir des formules suivantes et de l'expression de $\log(q_{k,h})$ dérivée de la définition de $w_{h,k}$ donnée précédemment :

- élasticité-dépense :

$$e_{h,k}^x \equiv \frac{\partial \log(q_{h,k})}{\partial \log(X_h)} = 1 + \left(\frac{1}{w_{h,k}} \right) \left(\frac{\partial w_{h,k}}{\partial \log(X_h)} \right) = 1 + \frac{\beta_k}{w_{h,k}} + 2 \frac{\lambda_k}{w_{h,k}} \log \left(\frac{X_h}{P^*} \right)$$

- élasticité-prix non compensée⁽²⁾ :

$$\begin{aligned} e_{h,k,j}^{pnc} &\equiv \frac{\partial \log(q_{h,k})}{\partial \log p_j} = -\delta_{kj} + \left(\frac{1}{w_{h,k}} \right) \left(\frac{\partial w_{h,k}}{\partial \log p_j} \right) \\ &= -\delta_{kj} + \frac{\gamma_{kj}}{w_{h,k}} - \beta_k \frac{\bar{w}_j}{w_{h,k}} - 2 \frac{\lambda_k \bar{w}_j}{w_{h,k}} \log \left(\frac{X_h}{P^*} \right) \end{aligned}$$

(2) Pour le calcul des élasticité-prix théoriques, on assimile les prix par ménage $p_{h,j}$ aux prix moyens p_j .

- élasticité-prix compensée :

$$e_{h,k,j}^{pc} = e_{h,k,j}^{pnc} + e_{h,k}^X w_{h,j}$$

où $\delta_{kj} = 1$ si $k = j$ (élasticité directe) et $\delta_{kj} = 0$ si $k \neq j$ (élasticité croisée).

Dans le cas d'élasticités-prix directes, la formule des élasticités-prix compensées se simplifie :

$$e_{h,k}^{pc} = e_{h,k}^{pnc} + e_{h,k}^X w_{h,k} = -1 + \frac{\gamma_k}{w_{h,k}}$$

Ce sont les élasticités-prix compensées, calculées pour un ménage moyen, qui sont présentées dans les tableaux de la partie 2.

On le voit, ce modèle introduit en premier lieu de l'hétérogénéité entre ménages car les élasticités-prix dépendent des coefficients budgétaires individuels et du niveau de dépense totale. Une source supplémentaire d'hétérogénéité peut être obtenue si l'estimation du modèle sur des sous-catégories c de ménages bien choisies fournit des paramètres $\beta_{k,c}$ et $\lambda_{k,c}$ significativement dépendants de c (ou via l'introduction de coefficients eux-mêmes variables avec les caractéristiques du ménage).

Enfin, on traite deux problèmes économétriques additionnels.

En premier lieu, il y a présomption d'endogénéité de la consommation totale car les mêmes facteurs individuels peuvent expliquer à la fois le niveau de la consommation et sa structure par produits. Dans ce cas, une instrumentation usuelle consiste à utiliser le revenu du ménage, en arguant que le niveau de revenu détermine en premier lieu l'arbitrage entre consommation et épargne et, secondairement, les choix de consommation à consommation totale donnée⁽³⁾.

En second lieu, certains postes de consommation peuvent se caractériser par des coefficients budgétaires nuls chez certains ménages, pour diverses raisons. Une consommation nulle peut bien refléter un choix de consommation et, dans ce cas, on est confronté à une non-consommation. Toutefois une consommation nulle observée peut également provenir du fait que l'intervalle d'observation de l'enquête (une quinzaine de jours pour les carnets de dépenses de l'enquête Budget de famille) est inférieur à la périodicité d'achat du bien (par exemple les produits alimentaires stockables ou les produits d'entretien) ou que ce bien n'est consommé qu'occasionnellement (par exemple certains loisirs ou biens durables). Dans ce cas, la non-consommation est une fausse non-consommation, qui résulte plutôt

(3) Une autre solution est d'introduire directement le revenu dans l'équation de demande mais au prix d'une erreur de mesure plus importante, car le revenu est en général moins bien mesuré que la consommation totale dans les enquêtes de Budget.

d'un problème d'échantillonnage. Au niveau assez agrégé auquel on se situe pour les estimations, les postes concernés par les consommations nulles sont principalement les tabacs et alcools (avec 31 % de non-consommation), les transports (21 %) et les carburants (38 % de l'ensemble des ménages et 28 % des ménages possédant un véhicule à moteur).

La méthode de correction retenue pour traiter ce second problème est due à Heckman. Elle consiste à modéliser en premier lieu la décision de consommer en fonction des caractéristiques sociodémographiques du ménage et à estimer ensuite la relation d'intérêt expliquant les coefficients budgétaires en tenant compte de cette sélection. Ceci revient à introduire en variable explicative supplémentaire le ratio de Mills⁽⁴⁾.

Dans cette spécification, la prise en compte d'effets-prix croisés présente l'inconvénient de réduire la taille de l'échantillon étudié. En effet, par construction, les indices de prix personnalisés des autres consommations ne sont disponibles qu'à la condition que le ménage ait consommé de ces autres biens. De fait, les élasticités-prix directes figurant dans la spécification générale n'ont été estimées que sur 30 % de l'échantillon initial, soit 3 000 ménages environ.

On a donc également estimé des élasticités-prix directes à partir d'une spécification réduite qui ne prend en compte que l'indice de prix du bien concerné et l'indice de prix de Stone, soit :

$$(4) \quad w_{h,k} = \alpha_{h,k} + \gamma_{kk} \log\left(\frac{P_{h,k}}{P^*}\right) + \beta_k \log\left(\frac{X_h}{P^*}\right) + \lambda_k \left[\log\left(\frac{X_h}{P^*}\right) \right]^2 + u_{h,k}$$

Cette spécification présente l'avantage de ne pas introduire de sélection d'échantillon additionnelle (mais ne permet pas en contrepartie d'estimer des élasticités-prix croisées).

(4) Le ratio de Mills est défini comme le rapport entre la densité et la fonction de répartition d'une loi normale centrée réduite évaluée au point x . On montre que ce ratio intervient dans l'expression de l'espérance d'une loi normale conditionnée par la valeur prise par une autre loi normale lorsque les deux lois sont corrélées. Intuitivement, cela signifie que l'estimation des paramètres de l'équation de demande doit prendre en compte le fait que cette demande n'est observée que pour les ménages ayant décidé de consommer le bien en question.

Références bibliographiques

- Banks J., R. Blundell et A. Lewbel (1997) : « Quadratic Engel Curves and Consumer Demand », *Review of Economic and Statistics*, vol. 79, n° 4, pp. 527-539.
- Brännlund R. et J. Nordström (2004) : « Carbon Tax Simulations Using a Household Demand Model », *European Economic Review*, vol. 48, n° 1, pp. 211-233.
- Carrion-i-Silvestre J. et A. Sanso (2007) : « The KPSS Test with Two Structural Breaks », *Spanish Economic Review*, vol. 9, n° 2, pp. 105-127.
- Combet E., F. Ghersi et J-C. Hourcade (2009) : « Taxe carbone, une mesure socialement régressive ? Vrais problèmes et faux débats », *Document de Travail du CIREAD*, n° 2009-12.
- Deaton A. et J. Muellbauer (1980) : « An Almost Ideal Demand System », *American Economic Review*, vol. 70, n° 3, pp. 312-336.
- Goodwin P., J. Dargay et M. Hanly (2004) : « Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review », *Transport Reviews*, vol. 24, n° 3, pp. 275-292.
- Graham D.J. et S. Glaister (2002) : « The Demand for Automobile Fuel: A Survey of Elasticities », *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 36, n° 1, pp. 1-26.
- Hickman G.B. et L.J. Lau (1973) : « Elasticities of Substitution and Export Demands in a World Trade Model », *European Economic Review*, vol. 4, n° 4, pp. 347-80.
- Nichèle V. et J-M. Robin (1995) : « Simulation of Indirect Tax Reforms Using Pooled Micro and Macro French Data », *Journal of Public Economics*, vol. 56, n° 2, pp. 225-244.
- Puller S.L. et A.L. Greening (1999) : « Household Adjustment to Gasoline Price Change: An Analysis Using 9 years of US Survey Data », *Energy Economics*, vol. 21, n° 1, pp. 37-52.
- Ruiz N. et A. Trannoy (2008) : « Le caractère régressif des taxes indirectes : les enseignements d'un modèle de micro-simulation », *Économie et Statistique*, n° 413, pp. 21-46.
- Stock J. et M. Watson (1993) : « A Simple Estimator of Cointegrated Vectors in Higher Order Integrated Systems », *Econometrica*, vol. 61, n° 4, pp. 783-820.

Complément C

Prix du pétrole et croissance potentielle à long terme^(*)

Guy Lalanne, Erwan Pouliquen et Olivier Simon

INSEE, Division croissance et politiques macroéconomiques

Si les cours du baril de pétrole ont récemment baissé de manière spectaculaire, la perspective d'un prix de l'énergie élevé à moyen et long termes reste fortement probable, notamment en raison de la prévision d'un pic de production pétrolière dans un avenir plus ou moins proche.

Le but de ce complément est d'évaluer l'impact de la hausse attendue du prix du pétrole sur la croissance à long terme de l'économie française. En l'absence d'évolution du prix du pétrole, l'évaluation aboutirait, sous les hypothèses retenues, à un potentiel de croissance de 2 % par an environ en s'abstrayant des fluctuations de court terme émanant de la demande. Les scénarios de hausse du prix du pétrole envisagés conduisent à une perte de croissance par rapport à ce scénario de base comprise entre 0,1 et 0,6 point par an à moyen terme. Une part importante de l'effet du renchérissement du prix du pétrole sur la croissance française à long terme passerait par un impact défavorable sur l'industrie, fortement consommatrice d'énergie mais aussi moteur du progrès technique. Au total, les différents scénarios envisagés induiraient une perte *cumulée* de valeur ajoutée sur l'ensemble de la période comprise entre 1,4 et 7,3 %.

(*) Nous remercions Pierre Joly et Antoine d'Autume pour les commentaires enrichissants qu'ils ont apportés à ce complément. Nous tenons aussi à remercier Jean-Jacques Becker, Didier Blanchet, Hélène Erkel-Rousse, Pierre-Alain Pionnier et Hélène Thélot pour leur aide précieuse. Ce complément ne reflète pas la position de l'Insee et n'engage que ses auteurs.

Cet exercice de croissance potentielle a été réalisé en modélisant l'économie à l'aide de fonctions de production à élasticités de substitution constantes incluant le facteur énergie, aux côtés des habituels facteurs capital et travail. Alliant souplesse et simplicité, les différentes modélisations testées rendent ainsi compte des évolutions de la consommation intermédiaire d'énergie dans la production. Une première étape de modélisation considérant l'économie au niveau agrégé est complétée par le développement d'un modèle sectoriel de croissance potentielle permettant d'évaluer les impacts différenciés d'un prix de l'énergie durablement élevé sur les grands secteurs de l'économie (industrie, services, agriculture et construction).

Les hypothèses de projection ont été choisies pour être les plus consensuelles possibles et les résultats obtenus concernant les scénarios à prix du pétrole constant en découlent. La particularité et l'intérêt de ce complément résident dans la prise en compte rigoureuse de l'évolution du prix du pétrole et de son impact sur la structure sectorielle de l'économie française à long terme.

Il convient de souligner que cet exercice, comme tous les calculs de croissance potentielle, s'appuie sur un raisonnement à fonction de production constante. En particulier, on s'abstrait d'une réflexion sur les questions de modifications structurelles des comportements énergétiques et environnementaux.

1. Modèle à un secteur : effet modéré d'un prix du pétrole élevé

1.1. Projection de référence à prix du pétrole constant

La croissance potentielle peut être définie comme la croissance soutenable à un horizon de moyen-long terme, c'est-à-dire avec une utilisation « normale » des facteurs de production (au sens où elle n'engendre pas de mécanismes inflationnistes). Par conséquent, la croissance potentielle est entièrement déterminée par les facteurs d'offre et s'abstrait des fluctuations engendrées par la demande.

Les exercices de croissance potentielle privilégient traditionnellement deux approches alternatives⁽¹⁾. La première est une approche statistique, qui vise à extraire la composante tendancielle de la série historique de PIB, au moyen d'un filtre de Hodrick-Prescott par exemple. La seconde approche, pouvant être qualifiée de « structurelle », repose sur une fonction de production de l'économie. C'est celle qui est retenue ici. Elle présente l'avantage d'offrir un cadre de comptabilité de la croissance potentielle en fonction de ses déterminants (facteurs de production, productivité globale des facteurs). De plus, elle se prête à la réalisation de scénarios alternatifs selon la valeur de paramètres importants, ce que l'approche statistique ne permet guère.

(1) Pour une présentation plus détaillée et une discussion de la notion de croissance potentielle, le lecteur pourra se référer à Le Bihan, Sterdyniak et Cour (1997).

Dans la littérature traitant de l'impact des variations du prix du pétrole sur la croissance potentielle, trois facteurs de production sont généralement distingués : le travail, le capital et les consommations intermédiaires en énergie. Les manières de combiner ces facteurs au sein d'une fonction de production de l'économie sont diverses. Elles reposent notamment sur les hypothèses adoptées concernant la substitution entre les facteurs. Rasche et Tatom (1977), dans un des premiers travaux sur ce sujet, considèrent par exemple une fonction de Cobb-Douglas multifactorielle. Cette hypothèse, qui revient à supposer une élasticité de substitution unitaire entre les facteurs, est reprise par l'OCDE (2008) dans son évaluation rétrospective de l'effet sur l'offre des variations du prix du pétrole. Il paraît toutefois plus réaliste de supposer que l'élasticité de substitution entre les facteurs est inférieure à 1 et de s'orienter alors vers des fonctions CES (*Constant Elasticity of Substitution*)⁽²⁾. Van der Werf (2008) offre un tour d'horizon de la littérature consacrée à l'estimation de fonctions de production incluant le facteur énergie. Suivant ses notations et afin d'étudier la sensibilité des résultats à la forme fonctionnelle retenue, on considère quatre fonctions de production distinctes : (KL)E, (KE)L, (KLE) et KLE où la notation (KL)E désigne une fonction CES emboîtée dans laquelle le capital et le travail sont combinés sous la forme d'une fonction de Cobb-Douglas, leur agrégat étant combiné ensuite à l'énergie. (KE)L désigne une fonction CES emboîtée dans laquelle le capital et l'énergie sont combinés dans un premier temps avec une élasticité de substitution constante. Les deux facteurs combinés dans un premier temps sont plus substituables entre eux qu'avec le troisième. (KLE) désigne une fonction CES où l'élasticité de substitution est la même entre les trois facteurs et KLE une fonction de Cobb-Douglas multifactorielle.

Dans toute la suite, on s'intéresse à la croissance potentielle de la valeur ajoutée marchande. Les services administrés sont donc retirés du champ de l'étude. L'estimation des élasticités de substitution entre les facteurs sur l'ensemble de l'économie marchande (tableau 1) conduit à des valeurs du même ordre de grandeur que celles figurant dans la littérature, par exemple Van der Werf (2008) ou dans le modèle d'équilibre général Gemini-E3 décrit dans Bernard et al. (2008). La contrainte à 0,4 retenue pour l'élasticité de substitution entre les facteurs dans la fonction CES symétrique (KLE) est conforme à Edenhofer et al. (2005).

Ces formes fonctionnelles fixées pour tout l'horizon de projection excluent de probables changements structurels de l'économie, par exemple des modifications du panier énergétique ou des considérations de soutenabilité environnementale. Ces questions importantes méritent à elles seules un traitement particulier largement au-delà de l'ambition de ce complément. Il faut garder en mémoire cette limite lors de l'interprétation des résultats.

(2) Fonction de production à élasticité de substitution constante. Son expression formelle est fournie en annexe 1.

1. Élasticités de substitution intervenant dans les différentes fonctions de production considérées

Fonction de production	Élasticités de substitution	Méthode d'estimation	Précisions
(KL)E	$\sigma_{KL} = 1$ $\sigma_{(KL)E} = 0,44$	Contraint par hypothèse Calibré	— Valeur moyenne calculée sur 1988, 1995 et 2002
(KE)L	$\sigma_{KE} = 0,23$ $\sigma_{(KE)L} = 0,36$	Estimé par MCO en différence	$R^2 = 0,47$; T de Student = 4,1
		Estimé par MCO en différence	$R^2 = 0,15$; T de Student = 1,9
(KLE)	$\sigma_{KLE} = 0,4$	Calibré	D'après Van der Werf (2008)
KLE	$\sigma_{KLE} = 1$	Contraint par hypothèse	—

Note : Les estimations sont effectuées sur données annuelles, sur la période 1987-2008. Le détail des relations estimées est présenté en annexe 1.
Sources : INSEE, Comptes nationaux annuels, base 2000 et calculs des auteurs.

Étant donné le choix d'une fonction de production, la résolution du programme des entreprises permet d'écrire les demandes de facteurs en fonction de leurs coûts relatifs. La fonction de production s'exprime alors en fonction des facteurs usuels – travail et capital – et du prix réel de l'énergie, c'est-à-dire du prix de l'énergie déflaté par le prix de la valeur ajoutée (annexe 1). Le volume de consommations intermédiaires en énergie se détermine de la même façon. La valeur ajoutée de l'économie s'en déduit en retirant de la production le volume d'énergie consommée. Elle dépend des facteurs travail et capital ainsi que du prix réel de l'énergie. Dans la suite de l'étude, le prix réel de l'énergie sera considéré comme exogène⁽³⁾.

À ce stade, il est possible d'effectuer un calcul de croissance potentielle standard, sans impact des variations du prix réel de l'énergie, c'est-à-dire suivant un scénario prolongeant à l'identique le prix réel de l'énergie de 2009 jusqu'en 2050 (horizon choisi car il correspond à celui des projections de population active réalisées par l'INSEE). En raison de la dynamique des scénarios de prix de l'énergie qui seront envisagés dans la suite, on distingue trois horizons d'étude : 2009-2015, 2016-2030 et 2031-2050.

Dans un cadre où le prix réel de l'énergie est constant, la valeur ajoutée peut s'exprimer sous une forme qui ne fait apparaître que les quantités potentielles de travail et de capital. L'offre de travail est calculée à partir des dernières projections de population active de l'INSEE (Coudin, 2007) en prenant en compte l'articulation des observations du passé récent (années 2006 à 2008) avec les projections. La population en emploi est obtenue en y appliquant un taux de chômage structurel. Le stock de capital, quant à lui, découle d'une relation d'accumulation standard dans laquelle le taux d'investissement et le taux de dépréciation sont constants à long terme. La présentation des hypothèses portant sur les quantités potentielles de facteurs est détaillée en annexe 2.

Avec les hypothèses de projection retenues, les différentes formes de fonction de production conduisent à une croissance potentielle qui se situerait, à court-moyen terme comme à long terme, aux alentours de 1,9 % par an (tableau 2)⁽⁴⁾. Un tel exercice n'a qu'une valeur indicative. Il vise surtout à donner un cadre de départ afin d'étudier ensuite l'impact de la hausse du

(3) Cette hypothèse est également utilisée par Le Barbanchon (2007) dans son étude sur l'impact des variations du prix du pétrole sur l'activité à l'aide d'un modèle d'équilibre général intertemporel stochastique (DSGE). Elle correspond au cas d'une petite économie ouverte qui ne peut influencer à elle seule le prix réel de l'énergie.

(4) La crise financière actuelle diminue dans une certaine mesure la croissance potentielle à court terme du fait du prolongement auto-régressif de la composante cyclique de la production. Néanmoins, la croissance potentielle pour 2009 reste positive selon notre modèle car les déterminants de l'offre, seuls pertinents pour la croissance potentielle, n'y sont pas fortement affectés. Par exemple, le capital n'est pas spécifique à une entreprise. Le stock total de capital ne diminue donc pas du fait de faillites alors qu'en réalité cet effet joue certainement sur la croissance potentielle à moyen terme.

prix du pétrole. Néanmoins, les valeurs obtenues sont du même ordre de grandeur que ceux des calculs prospectifs de croissance potentielle antérieurs⁽⁵⁾.

2. Croissance potentielle dans le modèle à un secteur

En %

	2009-2015	2016-2030	2031-2050
Croissance potentielle dans le modèle à un secteur	[1,8 ; 2,0]	[1,7 ; 1,9]	[1,8 ; 2,0]

Lecture : En moyenne sur la période 2009-2015, la croissance potentielle s'établit entre 1,8 et 2,0 % par an suivant la forme de fonction de production retenue.

Sources : INSEE, Comptes nationaux annuels – base 2000 et calculs des auteurs.

1.2. Fonctionnement du modèle : les effets d'une hausse régulière du prix de l'énergie

Pour mieux analyser les effets d'un renchérissement des cours pétroliers tels qu'ils sont retracés par le modèle, on évalue dans un premier temps l'impact d'une hausse régulière du prix du pétrole. On présente ensuite, à titre d'illustration, les conclusions auxquelles aboutit cette modélisation en termes de croissance potentielle sous les différents scénarios de prix du pétrole proposés par le rapport *Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050* du Centre d'analyse stratégique (Syrota, 2008).

Dans un premier temps, on suppose donc une augmentation régulière et soutenue du prix réel du pétrole se traduisant par une multiplication par 4,5 du prix réel des consommations intermédiaires énergétiques à l'horizon 2050. Par commodité, cette hausse sera dénommée « scénario 1 » dans la suite et sera comparée à un « scénario 0 »⁽⁶⁾ correspondant à un prix réel de l'énergie constant à partir de 2009.

La projection du prix de l'énergie résultant de celle du prix du pétrole est effectuée en modélisant la relation liant le prix réel de l'énergie au prix réel du baril de pétrole, tous deux déflatés par le prix de la valeur ajoutée. La modélisation adoptée, inspirée par le modèle Mésange (Klein et Simon, 2010), est celle d'un processus à correction d'erreur dans lequel, à long terme, le prix réel de l'énergie s'indexe imparfaitement au prix réel du pétrole.

(5) Coupet (2006), qui se fonde aussi sur les projections de population active de Coudin (2007), obtient également une croissance potentielle de 1,9 % par an à long terme. Voir aussi Carone et al. (2006) pour un exercice de croissance potentielle reposant sur des projections de population active plus anciennes.

(6) Ce scénario correspond à celui qui a été utilisé dans l'exercice « standard » de croissance potentielle présenté dans la section 1.1.

Face à la hausse du prix de l'énergie, l'économie réagit en diminuant sa consommation énergétique, ce qui induit une baisse du PIB toutes choses égales par ailleurs. L'impact sur la croissance est d'autant plus fort que l'énergie est complémentaire aux autres facteurs de production. En effet, lorsque la complémentarité est importante, il est plus difficile de substituer du travail ou du capital au facteur énergie.

Dans un tel scénario d'évolution des prix réels énergétiques et en reprenant les hypothèses de la projection standard (section 1.1) relatives au travail, au capital et à la productivité des facteurs de production, la croissance potentielle se dégraderait progressivement, faiblement dès le court-moyen terme puis de façon plus marquée à long terme, de 0,11 à 0,25 point suivant les fonctions de production considérées (cf. tableau 3, ligne « scénario 1 »). L'impact d'une hausse du prix du pétrole d'ampleur différente mais de forme analogue peut être obtenue en utilisant les propriétés de linéarité (en logarithme) approchée du modèle.

3. Impact des différents scénarios de prix énergétique sur la croissance potentielle

	Écart au scénario 0, en points de %		
	2009-2015	2016-2030	2031-2050
Impact sur la croissance potentielle			
• Scénario 1	[- 0,05 ; - 0,03]	[- 0,17 ; - 0,07]	[- 0,25 ; - 0,11]
• Scénario 2	[- 0,02 ; 0,00]	[- 0,02 ; - 0,01]	0,00
• Scénario 3	0,00	[- 0,02 ; - 0,01]	[- 0,02 ; 0,00]
• Scénario 4	[- 0,02 ; - 0,01]	[- 0,06 ; - 0,03]	[0,03 ; 0,08]
• Scénario 5	[- 0,05 ; - 0,03]	[- 0,17 ; - 0,07]	[0,03 ; 0,08]

Lecture : En moyenne sur 2009-2015, le scénario 4 conduirait à un déficit de croissance moyen de 0,01 à 0,02 point par an par rapport au scénario 0, suivant les fonctions de production considérées.

Source : Calculs des auteurs.

1.3. Une illustration à partir des scénarios du rapport Syrota

Les scénarios prospectifs concernant l'évolution future des prix de l'énergie et, en particulier, celui du baril de pétrole sont nombreux. Ils proviennent notamment de l'Agence internationale de l'énergie, du Conseil mondial de l'énergie ou encore de sociétés pétrolières. En France, la Commission Énergie, mise en place par le Centre d'analyse stratégique et présidée par Jean Syrota, a proposé plusieurs scénarios envisageables de prix de l'énergie dans le cadre du rapport sur les « Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2025 » (Syrota, 2008). S'ils diffèrent sur les dynamiques et les niveaux atteints, la plupart de ces scénarios s'accordent pour prévoir une hausse durable du prix du pétrole dans les décennies à venir.

Cette hausse serait le résultat de deux types de facteurs⁽⁷⁾. Le premier est un facteur de long terme, lié à la prime de rareté attachée au pétrole (Hotelling, 1931). L'épuisement progressif des ressources pétrolières conduirait à une augmentation graduelle du prix des produits pétroliers (égale au taux d'intérêt réel) : cette hausse anticipée du prix permet aux producteurs d'égaliser les rendements de la stratégie consistant à extraire le pétrole immédiatement et de celle consistant à en retarder l'extraction. Le second facteur est relatif au court-moyen terme : le prix du pétrole pourrait augmenter fortement dans le cadre d'une phase de forte expansion économique liée à la croissance structurelle des pays émergents d'Asie. Le rapport Syrota (2008)⁽⁸⁾ fait l'hypothèse d'un baril dont le prix serait compris entre 50 et 80 dollars sur la période 2006-2015 (en dollars constants de 2006), augmenterait fortement pour atteindre 100-150 dollars entre 2015 et 2030 et diminuerait ensuite pour se situer à une valeur de long terme de 100 dollars en 2050, qui correspondrait, à cet horizon temporel, aux coûts marginaux de production des autres énergies fossiles.

En se fondant sur les prévisions conjoncturelles disponibles, on fait ici l'hypothèse d'un prix du baril de pétrole aux alentours de 55 dollars pour l'année 2009. À partir du cadre du rapport Syrota ainsi actualisé, sous l'hypothèse d'un taux de change de l'euro par rapport au dollar constant à sa valeur de 2008, on construit trois scénarios de projection du prix du pétrole sur la période 2009-2015. Dans ces trois scénarios le prix du baril de pétrole atteindrait une valeur constante de long terme de 100 dollars.

Dans deux des trois scénarios, le baril atteindrait une valeur maximale (respectivement 150 dollars dans le scénario 2 et 165 dollars dans le scénario 4) à l'horizon 2025-2030 avant de rejoindre son niveau de long terme⁽⁹⁾. Dans le scénario 3, le prix du baril aboutirait à cette valeur de long terme par une augmentation régulière. En marge de ce cadre défini par le rapport Syrota, on introduit en outre un scénario supplémentaire, plus pessimiste (scénario 5) dans lequel le baril atteindrait un niveau de long terme supérieur à 100 dollars, en passant par une très forte poussée en 2030. On en déduit les dynamiques respectives du prix réel de l'énergie dans l'ensemble de ces scénarios (graphique 1), à l'aide d'une modélisation à correction d'erreur. À long terme, dans les scénarios inspirés du rapport Syrota, le prix réel de l'énergie s'établirait à un niveau 1,5 fois supérieur à son niveau de 2000. Ce niveau est comparable à celui qui a prévalu au début des années quatre-vingt, après le deuxième choc pétrolier mais se situe au-delà de la

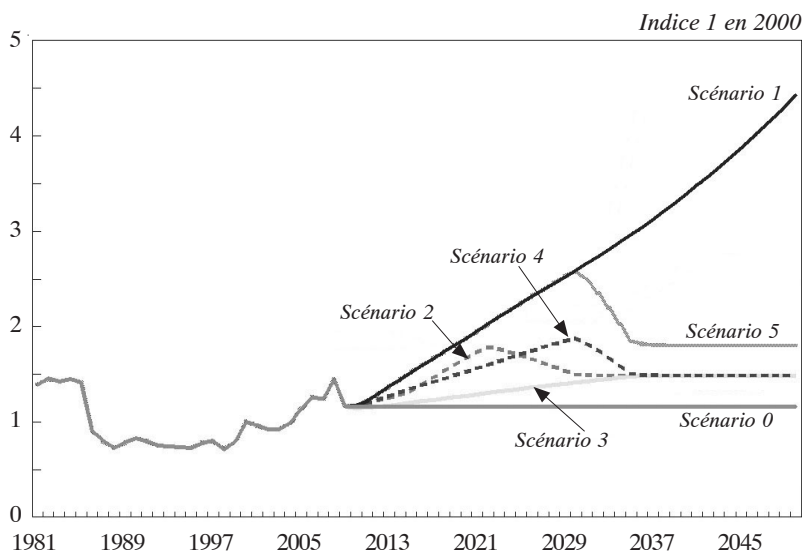
(7) Pour un traitement plus complet de cette question, on peut se reporter à Hamilton (2008).

(8) Pour plus de détails sur les justifications de ces projections, on peut consulter le rapport d'étude du Groupe 2 de la Commission Énergie (*Perspectives de l'offre et de la demande mondiales*). Cf. http://www.strategie.gouv.fr/IMG/pdf/G2_Synthese_annexes_28.11.06.pdf

(9) Si un niveau de 145 dollars a déjà été atteint en moyenne journalière le 14 juillet 2008, un niveau annuel de 150 dollars demeure néanmoins élevé au regard des évolutions passées (graphique 1).

moyenne observée sur la période 1981-2008. Les poussées du prix du pétrole des scénarios 2 et 4 obtenus à partir des hypothèses du rapport Syrota correspondent à des hausses du prix réel de l'énergie bien supérieures à celles observées lors du dernier choc pétrolier de 2008.

1. Prix réel (déflaté par le prix de valeur ajoutée) des consommations intermédiaires énergétiques dans les cinq scénarios de prix du pétrole étudiés



Sources : INSEE, Comptes nationaux annuels – base 2000 et calculs des auteurs.

Une croissance progressive du prix réel de l'énergie, sans pic pétrolier (scénario 3), n'aurait aucun impact significatif à court-moyen terme sur la croissance potentielle (tableau 3). À long terme, ce scénario amputerait très faiblement la croissance potentielle, jusqu'à 0,02 point de croissance suivant la fonction de production considérée.

A contrario, un scénario de pic pétrolier à l'horizon 2025-2030 aurait un impact plus nuancé sur l'économie française (scénarios 2, 4 et 5). Dès le court terme, la croissance potentielle serait diminuée chaque année de 0,01 à 0,05 point, puis de 0,03 à 0,17 point par an sur la période 2016-2030. Dans le cas où le pic serait suivi d'une diminution du prix relatif de l'énergie vers son niveau de long terme, cette diminution serait d'autant plus forte que le niveau du pic est plus haut, ce qui contribuerait à augmenter la croissance en conséquence. Au-delà de 2030, la sortie d'un pic pétrolier favoriserait ainsi la croissance annuelle de 0,01 à 0,08 point dans les scénarios qui envisagent les pics pétroliers les plus forts.

L'impact des hausses du prix de l'énergie présente ici un ordre de grandeur cohérent avec les résultats rétrospectifs disponibles dans la littérature, par exemple OCDE (2008) ou Lalanne et Simon (2009). En particulier, l'OCDE (2008) évalue l'impact sur la croissance potentielle de la hausse réelle du prix du pétrole observée lors des vingt dernières années. La fonction de production utilisée est, comme on l'a déjà mentionné, une fonction de Cobb-Douglas multifactorielle. Pour cette hausse du prix réel du pétrole (déflaté par le prix de PIB), qui s'élevait à 170 %, l'impact sur la croissance potentielle était évalué à un déficit de 0,06 point de croissance en moyenne par an pour la zone euro.

D'autre part, les effets sont robustes aux différentes fonctions de production considérées⁽¹⁰⁾, c'est-à-dire aux hypothèses effectuées sur les élasticités de substitution entre les facteurs. De manière générale, ces impacts peuvent paraître faibles en première approche. Toutefois, sur l'ensemble de la période, ces différences de régime de croissance potentielle induisent un déficit cumulé de valeur ajoutée non négligeable.

Ainsi, par rapport au scénario 0, un scénario de hausse régulière du prix de l'énergie mais sans pic pétrolier (scénario 3), engendrerait d'ici 2050 un déficit cumulé de richesse produite⁽¹¹⁾ situé entre 0,1 et 0,2 % (tableau 4). Si le prix de l'énergie devait atteindre un pic plus ou moins fort à l'horizon 2025-2030, alors ce déficit pourrait atteindre jusqu'à 1,2 %, selon l'ampleur du pic. Le déficit cumulé est le plus important dans le scénario 1, où il peut atteindre jusqu'à 3,4 % (graphique 2).

4. Impact des différents scénarios de prix énergétique sur la valeur ajoutée cumulée dans le modèle à un secteur

Déviations par rapport au scénario 0, en %

Valeur ajoutée cumulée	2009-2050
• Scénario 1	[- 3,4 ; - 1,5]
• Scénario 2	[- 0,4 ; - 0,2]
• Scénario 3	[- 0,2 ; - 0,1]
• Scénario 4	[- 0,5 ; - 0,2]
• Scénario 5	[- 1,2 ; - 0,6]

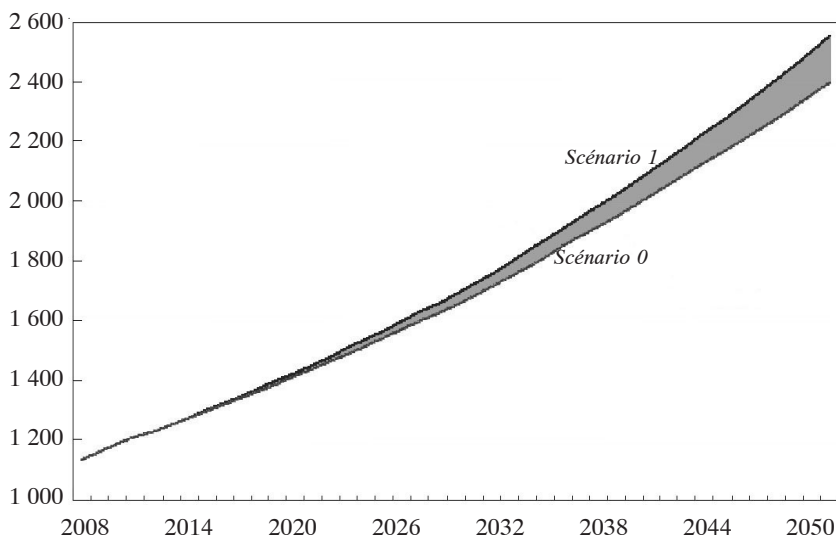
Lecture : Dans le scénario 2, le déficit cumulé de valeur ajoutée s'établit entre 0,2 et 0,4 % par an par rapport au scénario 0.

Source : Calculs des auteurs.

(10) Y compris lorsque la forme fonctionnelle est de type Cobb-Douglas intégrale, permettant une substitution parfaite entre les facteurs travail, capital et énergie.

(11) Il s'agit de l'aire située entre les deux courbes du graphique 2 (pour le cas du scénario 1), soit la part de valeur ajoutée totale produite entre 2009 et 2050 qui est amputée par la hausse du prix de l'énergie. La séquence de l'évolution du prix du pétrole étant différente entre les scénarios, la comparaison des niveaux de valeur ajoutée à une date est moins pertinente que le déficit cumulé pour refléter la perte de revenu.

2. Valeur ajoutée dans les scénarios 0 et 1 et déficit cumulé de valeur ajoutée (zone ombrée) entre 2008 et 2050



Source : Calculs des auteurs.

2. Une modélisation désagrégée se traduit par des effets plus marqués

Si l'analyse précédente prolongeait les exercices habituels de croissance potentielle pour y introduire l'énergie en tant que facteur supplémentaire, elle n'en évaluait pas les conséquences sur les grands secteurs de l'économie. Or, une hausse des prix de l'énergie les affectera différemment selon qu'ils sont plus ou moins intenses en énergie. Pour évaluer ces effets sectoriels, on complète donc l'approche précédente par l'étude d'un modèle multi-sectoriel de l'économie française, dont l'esprit est fondé sur les modèles de croissance déséquilibrée (Baumol, 1967). À notre connaissance, l'étude de la croissance potentielle à un niveau sectoriel est un sujet très peu traité dans la littérature. Lorsqu'il l'est, il s'agit le plus souvent d'une analyse en équilibre partiel, sans prendre en compte les interactions entre les secteurs, par exemple dans Van Ark (1995) ou Scarpetta et al. (2000). Cependant les effets résultant des déformations sectorielles peuvent être notables, comme le montre la suite.

D'après les résultats de la partie précédente, le choix d'une forme fonctionnelle semble avoir un impact modéré, à la fois sur la croissance potentielle et sur les effets de la hausse des prix de l'énergie. Par conséquent, on

se concentre ici sur la forme (KL)E décrite plus haut. Cette forme présente l'avantage de mieux rendre compte des évolutions passées⁽¹²⁾. Quatre secteurs sont considérés : l'agriculture, l'industrie, la construction et les services marchands. Au sein de chaque secteur, la modélisation est analogue à celle expliquée dans la partie 1. Les élasticités de substitution entre les facteurs de production, ainsi que les taux de croissance de la productivité de l'agrégat capital-travail et de l'énergie, sont estimés de la même façon que dans la partie 1 pour chaque secteur (cf. tableau annexe 3). L'exercice nécessite une hypothèse supplémentaire sur la demande pour déterminer la composition sectorielle de l'économie. La structure détaillée et la résolution du modèle multi-sectoriel sont décrites dans l'annexe 3.

Dans le cadre d'un exercice standard de croissance potentielle, c'est-à-dire sans impact des variations du prix réel de l'énergie, les résultats obtenus à l'aide du modèle multi-sectoriel sont proches de ceux présentés précédemment (tableau 5). La valeur ajoutée accélère légèrement au cours de la période car la part en volume de l'industrie dans la valeur ajoutée croît de manière modérée. Cet effet vient de l'hypothèse retenue à propos du système de demande. On suppose que celui-ci est de type Cobb-Douglas, c'est-à-dire que les parts budgétaires sont constantes en valeur⁽¹³⁾. La part en valeur de l'industrie dans la production étant constante et le progrès technique étant élevé dans ce secteur, le prix relatif du bien produit dans l'industrie diminue, ce qui fait légèrement augmenter sa part en volume. On constate en outre que l'industrie est le secteur le plus intensif en énergie. En revanche, le capital et le travail sont mobilisés essentiellement dans les services marchands.

L'utilisation du modèle multi-sectoriel permet d'évaluer, dans le cadre de cet exercice de croissance potentielle standard, la déformation des secteurs au cours du temps. En vertu de l'hypothèse retenue sur le système de demande, le poids en valeur de chaque secteur dans la production totale demeure constant sur toute la période de prévision. En revanche, l'emploi des facteurs de production varie selon les secteurs. Les secteurs dont la productivité de l'agrégat capital-travail est élevée deviennent moins intensifs en capital et en travail. C'est le cas de l'agriculture et de l'industrie (tableau 5). Les secteurs où le travail et le capital ont le taux de croissance de la productivité le plus faible deviennent en revanche plus intensifs en ces facteurs. De même, les secteurs les moins consommateurs d'énergie – la construction et les services marchands – voient leur intensité énergétique diminuer par rapport aux autres secteurs.

(12) À ce sujet, voir Van Der Werf (2008).

(13) Outre sa simplicité, cette hypothèse permet de comparer les résultats du modèle multi-sectoriel à ceux du modèle à un seul secteur, dans lequel la structure est intrinsèquement constante à long terme. Le modèle a également été simulé avec des hypothèses alternatives concernant le système de demande, notamment avec des parts de demande constantes en volume. Cette hypothèse conduit mécaniquement à un progrès technique qui converge plus rapidement vers le plus faible des progrès techniques sectoriels (annexe 4).

5. Taux de croissance de la valeur ajoutée dans le modèle multi-sectoriel et répartition des facteurs de production entre secteurs

En %

	2009-2015	2016-2030	2031-2050
Taux de croissance de la valeur ajoutée	1,7	1,7	1,9
Répartition des facteurs de production entre les secteurs			
– Emploi			
• agriculture	4,1	4,0	3,9
• industrie	20,2	19,7	18,8
• construction	9,1	9,3	9,5
• services marchands	66,5	67,0	67,8
– Capital			
• agriculture	2,4	2,3	2,3
• industrie	14,7	14,3	13,6
• construction	6,4	6,5	6,6
• services marchands	76,5	76,9	77,5
– Énergie			
• agriculture	3,2	3,6	4,3
• industrie	65,0	67,8	71,8
• construction	4,6	3,7	2,6
• services marchands	27,2	24,9	21,3

Lecture : Dans le modèle multi-sectoriel, la croissance potentielle s'établit à 1,7 % par an sur la période 2009-2015. Sur cette période, l'emploi agricole représente 4,1 % de l'emploi total et l'énergie constitue 3,2 % du total de l'énergie consommée dans le secteur agricole (la différence éventuelle entre le tout et la somme de ses parties est dû à l'arrondi à la première décimale).

Source : Calculs des auteurs.

Réitérons maintenant sur ce modèle désagrégé les mêmes simulations de variations des prix énergétiques que celles effectuées à l'aide du modèle à un secteur. Tout d'abord, on considère à nouveau une hausse régulière du prix réel de l'énergie afin d'identifier les mécanismes supplémentaires inclus dans le modèle désagrégé. Ensuite, on évalue l'impact des scénarios du rapport Syrota sur la croissance potentielle à l'aune de cette seconde modélisation.

L'ampleur des effets est notablement supérieure par rapport à ceux obtenus dans les simulations réalisées à l'aide du modèle à un seul secteur. Le modèle multi-sectoriel capte l'impact des variations du prix de l'énergie dans la composition sectorielle de la valeur ajoutée, en plus de l'effet dépressif général du renchérissement du prix de l'énergie sur l'économie. L'industrie est un secteur qui se caractérise à la fois par une utilisation intensive de l'énergie (tableau 5) et par une substitution limitée entre l'énergie et les autres facteurs de production (*cf.* annexe 3). Lorsque le prix relatif de l'énergie augmente, les coûts de production de ce secteur assez captif vis-à-vis de l'énergie s'élèvent, ce qui entraîne une diminution de la contribution indus-

trielle à la valeur ajoutée totale en volume (tableau 6). L'industrie étant en outre le secteur au progrès technique le plus rapide (sous l'hypothèse de productivités globales des facteurs prolongées constantes), la diminution de sa part dans la valeur ajoutée en volume tend à réduire le progrès technique moyen de l'économie et, par conséquent, la croissance elle-même.

Ainsi, la déformation sectorielle est un facteur supplémentaire de la réduction des consommations intermédiaires provoquée par une hausse du prix relatif de l'énergie. Ce mécanisme s'appuie sur l'hypothèse de productivités prolongées constantes au niveau sectoriel. Dans l'approche agrégée, la productivité est également prolongée constante et son évolution sur la période de projection ne prend donc pas en compte la déformation sectorielle au détriment de l'industrie (*cf.* annexe 3 pour les ordres de grandeur des croissances des productivités sectorielles).

6. Impact des différents scénarios de prix énergétique sur la part de l'industrie dans la valeur ajoutée en volume

	<i>En %</i>		
	2009-2015	2016-2030	2031-2050
Scénario 0	27	30	36
Écart par rapport au scénario 0			
• Scénario 1	- 2	- 6	- 13
• Scénario 2	- 2	- 4	- 4
• Scénario 3	- 1	- 3	- 4
• Scénario 4	- 2	- 4	- 5
• Scénario 5	- 2	- 6	- 6

Lecture : En moyenne sur la période 2009-2015, la part en volume de l'industrie dans la valeur ajoutée est de 27 % dans le scénario 0 et de 25 % dans le scénario 2.

Source : Calculs des auteurs.

Une hausse régulière et soutenue du prix relatif de l'énergie (le « scénario 1 ») conduirait à un effet négatif, de plus en plus défavorable au cours du temps, sur la croissance potentielle (tableau 7). En effet, le renchérissement du prix du pétrole diminuerait la part de l'industrie relativement au scénario de référence, ce qui se traduirait par une croissance agrégée de la productivité globale des facteurs plus faible. Ceci pèserait sur la croissance potentielle. Comme pour le modèle à un secteur, une hausse deux fois plus marquée du prix du pétrole aurait un impact deux fois plus élevé sur la croissance, en utilisant la linéarité approchée en logarithme du modèle multi-sectoriel.

On examine désormais l'impact des quatre scénarios de prix du pétrole issus du rapport Syrota dans le modèle multi-sectoriel. L'effet de chaque scénario sur la croissance moyenne est présenté dans le tableau 7.

7. Impact des différents scénarios de prix énergétique sur la croissance potentielle dans le modèle multi-sectoriel

	2009-2015	2016-2030	2031-2050
Croissance potentielle (scénario 0) (en %)	1,7	1,7	1,9
Impact sur la croissance potentielle (écart au scénario 0, en points de %)			
• Scénario 1	- 0,12	- 0,32	- 0,63
• Scénario 2	- 0,05	- 0,09	- 0,06
• Scénario 3	- 0,01	- 0,07	- 0,08
• Scénario 4	- 0,06	- 0,18	0,00
• Scénario 5	- 0,12	- 0,32	0,00

Lecture : Dans le modèle pluri-sectoriel et en moyenne sur 2009-2015, le scénario 2 conduit à un déficit de croissance de 0,05 point par an par rapport au scénario 0.

Source : Calculs des auteurs.

Le scénario 2 d'un pic pétrolier précoce (aux alentours de 2030) se traduit par un impact relativement constant sur la croissance au cours de la période de simulation (tableau 7). Dans le modèle à un seul secteur, au contraire, ce scénario avait un impact uniquement concentré sur les deux premières sous-périodes. Désormais, la baisse de la part de l'industrie dans la valeur ajoutée induite en début de période se répercute durablement sur la croissance, alors même que le prix relatif de l'énergie décroît dans le scénario 2 entre 2031 et 2050.

Le scénario 3 de hausse progressive du prix du pétrole jusqu'à un niveau de long terme de 100 dollars le baril conduit à un effet sur la croissance de plus en plus défavorable au cours du temps. Son ampleur est plus modérée entre 2016 et 2030, notamment parce que l'absence de pic pétrolier évite alors la baisse significative de la part de l'industrie dans la valeur ajoutée.

Le scénario 4, qui suppose un pic pétrolier plus tardif mais plus élevé que dans le scénario 2, se traduit par un effet limité sur la croissance au-delà de 2030. Cela s'explique par un prix du pétrole qui baisse vers son niveau de long terme plus tardivement que dans le scénario 2. Le scénario 5 présente le même profil que le scénario 4 mais les effets sont plus marqués puisque le prix du pétrole y est toujours plus élevé.

Pour compléter la comparaison avec le modèle à un secteur, le tableau 8 présente l'impact cumulé sur la valeur ajoutée dans les différents scénarios, entre 2009 et 2050. Les effets sont ici non négligeables, le scénario 3, le plus favorable, prévoyant une perte cumulée de valeur ajoutée qui s'élève à 1,4 % et le scénario 1, qui fait l'hypothèse d'une croissance continue des prix du pétrole, tablant sur une perte cumulée de 7,3 %.

8. Impact des différents scénarios de prix énergétique sur la valeur ajoutée cumulée dans le modèle multi-sectoriel

Déviations par rapport au scénario 0, en %

Valeur ajoutée cumulée	2009-2050
• Scénario 1	- 7,3
• Scénario 2	- 1,8
• Scénario 3	- 1,4
• Scénario 4	- 2,0
• Scénario 5	- 3,6

Lecture : Dans le modèle multi-sectoriel et dans le scénario 2, la valeur ajoutée cumulée entre 2009 et 2050 est de 1,8 % inférieure à celle cumulée dans le scénario 0.

Source : Calculs des auteurs.

Conclusion

Cette étude met en évidence la perte de croissance potentielle qu'entraînerait pour l'économie française une hausse importante du prix du pétrole. Elle montre également l'intérêt d'une modélisation désagrégée par secteurs. D'une part, cette modélisation illustre l'incertitude qui entoure l'estimation des paramètres importants pour évaluer l'impact des prix de l'énergie sur la croissance. D'autre part, elle suggère que l'impact d'une hausse entretenue du prix du pétrole peut avoir des effets sur la croissance de plus en plus notables. En effet, le poids des secteurs dont les gains de productivité sont les plus élevés diminue progressivement car ce sont aussi les plus intenses en énergie et les moins à même de substituer du capital ou du travail à de l'énergie.

Cette étude montre en outre que, même dans l'hypothèse la plus défavorable quant à l'impact des prix de l'énergie sur la croissance potentielle, la perte de croissance resterait modeste (de l'ordre de 0,1 à 0,3 point par an) en cas de doublement du prix réel du pétrole d'ici 2050. La perte de croissance serait évidemment plus significative en cas d'augmentation plus marquée des cours pétroliers.

Les chiffres avancés dans cette contribution sont à considérer à titre indicatif, avec toute la prudence qui s'impose compte tenu de la multiplicité des hypothèses nécessaires au déroulement de ce genre d'évaluation. Il convient de noter en particulier que ces exercices sont effectués à productivités des facteurs constantes. Il s'agit d'une limite traditionnelle de ce type d'exercice au même titre que les incertitudes inhérentes aux hypothèses de projection de population active. L'introduction du facteur énergétique amène à mettre en garde sur la non-modélisation d'autres aspects comporte-

mentaux dont on pressent qu'ils pourraient avoir une grande importance dans l'avenir :

- les modifications structurelles de l'économie à même de modifier la substitution entre énergie, capital et travail ;
- l'émergence de sources d'énergie alternatives modifiant la dépendance du prix de l'énergie au prix du pétrole.

Enfin, les contraintes de soutenabilité environnementale pourraient rendre incontournables des modifications radicales du panier énergétique ou des changements des combinaisons productives dans les décennies à venir. L'exercice présenté ici revêt donc un caractère inévitablement formel, qu'il convient de garder à l'esprit pour convenablement interpréter les résultats des évaluations présentées.

Annexe 1

Modèle à un secteur

À titre d'exemple, la fonction de production considérée dans cette annexe est de type (KL)E.

Le calcul de la croissance potentielle de l'économie française s'appuie sur la définition et l'estimation d'une fonction de production néoclassique de type CES (*Constant Elasticity of Substitution*), incluant les facteurs travail (L) et capital (K), ainsi que les consommations intermédiaires en énergie (E), selon un emboîtement (KL)E :

$$(1) \quad Q = \left[\delta (A_E E)^{(\sigma-1)/\sigma} + (1-\delta) (A_Z Z)^{(\sigma-1)/\sigma} \right]^{\sigma/(\sigma-1)}$$

avec la combinaison entre travail et capital modélisée selon une fonction de type Cobb-Douglas :

$$(2) \quad Z = K^\alpha L^{1-\alpha}$$

où K est le stock de capital en début de période, L le nombre d'emplois en équivalent temps plein et α la part du capital dans la valeur ajoutée, estimée sur le passé. σ représente l'élasticité de substitution entre l'énergie et la combinaison des facteurs travail et capital. Le progrès technique associé à chaque facteur est défini en fonction d'une tendance temporelle :

$$A_E = A_E^0 e^{a_E t} \quad \text{et} \quad A_Z = A_Z^0 e^{a_Z t}$$

où t désigne le temps exprimé en années, a_E et a_Z les taux de croissance du progrès technique, supposés constants et où δ , A_E^0 et A_Z^0 sont des constantes.

La résolution du programme du producteur conduit notamment aux deux relations suivantes, déduites des conditions du premier ordre, où les de-

mandes de facteurs sont exprimées en fonction de leurs prix relatifs :

$$(3) \quad \ln(E/Q) = \sigma \ln \delta + (\sigma - 1) \ln(A_E) + \sigma \ln(P_Q/P_E)$$

$$(4) \quad \ln(Z/Q) = \sigma \ln(1 - \delta) + (\sigma - 1) \ln(A_Z) + \sigma \ln(P_Q/P_Z)$$

où $\ln(\cdot)$ désigne le logarithme népérien.

Les équations (3) et (4) permettent d'estimer σ , a_E et a_Z . Le système étant sous-identifié, on ne peut estimer individuellement δ , A_E^0 et A_Z^0 . À l'aide des relations (3) et (4) – (3) dans lesquelles on remplace A_E et A_Z par leurs expressions, on définit les paramètres suivants :

$$(5) \quad c2 = \sigma \ln(1 - \delta) + (\sigma - 1) \ln(A_Z^0)$$

$$(6) \quad c3 = \sigma \ln\left(\frac{1 - \delta}{\delta}\right) + (\sigma - 1) \ln\left(\frac{A_Z^0}{A_E^0}\right)$$

En substituant les coefficients estimés dans l'équation (1), on obtient la fonction de production :

$$(7) \quad Q = e^{c_2/(\sigma-1)} \left[e^{-c_3} (e^{(a_E - a_Z)t})^{\sigma-1} (P_Z/P_E)^{\sigma-1} + 1 \right]^{\sigma/\sigma-1} e^{a_Z t} Z$$

À partir de (3), les consommations intermédiaires en énergie sont alors données par :

$$(8) \quad E = e^{-c_3} \left(e^{(a_E - a_Z)t} \right)^{\sigma-1} (P_Z/P_E)^{\sigma} e^{a_Z t} Z$$

La valeur ajoutée en volume est définie comme la production diminuée des consommations intermédiaires^(*). On a donc :

$$(9) \quad VA = Q - E$$

La relation entre les taux de croissance peut être approchée par la relation suivante :

$$(10) \quad \dot{Q}_t = \rho_{t-1} \dot{E}_t + (1 - \rho_{t-1}) \dot{VA}_t$$

où G_t représente le taux de croissance au temps t de la grandeur G et $\rho_{t-1} = (E/Q)_{t-1}$ la part en volume de l'énergie employée dans la production

(*) Les projections de croissance potentielle sont effectuées sur les volumes exprimés en prix constants de 2008 au sens de la comptabilité nationale, ce qui permet d'additionner les volumes sans encombre. Ceci ne signifie pas que les prix relatifs restent fixes sur la période de projection.

à la période précédente. On peut donc en déduire le taux de croissance de la valeur ajoutée :

$$(11) \quad \dot{VA}_t = \frac{\dot{Q}_t - \rho_{t-1} \dot{E}_t}{1 - \rho_{t-1}}$$

La croissance potentielle correspond donc à celle de la valeur ajoutée, comme dans le cadre de la comptabilité nationale. Une alternative aurait été de calculer la croissance potentielle du pouvoir d'achat national brut, c'est-à-dire la valeur ajoutée exprimée en unité de bien final. Cet autre concept aboutirait à un impact de hausses du prix du pétrole sur la croissance plus défavorable. En effet, le prix de production contient, en plus du prix de valeur ajoutée, le prix de l'énergie.

On présente dans le tableau suivant les principaux résultats de l'estimation de la fonction de production retenue ici.

Élasticité de substitution entre E et (KL) et taux de croissance à long terme de la productivité des facteurs

Élasticité de substitution entre E et (KL) : σ	Productivité de l'agrégat capital-travail : a_Z	Productivité de l'énergie : a_E
0,44	1,2 %	0,4 %

Source : Calculs des auteurs.

Annexe 2

Hypothèses de projection

Cette annexe détaille les hypothèses utilisées pour la projection des variables du modèle à un secteur et du modèle multi-sectoriel. Il s'agit de poser des hypothèses sur les quantités potentielles de facteurs et sur leur productivité, à court terme (2009-2015) et à moyen-long terme (2015-2050). Pour l'articulation entre ces deux horizons temporels, on s'inspire de la méthodologie employée par la Commission européenne dans ses exercices de croissance potentielle (Carone et *al.*, 2006).

1. Le travail

La population active, considérée comme exogène, provient des dernières projections de l'Insee (Coudin, 2007) en prenant en compte l'articulation des observations du passé récent (années 2006 à 2008) avec les projections. Afin de déterminer la quantité de travail potentielle, le stock de population active est multiplié par un taux de chômage structurel. À court-moyen terme, on utilise la projection du NAIRU (taux de chômage n'accéléralant pas l'inflation) pour la France publiée par l'OCDE. Le taux de chômage s'y stabilise à 8 % en 2010. On le suppose ensuite constant sur le reste de la période (sauf mention contraire – voir annexe 4).

2. Le capital

La dynamique du capital repose sur une relation d'accumulation standard (annexe 3). À court-moyen terme, les taux d'investissement et de dépréciation du capital suivent une dynamique qui prolonge celle des années précédentes (processus auto-régressifs d'ordre 3). À partir de 2015, ils se stabilisent à leur valeur de long terme. Le taux d'investissement vaut alors 23,8 % et le taux de dépréciation 4,5 %. La faiblesse du taux de déprécia-

tion par rapport à d'autres valeurs rencontrées dans la littérature (de l'ordre de 10 %) s'explique par le fait que l'on considère le capital marchand y compris le capital immobilier, dont le taux de déclassement est particulièrement faible.

3. Composante cyclique

La composante cyclique de la production est calculée sur le passé comme la différence entre la production observée et la production potentielle prédite par le modèle. Elle est prolongée à court-moyen terme par un processus auto-régressif d'ordre 3 puis elle est supposée constante à long terme.

Annexe 3

Modèle multi-sectoriel

Dans le modèle multi-sectoriel, chaque secteur⁽¹⁾ fait l'objet d'une modélisation analogue à celle effectuée dans le modèle à un seul secteur. La fonction de production de chaque secteur est ainsi modélisée comme une fonction CES :

$$Q_i = \left[\delta_i (A_{Ei} E_i)^{(\sigma_i-1)/\sigma_i} + (1 - \delta_i) (A_{Zi} Z_i)^{(\sigma_i-1)/\sigma_i} \right]^{\sigma_i/(\sigma_i-1)}$$

où l'agrégat capital-travail forme une fonction de type Cobb-Douglas :

$$Z_i = K_i^{\alpha_i} L_i^{1-\alpha_i}$$

Les paramètres (σ_i , a_{Zi} , a_{Ei} , c_{2i} , c_{3i}) sont estimés de la même façon que pour la fonction de production englobant l'ensemble de l'économie marchande (annexe 1). Leurs valeurs estimées figurent dans le tableau suivant. Pour l'industrie, le taux de croissance estimé de la productivité de l'agrégat capital-travail est cohérent avec l'étude de Befy et Fourcade (2004). Les autres paramètres peuvent difficilement être comparés à d'autres estimations, faute de publications antérieures présentant des estimations de même type (à notre connaissance).

Comme attendu, l'élasticité de substitution estimée dans le modèle agrégé est supérieure aux élasticités sectorielles estimées dans le modèle multi-sectoriel (*cf.* tableau). Dans chaque secteur, l'élasticité rend compte de la baisse de l'intensité énergétique suite à un renchérissement du prix de ce facteur. L'élasticité agrégée rend compte, en plus de ce mouvement au sein de chaque secteur, de la baisse relative de la taille des secteurs intensifs en

(1) Il s'agit de branches au sens de la comptabilité nationale.

énergie. Il n'est donc pas contradictoire d'obtenir des élasticités sectorielles de substitution entre l'agrégat capital-travail et l'énergie qui soient toutes inférieures à l'élasticité estimée au niveau agrégé.

Élasticités de substitution entre E et (KL) et taux de croissance à long terme de la productivité des facteurs dans le modèle désagrégé : valeurs et méthodes d'estimation

	Élasticité de substitution entre E et (KL) : σ_i Estimation MCO en niveau	Productivité de l'agrégat capital-travail : α_{zi} Moyenne	Productivité de l'énergie : α_{Ei} Estimation MCO en niveau
Agriculture	0,29 (0,050)	3,4 % (0,009)	0,2 % (0,002)
Industrie	0,12 (0,030)	2,4 % (0,003)	0,3 % (0,001)
Construction	0,18 (0,120)	0,0 % (0,005)	0,3 % (0,002)
Services marchands	0,20 (0,080)	0,5 % (0,002)	0,0 % (0,001)

Lecture : Écarts-types entre parenthèses.

Note : Les estimations sont effectuées sur données annuelles, sur la période 1987-2008.

Sources : INSEE, comptes nationaux annuels, base 2000 et calculs des auteurs.

Lorsque les coefficients α_i diffèrent entre les secteurs, le modèle ne peut être résolu analytiquement et la projection est réalisée en utilisant une simulation numérique. À chaque date, les inconnues du modèle sont au nombre de $5N + 4$ (où N est le nombre de secteurs, ici $N = 4$) à savoir pour chaque secteur : la quantité de travail, de capital, d'énergie, le prix P_{Qi} du bien i , l'indice de prix du facteur Z_i noté P_{zi} ainsi que la rémunération du travail W (supposée homogène dans tous les secteurs), la rémunération du capital R , la production totale Q et le prix de production totale P_Q . Pour que la structure sectorielle de la production soit déterminée, il est nécessaire de fixer la structure de la demande adressée à l'économie domestique⁽²⁾. L'hypothèse centrale est de fixer les parts en valeur à leur niveau observé en 2008, ce qui correspond à une fonction d'utilité d'un consommateur repré-

(2) Il ne s'agit pas directement de la composition de la demande domestique car interviennent ici les échanges extérieurs, à même de modifier la demande adressée à l'économie française.

sentatif de type Cobb-Douglas (la dépendance temporelle est introduite dans l'équation suivante à titre didactique) :

$$\frac{P_{Qit}Q_{it}}{P_{Qt}Q_t} = \lambda_i$$

Les demandes de facteurs sont obtenues comme dans le modèle à un seul secteur. La demande de capital est donnée par l'expression suivante :

$$R = \frac{\alpha_i P_{Qi} Q_i}{K_i} \left(e^{-c_{3i}} \left(\frac{P_{Zi}}{P_E} \right)^{\sigma_i - 1} e^{(a_{Ei} - a_{Zi})(\sigma_i - 1)t} + 1 \right)^{-1}$$

En utilisant la définition des λ_i , on peut réécrire :

$$(S1-S4) \quad RK_i = \alpha_i \lambda_i P_Q Q \left(e^{-c_{3i}} \left(\frac{P_{Zi}}{P_E} \right)^{\sigma_i - 1} e^{(a_{Ei} - a_{Zi})(\sigma_i - 1)t} + 1 \right)^{-1}$$

où l'indice de prix P_{Zi} du facteur Z_i est donné par la relation comptable suivante :

$$(S5-S8) \quad P_{Zi} Z_i = RK_i + WL_i$$

De la même façon, on obtient la demande de travail et d'énergie :

$$(S9-S12) \quad WL_i = (1 - \alpha_i) \lambda_i P_Q Q \left(e^{-c_{3i}} \left(\frac{P_{Zi}}{P_E} \right)^{\sigma_i - 1} e^{(a_{Ei} - a_{Zi})(\sigma_i - 1)t} + 1 \right)^{-1}$$

$$(S13-S16) \quad E_i = \left(e^{-c_{3i}} \left(\frac{P_{Zi}}{P_E} \right)^{\sigma_i} e^{(a_{Ei} - a_{Zi})(\sigma_i - 1)t} \right) e^{a_{Zi}t} K_i^{\alpha_i} L_i^{1 - \alpha_i}$$

Ensuite le prix du bien est déterminé par l'équilibre sur les marchés des biens :

$$(S17-S20) \quad \lambda_i P_Q Q = P_{Qi} Q_i \\ = P_{Qi} e^{\frac{c_{2i}}{\sigma_i - 1}} e^{a_{Zi}t} K_i^{\alpha_i} L_i^{1 - \alpha_i} \left(e^{-c_{3i}} \left(\frac{P_{Zi}}{P_E} \right)^{\sigma_i - 1} e^{(a_{Ei} - a_{Zi})(\sigma_i - 1)t} + 1 \right)^{\frac{\sigma_i - 1}{\sigma_i}}$$

Le salaire et la rémunération du capital sont donnés par l'équilibre sur les marchés des facteurs :

$$(S21-S22) \quad L = \sum_i L_i \quad \text{et} \quad K = \sum_i K_i$$

où L et K sont prédéterminés (L est la population totale en emploi, supposée exogène, tandis que K résulte de l'accumulation du capital réalisée à la période précédente).

Le prix de la production totale est donné par :

$$(S23) \sum_i \lambda_i P_Q / P_{Q_i} = 1$$

En fixant comme numéraire le prix de la valeur ajoutée ($P_{VA} = 1$), le bouclage du modèle donne :

$$P_Q Q = VA + P_E E \quad \text{et} \quad Q = VA + E$$

En combinant ces deux relations, on obtient la dernière équation du modèle :

$$(S24) (P_Q - 1)Q = (P_E - 1)E$$

Les équations (S1)-(S24) résolvent l'équilibre intra-temporel du modèle et permettent d'obtenir la croissance de la valeur ajoutée à progrès technique, prix de l'énergie, paramètres technologiques et offres de travail et de capital donnés. La dynamique du modèle est obtenue par une relation d'accumulation de capital standard, où l'on suppose un taux d'investissement constant :

$$K = \lambda.VA_{-1} + (1 - \delta).K_{-1}$$

Annexe 4

Étude de sensibilité : variantes et hypothèses alternatives

Quelques variantes usuelles ont été réalisées afin de vérifier les propriétés des modèles construits. La fonction de production retenue ici est du type (KL)E.

Le premier jeu de variantes effectué consiste à faire l'hypothèse d'une réduction progressive du NAIRU de son niveau actuel jusqu'à 5 % en 2050. L'effet moyen obtenu est identique dans les modèles mono- et multi-sectoriels et correspond à un gain moyen de 0,1 point de croissance annuelle (tableau).

Le deuxième jeu de variantes consiste à diminuer tous les taux de croissance de la productivité des facteurs de 10 %. Encore une fois, les deux modèles donnent les mêmes résultats. Cette réduction de la croissance de la productivité entraîne un déficit de croissance de 0,2 point de croissance en moyenne par an.

Enfin la dernière variante concerne uniquement le modèle multi-sectoriel. Les parts de demande adressée à chaque secteur sont supposées constantes en volume et non plus en valeur. Ce changement d'hypothèse induit un déficit de croissance élevé et croissant au cours du temps. Sous cette hypothèse, une part croissante de la production et de la valeur ajoutée en valeur se concentre dans les secteurs où la productivité croît le plus faiblement car les prix des biens produits dans les secteurs à progrès technique rapide chutent. Par conséquent, le progrès technique moyen dans l'économie converge peu à peu vers le plus faible des progrès techniques sectoriels. La réalité se situe probablement entre les deux hypothèses polaires présentées ici : parts constantes en volume ou en valeur. L'hypothèse de parts constantes en valeur paraît néanmoins plus réaliste en première approche et mieux fondée sur le plan théorique.

Écart de croissance potentielle dans les différentes variantes par rapport au scénario central

En points de croissance par an

	2009-2015	2016-2030	2031-2050
NAIRU			
• modèle à un secteur	0,0	0,1	0,1
• modèle multi-sectoriel	0,0	0,1	0,1
Productivité			
• modèle à un secteur	- 0,2	- 0,2	- 0,2
• modèle multi-sectoriel	- 0,2	- 0,2	- 0,2
Demande			
• modèle multi-sectoriel	- 0,2	- 0,4	- 0,6

Lecture : Par rapport au scénario central, une réduction progressive du NAIRU conduit à une hausse de la croissance potentielle de 0,1 point par an sur la période 2031-2050, ce pour les deux modèles.

Source : Calculs des auteurs.

Références bibliographiques

- Baumol W. (1967) : « Macroeconomics of Unbalanced Growth: The Anatomy of Urban Crisis », *American Economic Review*, vol. 57, n° 3, pp. 415-426.
- Beffy P-O. et N. Fourcade (2004) : « Le ralentissement de la productivité du travail au cours des années 1990 : l'impact des politiques d'emploi », *Économie et Statistique*, n° 376-377.
- Bernard A., L. Drouet et M. Vielle (2008) : *GEMINI-E3, A General Equilibrium Model of International-National Interactions between Economy, Energy and the Environment, V5.2*.
Disponible sur <http://gemini-e3.epfl.ch/>
- Carone G., C. Denis, K. McMorro, G. Mourre et W. Röger (2006) : « Long-term Labour Productivity and GDP Projections for the EU25 Member States: A Production Function Framework », *Commission Européenne DG-Ecfin Economic Paper*, n° 253.
- Coudin E. (2007) : « Projections de population active 2006-2050 », *INSEE Résultats*, n° 63, avril.
- Coupet M. (2006) : « Révisions de la croissance potentielle de l'économie française à moyen-long terme », *Trésor-Éco*, n° 2.
- Endenhofer O., N. Bauer et E. Kriegler (2005) : « The Impact of Technological Change on Climate Protection and Welfare: Insights from the Model MIND », *Ecological Economics*, n° 54, pp. 277-292.
- Fontagné L. et J-H. Lorenzi (2005) : *Désindustrialisation, délocalisations*, Rapport du CAE, n° 55, La Documentation française.
- Hamilton J.D. (2008) : « Understanding Crude Oil Prices », *NBER Working Paper*, n° 14492.
- Hotelling H. (1931) : « The Economics of Exhaustible Resources », *Journal of Political Economy*, vol. 39, n° 2, pp. 137-175.
- Klein C. et O. Simon (2010) : « Le modèle Mésange réestimé en base 2000. Tome 1 : Version avec volumes à prix constants », *Document de Travail de l'INSEE*, n° G 2010/03.
- Lalanne G. et O. Simon (2009) : « Prix du pétrole, cours de l'euro et croissance » in *L'économie française*, INSEE Références.
- Le Barbanchon T. (2007) : « The Changing Response to Oil Price Shocks in France: A DSGE Type Approach », *Document de Travail de l'INSEE/DESE*, n° G2007/07.

- Le Bihan H., H. Sterdyniak et Ph. Cour (1997) : « La notion de croissance potentielle », *Économie Internationale*, n° 69.
- OCDE (2008) : « Conséquences pour la politique économique des incertitudes du côté de l'offre », Chapitre 3 in *Perspectives économiques de l'OCDE*, vol. 83.
- Rasche R. et J. Tatom (1977) : « Energy Resources and Potential GNP », *Federal Reserve Bank of Saint-Louis Review*, vol. 59, juin.
- Scarpetta S., A. Bassanini, D. Pilat et P. Schreyer (2000) : « Economic Growth in OECD Area : Recent Trends at the Aggregate and Sectoral Level », *Document de Travail de l'OCDE* n° 248.
- Syrota J. (2008) : « Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050 », *Rapports et Documents du Centre d'Analyse Stratégique*, n° 12.
- Van Ark B. (1995) : « Sectoral Growth Accounting and Structural Change in Postwar Europe », *GGDC (Groningen Growth and Development Centre, University of Groningen) Research Memorandum*, n° 199523.
- Van der Werf E. (2008) : « Production Functions for Climate Policy Modeling: An Empirical Analysis », *Energy Economics*, vol. 30, pp. 2964-2979.

Complément D

Évaluation de l'impact macroéconomique d'une hausse du prix du pétrole de 20 % à l'aide des modèles macroéconométriques Mésange et NiGEM

Yannick Kalantzis et Caroline Klein

Direction générale du Trésor

Ce complément présente l'évaluation de l'impact macroéconomique d'une hausse permanente du prix du baril de 20 % (de 46 à 55 dollars), soit une hausse de la facture énergétique d'environ 0,3 point de PIB, à court et moyen termes en France et en zone euro à l'aide de deux modèles macroéconométriques : le modèle « France » Mésange et le modèle international NiGEM.

L'utilisation de ces deux modèles nous permet de prendre en compte à la fois la réaction directe de l'économie française à cette hausse et les effets indirects sur la France liés à la réaction du reste du monde. Les effets propres à l'économie française sont évalués avec le modèle Mésange. Le modèle NiGEM est ensuite utilisé pour étudier l'impact du choc sur les variables internationales ayant des effets sur la France (demande mondiale adressée à la France et prix étrangers) et dont la réaction n'est pas modélisée dans le modèle Mésange. L'impact total d'une hausse de 20 % du prix du pétrole est mesuré comme la combinaison de ces différents effets.

L'utilisation jointe des deux modèles permet également de déterminer l'impact de la hausse du prix du pétrole sur la zone euro dans son ensemble.

Selon nos évaluations :

- une hausse de 20 % du prix du pétrole conduirait à une baisse du PIB français de 0,1 point la première et la deuxième année. Au bout de quatre ans, l'activité serait réduite de 0,2 point ;
- le niveau des prix augmenterait de 0,3 point la première année et de 0,6 point la deuxième année ;

- les effets indirects sur l'activité liés à la réaction du reste du monde ne seraient pas négligeables. La baisse de la demande mondiale adressée à la France accentuerait les effets négatifs de la hausse du prix du pétrole sur l'activité. Ce premier effet indirect augmenterait de plus d'un tiers environ la réaction de l'activité pendant les deux premières années. À l'inverse, la hausse des prix à l'étranger ferait plus que compenser l'effet de l'inflation nationale sur la compétitivité-prix française, ce qui se traduirait au total par des gains de parts de marché à l'étranger. Le soutien à l'activité que représenterait ce second effet indirect irait croissant au cours du temps, jusqu'à réduire d'un quart la réaction de l'activité au bout de quatre ans. Au final, les effets du choc pétrolier sur les économies des pays partenaires de la France auraient des retombées nettes positives sur l'économie française. Leur impact sur les prix serait en revanche limité, l'essentiel de l'inflation nationale étant due à la réaction directe de l'économie française à la hausse du prix du pétrole ;

- l'impact d'un choc pétrolier sur l'activité et l'inflation serait légèrement plus fort dans la zone euro qu'en France.

1. Principaux mécanismes économiques de transmission d'un choc pétrolier dans une économie importatrice

Les modèles Mésange et NiGEM sont des modèles macroéconométriques caractérisés par une dynamique keynésienne à court terme et un équilibre de long terme déterminé par des facteurs d'offre (voir Klein et Simon, 2010 pour le modèle Mésange et, par exemple, Barrell, Holland et Hurst, 2007 pour le modèle NiGEM). L'utilisation conjointe de ces deux modèles permet d'évaluer l'effet d'une hausse du prix du pétrole par différents canaux. On distingue ici deux types de canaux par lesquels un choc pétrolier peut affecter une économie importatrice nette de pétrole comme la France : les canaux « internes » propres à cette économie et les canaux « externes » transitant par les échanges internationaux.

1.1. Canaux internes

L'essentiel de l'impact d'une hausse du prix du pétrole vient de ce que les achats de pétrole des ménages et des entreprises sont peu élastiques au prix, en raison de la difficulté à lui substituer d'autres sources d'énergie⁽¹⁾.

La hausse du prix du baril entraîne donc une hausse de la facture pétrolière des ménages, c'est-à-dire une baisse de leur revenu réel disponible pour l'achat d'autres biens. Dans les modèles, cet effet est capté par la

(1) Dans Mésange, la consommation d'énergie des ménages en volume est ainsi supposée varier comme la consommation totale et le volume des consommations intermédiaires d'énergie est déterminé par le niveau de production.

hausse du niveau des prix à la consommation qui, pour un revenu nominal donné, érode le revenu disponible réel des ménages. À court terme, la consommation des ménages diminue donc, ce qui freine l'activité et, par suite, l'emploi et l'investissement.

La transmission de la hausse du prix du pétrole aux prix nationaux passe par plusieurs canaux. Dans un premier temps, le prix du baril plus élevé augmente directement les prix à la consommation et le coût des intrants, à proportion de leur composition en pétrole. En France, comme les produits pétroliers représentent environ 5 % de la consommation des ménages (en 2006, année à laquelle commencent les simulations dans Mésange), l'effet sur l'inflation d'une variation du prix du baril de 20 %, à taux de marge, taux de taxation et taux de change inchangés, serait mécaniquement de 0,4 point environ. Dans un second temps, la hausse du prix des intrants, qui se traduit par une hausse des coûts de production, est en partie répercutée par les entreprises dans leurs prix de vente. Cette hausse des prix de vente dans les branches utilisatrices de pétrole se transmet ensuite via les consommations intermédiaires à l'ensemble de l'économie et vient ainsi s'ajouter à l'effet mécanique initial sur les prix à la consommation. À ces effets dits « de premier tour » viennent encore s'ajouter des effets « de second tour » : la hausse des prix est susceptible d'engendrer une hausse des salaires nominaux, qui accentuera en retour la hausse des prix via une boucle prix-salaires.

À long terme, ces évolutions se traduisent par une augmentation du prix à la consommation et du prix de production relativement au prix de la valeur ajoutée. Pour les entreprises, ce changement de prix relatifs implique une hausse des coûts réels de production et du coût réel du capital (le prix des biens d'investissement dépendant étroitement des prix de production dans la branche manufacturière) : les entreprises réduisent donc leur stock de capital et, partant, le niveau de leur offre potentielle, de manière à ce que la productivité marginale du capital rejoigne le niveau plus élevé du coût réel du capital. La hausse du coût réel du capital a également pour corollaire une baisse du coût réel du travail qui est rendue possible par un niveau plus élevé du chômage d'équilibre de long terme⁽²⁾, ce qui accentue encore la baisse de l'offre potentielle.

À plus long terme encore, la structure de la demande et les technologies de production pourraient s'adapter à une hausse durable du prix du pétrole en diminuant leur intensité en énergie ou en développant des énergies de substitution. Les modèles utilisés ne permettent cependant pas de prendre en compte cet effet.

(2) Dans un premier temps, comme les salaires sont partiellement indexés aux prix de consommation qui augmentent eux-mêmes par rapport au prix de la valeur ajoutée, les salaires augmentent par rapport aux prix de la valeur ajoutée. Cette hausse du coût réel du travail diminue la demande de travail des entreprises et pèse sur l'emploi. La hausse du chômage réduit alors les prétentions salariales et les salaires réels. Pour une description détaillée de la manière dont sont modélisées les négociations salariales dans Mésange, voir Klein et Simon (2010).

1.2. Canaux externes

Les effets externes d'une hausse du prix du pétrole sur une économie importatrice transitent par deux canaux principaux : la demande extérieure et la compétitivité-prix.

L'effet d'une hausse du prix du pétrole sur la demande extérieure est ambigu. D'une part, une hausse du prix du pétrole se traduit par un transfert de revenu des pays importateurs vers les pays exportateurs. Une part du revenu supplémentaire reçu par les pays pétroliers est utilisée pour importer davantage, ce qui stimule les exportations de leurs principaux partenaires commerciaux : environ un tiers des surplus des pays pétroliers sont ainsi recyclés dans des importations⁽³⁾. D'autre part, le ralentissement de l'activité dans les économies importatrices réduit leur demande de biens importés en provenance des autres économies importatrices. L'impact global du choc sur la demande extérieure adressée à une économie importatrice dépend donc de la nature de ses partenaires commerciaux. Les pays de la zone euro (la France notamment) jouissent d'une position confortable et bénéficient du recyclage des « pétrodollars ». Néanmoins, en France comme en zone euro, l'effet net du choc sur les exportations est *a priori* indéterminé.

L'impact d'une hausse du prix du pétrole sur la compétitivité-prix d'une économie importatrice est également ambigu. Il dépend de la variation relative des prix nationaux par rapport aux prix pratiqués par les pays concurrents : si l'inflation nationale est plus élevée que celle des pays partenaires, la compétitivité des entreprises nationales diminue, ce qui entraîne une perte de parts de marché à l'exportation et une dégradation de la balance commerciale.

2. Méthodologie

Le modèle Mésange (modèle économétrique de simulation et d'analyse générale de l'économie), développé conjointement par la direction générale du Trésor et par l'INSEE, propose une évaluation des effets d'une hausse du prix du pétrole sur l'économie française à court et moyen termes à environnement international inchangé. Les variables internationales – taux de change nominal, taux d'intérêt réel, prix étrangers (hors énergie) et demande mondiale adressée à la France – sont exogènes dans ce modèle. Aussi, l'impact d'une hausse du prix du pétrole sur les prix étrangers et sur l'activité des partenaires commerciaux n'est pas pris en compte. Nous utilisons alors le modèle international NiGEM du *National Institute of Economic and Social Research* pour mesurer l'impact de la hausse du prix du pétrole sur ces variables et prendre en compte les canaux externes décrits précédemment dont les effets sont *a priori* ambigus et difficilement quantifiables.

(3) Si l'intégralité du revenu supplémentaire reçu par les exportateurs nets de pétrole était utilisée pour acheter les mêmes biens et services que ceux auxquels renoncent les importateurs nets de pétrole, la demande serait inchangée dans les pays importateurs nets et la hausse du prix du pétrole n'aurait pas d'effet négatif de court terme sur l'activité. Dès lors que la propension à consommer est plus faible dans les pays exportateurs de pétrole que dans les pays importateurs de pétrole, une hausse du prix du baril se traduit par une baisse de la demande mondiale.

Pour évaluer l'impact d'une hausse du prix du pétrole, nous procédons donc en deux temps. Dans un premier temps, nous utilisons le modèle Mésange pour obtenir l'impact d'une hausse du prix du pétrole sur la France à variables internationales (demande mondiale et prix étrangers) constantes. L'évaluation est menée à taux d'intérêt réel et taux de change nominal exogènes. Les résultats obtenus dans cette première étape ne prennent donc pas en compte la réaction des autres économies au choc pétrolier et son impact sur les exportations françaises. Par ailleurs, puisque les prix étrangers sont exogènes, la hausse des prix en France se traduit mécaniquement par une perte de compétitivité qui a pour effet d'accentuer artificiellement le ralentissement de l'économie.

Dans un second temps, nous utilisons le modèle international NiGEM pour prendre en compte les effets « externes ». Ce modèle nous permet d'évaluer l'impact de la hausse du prix du pétrole sur la demande mondiale adressée à la France et la variation relative du prix des exportations de nos principaux partenaires commerciaux par rapport à celui de la France⁽⁴⁾.

Le modèle NiGEM, qui comprend quarante-six zones économiques distinctes, dont la plupart des grandes économies du monde, incorpore une structure détaillée du commerce international qui permet une évaluation précise de la manière dont la baisse de l'activité dans les principales économies importatrices de pétrole affecte la demande adressée à la France. Une question importante est la manière dont les importations des producteurs de pétrole vont réagir à la hausse du prix du baril. Dans NiGEM, la demande intérieure de ces économies, dont dépend la réaction des importations, est supposée augmenter avec la valeur des exportations déflatée par le prix à la consommation. Afin de prendre en compte l'effet d'une hausse du prix du baril indépendamment de celui d'une hausse de la production, nous avons réestimé la manière dont la demande intérieure des principaux pays pétroliers réagit à la variation du prix des exports (relativement au prix à la consommation) et modifié les équations de demande intérieure en conséquence.

Pour évaluer l'impact de la hausse du prix du pétrole sur la compétitivité de l'économie française, nous comparons la réaction du prix des exportations (hors matières premières) des principaux partenaires commerciaux de la France dans le modèle NiGEM à la réaction du prix des exportations françaises dans une simulation NiGEM « témoin » à variables internationales constantes qui reproduit la simulation réalisée en première étape avec le modèle Mésange. Nous appliquons alors cette variation *relative* des prix des exportations à l'évolution du prix des exportations françaises obtenue dans la première étape avec Mésange pour en déduire l'évolution des prix de référence des importations et des exportations tels qu'ils sont définis dans le modèle Mésange. Cette méthodologie nous permet de faire abstraction de différences dans la modélisation des mouvements de prix entre les modèles Mésange et NiGEM⁽⁵⁾.

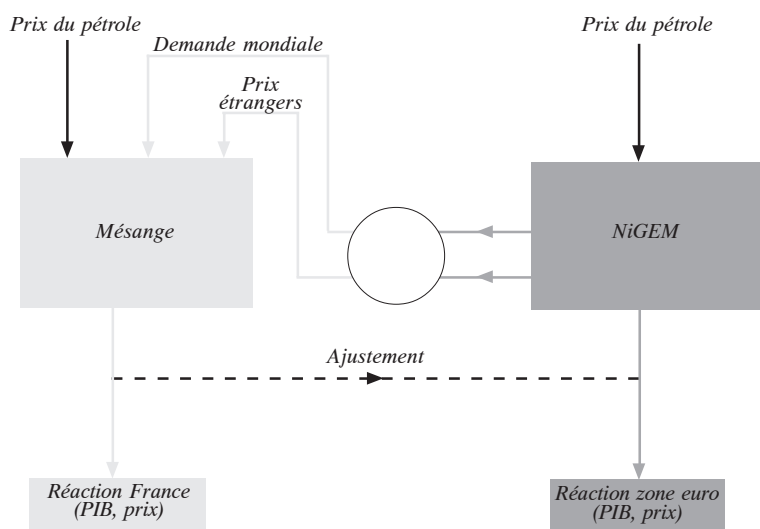
(4) Pour obtenir une simulation adaptée au cas d'un choc sur le prix du pétrole, certaines équations du modèle ont été modifiées.

(5) Le modèle NiGEM a tendance à produire des réactions de prix plus fortes que celles des autres modèles macroéconométriques.

Dans une troisième et dernière étape, le modèle Mésange est à nouveau utilisé pour évaluer l'effet sur l'économie française de cette variation des variables internationales (demande mondiale adressée à la France et prix de référence étrangers des importations et des exportations). L'effet total de la hausse du prix du pétrole sur l'économie française est obtenu en ajoutant ces effets internationaux à la simulation Mésange initiale⁽⁶⁾.

La simulation réalisée avec le modèle NiGEM permet également d'obtenir la réaction d'autres économies au choc pétrolier, notamment celle de la zone euro. La réaction de la zone euro est modifiée à la marge pour tenir compte de la différence entre la réaction de la France dans le modèle NiGEM et celle que nous obtenons dans notre propre évaluation⁽⁷⁾. La méthodologie employée est résumée dans le graphique 1.

1. Méthodologie employée



Source : Auteurs.

(6) Toutes ces simulations sont effectuées sous l'hypothèse d'un taux d'intérêt réel constant.

(7) Pour obtenir la réaction du PIB de la zone euro, nous remplaçons l'évolution du PIB de la France obtenue avec NiGEM par notre propre évaluation obtenue en utilisant conjointement les deux modèles. Pour obtenir l'évolution des prix de la zone euro, nous procédons comme précédemment et appliquons à l'évolution des prix français selon notre propre évaluation la variation relative des prix européens aux prix français dans la simulation NiGEM.

3. Résultats

3.1. Effets du choc en France

En France, une hausse durable du prix du pétrole de 20 %, soit un choc d'environ 0,3 point de PIB de la facture énergétique, entraîne une réduction du PIB de 0,1 point la première année. L'effet récessif est limité : au bout de trois ans la baisse de l'activité est enrayée et se stabilise à - 0,2 point.

À très court terme, le choc touche le prix des importations énergétiques et se transmet au prix à la consommation : l'inflation en France s'élève en moyenne à 0,3 point la première année (0,4 point au quatrième trimestre). Cette hausse des prix à la consommation correspond à l'effet mécanique attendu d'une hausse du prix de l'énergie (+ 0,4 point sur la base de la part de l'énergie dans l'indice des prix à la consommation, voir section 1).

1. Impact macroéconomique d'une hausse de 20 % du prix du pétrole (de 46 à 55 dollars)

	Écart au compte central			
	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4
France				
• PIB en volume	- 0,1	- 0,1	- 0,2	- 0,2
• consommation des ménages	- 0,1	- 0,3	- 0,4	- 0,5
• investissement	- 0,1	- 0,2	- 0,3	- 0,3
• exportations	- 0,1	- 0,1	0,1	0,2
• importations	- 0,2	- 0,3	- 0,2	- 0,2
• prix de la consommation des ménages	0,3	0,6	0,8	1,0
• prix de production	0,1	0,3	0,5	0,6
• emploi salarié (en milliers)	- 4	- 26	- 50	- 59
• balance commerciale (en points de PIB)	- 0,4	- 0,5	- 0,5	- 0,5
Zone euro				
• PIB en volume	- 0,1	- 0,2	- 0,2	- 0,2
• prix de la consommation des ménages	0,4	0,8	1,0	1,2

Lecture : L'écart au compte central est donné en points de pourcentage sauf mention explicite du contraire. Une hausse de 20 % du prix du baril réduit de 0,1 % le PIB en France la première année.

Source : DGTPE.

À moyen terme, la hausse du prix du pétrole est progressivement transmise aux prix de vente des entreprises lorsque celles-ci cherchent à restaurer leurs marges, ce qui accentue la hausse des prix à la consommation (+ 1 point quatre ans après le choc). Les salaires nominaux ne s'ajustant qu'imparfaitement au prix de consommation, le salaire réel net diminue. Le pouvoir d'achat des ménages s'en trouve réduit, ce qui déprime la consommation et par conséquent l'activité. L'effet du choc sur l'inflation est également accentué par la boucle prix-salaires.

À l'effet négatif sur la demande s'ajoute la hausse à court terme du coût réel du travail pour les entreprises (salaires déflatés par le prix de la valeur ajoutée qui augmente moins que les prix à la consommation) qui diminuent alors leur demande de travail et la hausse du coût réel du capital qui accentue la baisse de l'investissement. Au total, quatre ans après le choc, 60 000 emplois sont détruits. La hausse du chômage réduit l'ampleur des revendications salariales et freine la dynamique de la boucle prix-salaires. Les effets de long terme sur l'offre potentielle ne se font sentir que très progressivement et les premières années sont dominées par les évolutions de la demande⁽⁸⁾.

3.2. L'importance des canaux externes

Une partie non négligeable de l'effet de la hausse du prix du pétrole passe par la réaction du reste du monde qui affecte le commerce extérieur de la France. Le tableau 2 montre l'évolution des variables internationales suite à cette hausse.

2. Réaction des variables internationales à une hausse du prix du pétrole de 20 %

	Écart au compte central							
	T1	T2	T3	T4	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4
Demande mondiale adressée à la France	0,0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	0,0
Prix de référence étrangers								
• à l'importation	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,5	0,9	1,2
• à l'exportation	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,5	0,9	1,2

Lecture : L'écart au compte central est donné en points de pourcentage sauf mention explicite du contraire. Une hausse de 20 % du prix du baril réduit la demande mondiale adressée à la France de 0,1 % le deuxième trimestre et de 0,2 % la première année.

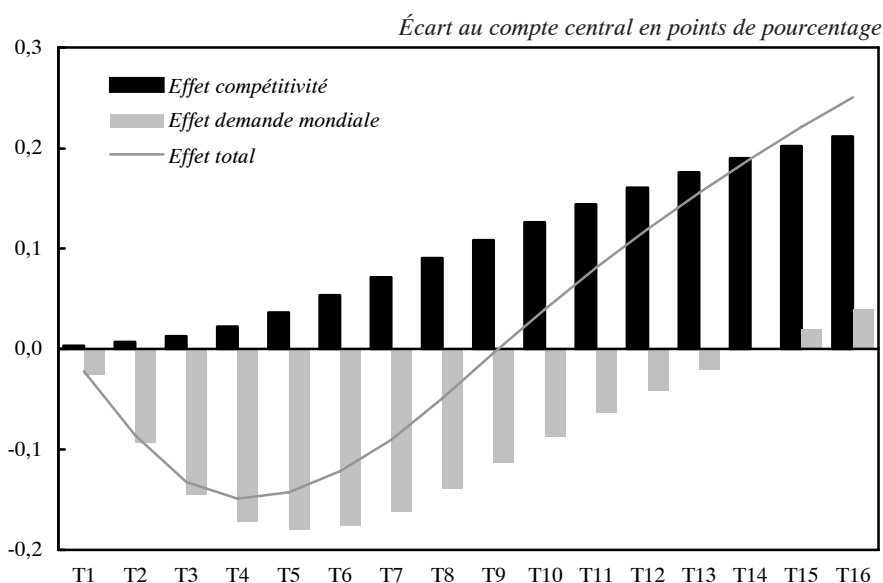
Source : DGTPE.

Comme décrit précédemment, l'évolution de la demande mondiale adressée à la France est affectée par deux facteurs opposés. D'une part, le ralentissement économique des autres pays importateurs nets de pétrole pèse sur la demande mondiale. D'autre part, le surplus de revenu des producteurs de pétrole les amène à augmenter leurs importations. Le premier effet est immédiat et explique la chute de la demande mondiale pendant la première année. Le second effet est plus lent, la demande intérieure des pays pétroliers ne réagissant que progressivement aux variations du prix du pétrole.

(8) Le nouvel équilibre de long terme n'est atteint qu'à la fin de la sixième année. La baisse du PIB potentiel à long terme représente alors un dixième de point.

Avec le temps, le second effet finit cependant par compenser le premier : au bout de quatre ans, l'effet de la hausse du prix du pétrole sur la demande mondiale adressée à la France s'estompe complètement (tableau 2). Le léger ralentissement de la demande mondiale pendant les deux premières années se traduit par un effet négatif d'environ 0,2 point sur les exportations (graphique 2) et de l'ordre de 0,05 point sur le PIB (graphique 3). La baisse à court terme de la demande mondiale adressée à la France augmente donc de plus d'un tiers la réaction négative de l'activité.

2. Contribution de la compétitivité-prix et de la demande mondiale à l'évolution des exportations en volume suite au choc sur le prix du pétrole



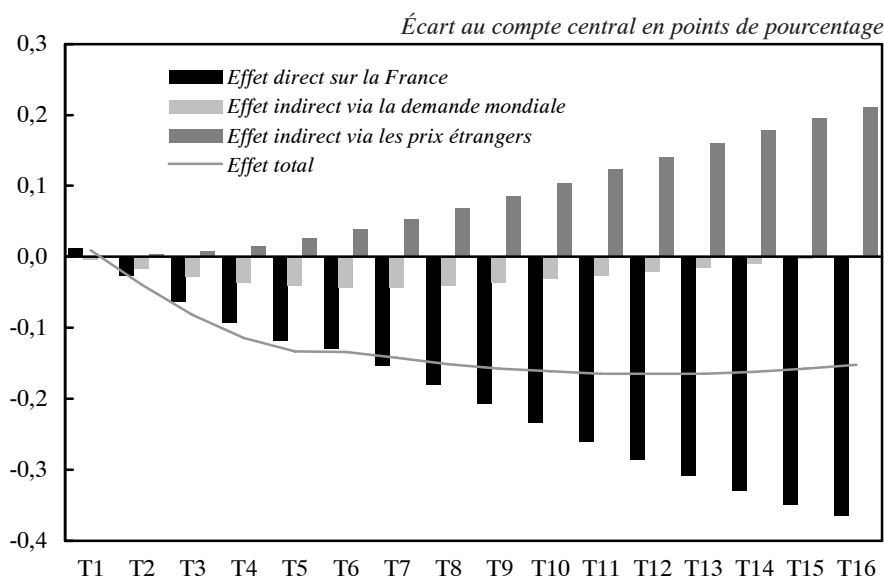
Lecture : Au bout de quatre ans (T16), suite à une hausse de 20 % du prix du pétrole, les exportations françaises ont augmenté de 0,25 point, dont 0,04 point en raison de la hausse de la demande mondiale adressée à la France et 0,21 point en raison de l'amélioration de la compétitivité-prix.

Source : Calculs des auteurs.

Le second canal du commerce extérieur, celui de la compétitivité-prix, est favorable à la France. En effet, les pays partenaires commerciaux de la France subissent des hausses de prix qui sont en moyenne plus élevées que celles observées en France, de sorte que la compétitivité-prix des exportations et des importations françaises augmente progressivement. Au bout de quatre ans, les gains de compétitivité soutiennent les exportations françaises à hauteur de 0,2 point (graphique 2), ce qui amortit d'environ un quart la baisse de l'activité. L'effet positif de la plus forte compétitivité sur les

exportations l'emporte sur l'effet négatif de la moindre demande extérieure dès la troisième année (tableau 1 et graphique 2). Dans la mesure où une simulation purement nationale d'une hausse du prix du pétrole, réalisée par exemple à partir du seul modèle Mésange, prévoit une hausse des prix intérieurs qui dégrade artificiellement la compétitivité-prix, il est très important de prendre en compte l'évolution des prix étrangers. Comme le montre le graphique 3, ne pas prendre en compte l'augmentation des prix étrangers reviendrait à surestimer la baisse de l'activité en France d'un cinquième de point la quatrième année.

3. Impact sur le PIB en niveau du choc sur le prix du pétrole selon les différents canaux de transmission



Lecture : Au bout de quatre ans (T16), suite à une hausse de 20 % du prix du pétrole le PIB est réduit de 0,15 %, du fait des effets internes de - 0,4 %, de la hausse des prix étrangers de + 0,2 % et avec un effet nul de la demande mondiale.

Source : Calculs des auteurs.

Le fait que les prix augmentent moins en France qu'en moyenne chez ses partenaires commerciaux tient à plusieurs facteurs :

- le pétrole représente une fraction plus faible des importations françaises que chez certains de ses partenaires, notamment les États-Unis et les pays du sud de l'Europe ;
- le contenu en énergie de la consommation est plus faible en France que chez certains de ses partenaires (là encore les États-Unis et la zone euro en moyenne).

Les différences de réaction des prix sont donc en partie liées à la plus ou moins grande dépendance énergétique envers l'extérieur des pays considérés ainsi qu'à l'intensité en énergie de leur production et de leur consommation. Les différences d'ajustement des salaires aux prix, également susceptibles de jouer un rôle, n'ont qu'un faible impact sur les différences nationales de réaction des prix. Au total, la France devient notamment plus compétitive que les États-Unis, l'Espagne et l'Italie, mais perd en compétitivité par rapport à l'Allemagne et au Japon.

La hausse des exportations de 0,2 point au bout de quatre ans s'accompagne d'une baisse des importations en volume (- 0,2 point) due au ralentissement de l'activité et à l'amélioration de la compétitivité. Ces deux évolutions ne permettent cependant pas de compenser l'effet négatif de la hausse du prix du pétrole sur la balance commerciale (- 0,5 point de PIB au total).

3.3. Effets du choc en zone euro

En zone euro, l'impact du choc sur les prix à la consommation est plus fort en moyenne qu'en France, atteignant 1,2 point en niveau au bout de quatre ans contre 1 point en France, en raison notamment d'une forte hausse des prix en Espagne et en Italie, la réaction des prix à la consommation en Allemagne étant quant à elle légèrement plus faible qu'en France. Un rapport récent de la Banque Centrale Européenne (BCE, 2010) mentionne les résultats de simulations analogues qui confirment la moindre augmentation des prix à la consommation en France qu'en zone euro.

L'impact du choc sur l'activité est à peine supérieur en zone euro à ce qu'il est en France⁽⁹⁾.

3.4. Limites de l'exercice

Ces évaluations présentent néanmoins un certain nombre de limites :

- comme dans la plupart des exercices de modélisation, elles supposent implicitement que les effets d'une hausse du prix du pétrole sont linéaires et symétriques à la hausse et à la baisse ;
- la politique monétaire n'est pas modélisée explicitement : les simulations se contentent de supposer que la banque centrale maintient un taux d'intérêt réel constant. Si la Banque centrale cherchait à augmenter les taux d'intérêt réels pour freiner la hausse des prix à la consommation, l'effet négatif du choc pétrolier sur l'activité serait plus important.

(9) La différence de réaction du PIB peut s'expliquer en partie par celle de réaction des prix et en partie par les différentes expositions du commerce extérieur. Les États-Unis, en revanche, souffrent davantage du choc que la zone euro (- 0,3 point de PIB la deuxième année et - 0,4 point au bout de quatre ans). Ce résultat est cohérent avec le fait que la dépendance énergétique des États-Unis est plus importante que celle de l'Europe.

Les simulations ne prennent pas en compte les facteurs à l'origine de la hausse du prix du pétrole qui peuvent également affecter l'activité et les prix de l'économie française par d'autres canaux. Par exemple, si cette hausse du prix du baril est due au dynamisme de la demande dans les pays émergents, comme c'est sans doute le cas en grande partie depuis le milieu des années 2000, l'effet direct positif de la demande asiatique sur les autres économies importatrices de pétrole peut compenser son effet indirect négatif via la hausse du prix du pétrole.

Les modèles utilisés ne prennent pas en compte les possibilités de substitution à moyen et long terme entre le pétrole et d'autres sources d'énergie ainsi que l'amélioration possible des technologies de production ou la diminution de l'intensité énergétique de la consommation.

Enfin, les simulations ne prennent pas en compte la possibilité qu'une hausse du prix du pétrole entraîne une baisse du moral des ménages qui comprimerait alors leur consommation au-delà de ce que la baisse de leur revenu réel rend nécessaire.

Références bibliographiques

- Banque centrale européenne (2010) : « Energy Markets and the Euro Area Macroeconomy », *Structural Issues Report*, juin.
- Barrell R., D. Holland et A.I. Hurst (2007) : « Correcting US Imbalances », *NIESR Discussion Paper*, n° 290.
- Klein C. et O. Simon (2010) : « Le modèle Mésange, nouvelle version réestimée en base 2000 », *Documents de Travail de la DGTPÉ*, n° 2010/02, mars.

Complément E

Le Grenelle de l'environnement et la croissance verte : le regard de l'ADEME sur les investissements visant les économies d'énergie et les énergies renouvelables

Gaël Callonnec, Thomas Gaudin et François Moisan

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)

Introduction : évolution des prix du pétrole et économies d'énergie, les dynamiques macroéconomiques

Nous sommes entrés dans une ère d'énergie chère.

La hausse du prix des combustibles fossiles a des effets négatifs sur la croissance. D'une part, elle provoque un déséquilibre de la balance commerciale et une réduction du revenu disponible, au profit du reste du monde, préjudiciable à l'activité. L'Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE) estime qu'entre 2002 et 2007, le déficit énergétique français est passé de 20,5 milliards à 44,1 milliards d'euros et est responsable de 50 % du creusement du solde commercial français sur la période. D'autre part, elle entraîne une augmentation des coûts de production et des prix de vente des producteurs, qui limite l'expansion de la demande et de l'activité économique. Enfin, elle pénalise le pouvoir d'achat des ménages et réduit leur consommation de biens et services⁽¹⁾.

En revanche les investissements dans les économies d'énergie et les énergies renouvelables créent de la valeur...

(1) En juin 2008, les ventes de prêt-à-porter ont chuté de 8 % malgré l'ouverture des soldes, au moment où fut enregistrée la plus forte hausse du prix des carburants.

En effet, l'accroissement de l'indépendance énergétique améliore la croissance et l'emploi. Les gains d'efficacité énergétique présentent de substantiels avantages à court terme comme à long terme :

- à court terme, les investissements d'efficacité énergétique impliquent un regain d'activité des branches du bâtiment (grâce à l'augmentation des travaux d'isolation), des travaux publics (construction de canaux et de voies de chemin de fer) de l'industrie des équipements ferroviaires, de la construction et de l'installation des équipements d'efficacité énergétique ;

- à court et long termes, l'efficacité énergétique entraîne un transfert de valeur ajoutée des branches énergie fossile et transport routier au profit des branches du transport ferroviaire, fluvial et de la production d'énergie renouvelable. Or la branche énergie fossile (hors énergie nucléaire) importe la totalité de ses combustibles et emploie relativement peu de main d'œuvre. Les dépenses en carburant représentent une part importante du chiffre d'affaires du transport routier, qui est en outre en grande partie assuré par des entreprises étrangères. À l'inverse, les branches du bâtiment et du transport ferroviaire importent très peu de consommations intermédiaires et sont très intensives en main d'œuvre. Un transfert des dépenses provoque donc une amélioration de la balance commerciale, qui entraîne, toutes choses égales par ailleurs, une hausse de la demande interne et donc du PIB.

La hausse de la production induit des créations d'emplois, qui peuvent également exercer un effet d'entraînement positif sur la consommation et l'activité. Enfin l'augmentation de la demande et l'amélioration concomitante de la balance commerciale, qui accroît la masse monétaire disponible et favorise une diminution des taux d'intérêt, encourageant l'investissement. Ce phénomène devrait déboucher sur une croissance du PIB supérieure au montant même de la réduction de la facture énergétique. Il devrait procurer à l'État un supplément de recettes fiscales conséquent.

L'influence des investissements d'efficacité énergétique sur la croissance à long terme est plus ou moins importante selon leur rentabilité.

Si le taux de rentabilité interne des investissements est inférieur au coût du capital (autrement dit si leur valeur actuelle nette est négative), et que l'État ne peut couvrir la différence avec le supplément de recettes obtenu grâce au surplus de croissance constaté à court terme, alors il ne pourra pas les reconduire. En outre, il sera obligé d'augmenter le taux de prélèvement obligatoire pour rembourser ses déficits. La contraction des dépenses publiques et l'augmentation des taxes auront un effet récessif susceptible de compenser le cumul des gains obtenus jusque là. *A contrario*, si les investissements sont rentables, autrement dit, s'ils engendrent un supplément de recettes supérieur aux mensualités de la dette⁽²⁾, l'État n'aura besoin ni d'augmenter le taux de prélèvement obligatoire ni de diminuer ses dépenses ulté-

(2) C'est le cas lorsque le taux de rentabilité interne de l'investissement est supérieur au taux d'intérêt de l'emprunt.

rieurement pour restaurer l'équilibre budgétaire. Les flux de revenus nets générés par l'efficacité énergétique pourront même être réinvestis. La croissance sera donc durable.

Afin de déterminer au mieux le potentiel de croissance induit par l'efficacité énergétique, il convient d'abord d'identifier les secteurs d'activité que l'on peut inclure dans le champ des « éco-activités », d'examiner leurs poids relatifs et de mesurer le rythme de croissance qu'ils devraient atteindre pour satisfaire les objectifs du Grenelle. C'est l'objet de la première partie, qui recense les grandes mesures prises dans le cadre du Grenelle dans les secteurs du bâtiment, des transports et des énergies renouvelables.

La deuxième partie dresse un bilan macro-économique à court terme de l'ensemble des mesures, en tenant compte de leurs incidences sur la branche énergie et sur le pouvoir d'achat des ménages. Les limites de l'évaluation sont évoquées.

1. Les mesures du Grenelle et leurs impacts sectoriels

Le secteur de l'environnement, tel que défini traditionnellement par les ministères en charge de l'environnement, inclut la gestion de l'eau, des déchets, de la pollution de l'air et des sites et sols pollués ; il emploie 240 000 personnes à temps plein (ETP) pour un marché⁽³⁾ de 40 milliards d'euros. La gestion de l'eau et des déchets représente l'essentiel de ce gisement.

Le secteur des éco-activités englobe non seulement les emplois liés à l'environnement, mais aussi ceux liés à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables. Les objectifs de réduction d'émission de gaz de effet de serre, d'augmentation des investissements publics et les mesures réglementaires et fiscales adoptés dans le cadre de la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, devraient avoir une incidence significative sur les diverses branches du secteur.

(3) Le « marché » est ainsi défini : valeur de marché des biens et services vendus sur le territoire national (importations incluses) et exportés.

$$\text{Marché} = \text{Importations} + \text{Production nationale.}$$

Plus précisément dans le cas des équipements :

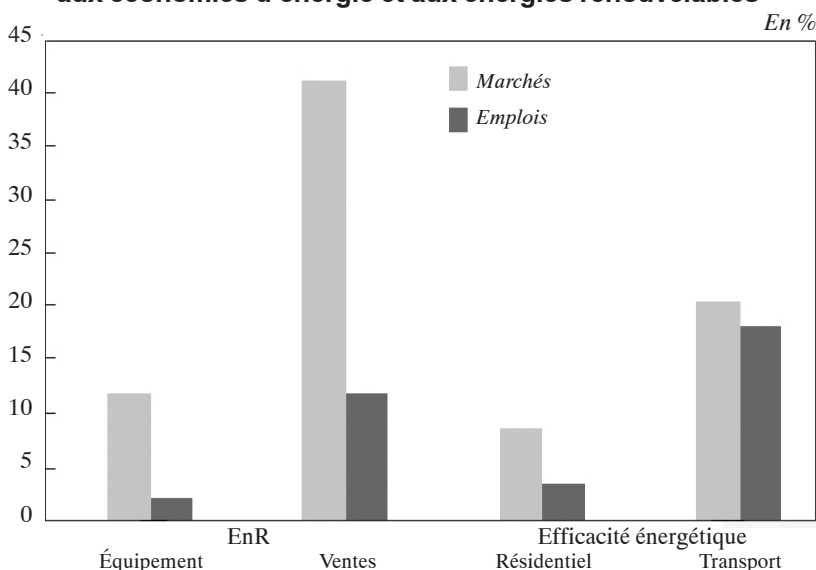
$$\begin{aligned} & \text{Somme des marchés} \\ & = \\ & \text{Production (au prix à la production)} \\ & + \text{Importations (au prix de douane)} \\ & + \text{Marges de distribution} + \text{Services de pose et d'installation} \\ & = \\ & \text{Dépenses sur le marché intérieur (hors taxes sur produits)} \\ & + \text{Exportations (au prix de douane)} \end{aligned}$$

Les objectifs du Grenelle de l'environnement ont été déclinés en termes de créations d'emplois et de croissance des marchés à l'horizon 2012, dans l'étude *In Numeri* (2008) réalisée pour le compte de l'ADEME. L'atteinte des objectifs du Grenelle implique un doublement à la fois du nombre d'emplois et du chiffre d'affaires du secteur de l'efficacité énergétique. Celui-ci devrait passer de 33 à 70 milliards d'euros.

Bien que la croissance du secteur des éco-activités (tel que défini dans l'étude ADEME/*In Numeri*) soit extrêmement soutenue, il est nécessaire d'en accélérer le rythme pour atteindre les objectifs 2012. Le taux de croissance en volume devrait passer de 13,5 à 16 % d'après *In Numeri*.

Des progrès plus importants encore devront être réalisés dans le secteur de la rénovation des logements résidentiels, le taux de croissance réel, qui s'élevait à 5 % en 2007, devrait atteindre une moyenne annuelle de 19 % entre 2007 et 2012 pour atteindre les objectifs (voir graphique 1).

1. Croissance 2006-2007 des marchés et des emplois directs liés aux économies d'énergie et aux énergies renouvelables



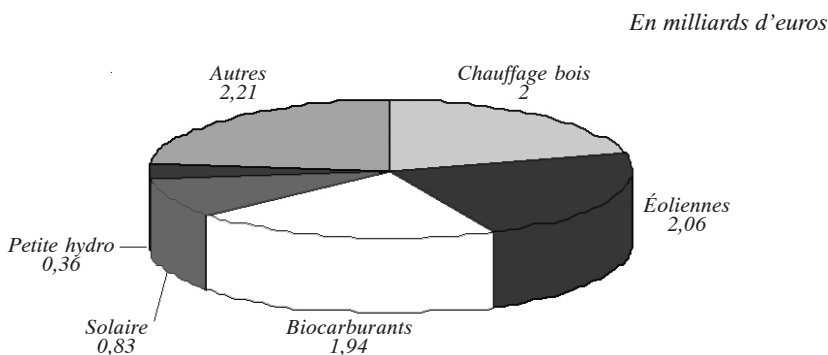
Sources : ADEME et *In Numeri* (2008).

1.1. Le périmètre des éco activités par produits

Le nombre des emplois liés à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables en France est estimé en 2007 à environ 220 000 emplois équivalents temps pleins (ETP). Le marché de ces secteurs, c'est-à-dire la valeur de la production nationale augmentée des importations, est estimé à 33 milliards d'euros. Ce montant est supérieur à la valeur de la production de l'industrie automobile hors sous-traitance.

Le secteur des énergies renouvelables emploie 52 000 ETP. Son marché s'élève à 9,4 milliards d'euros (grande hydraulique non incluse) comme indiqué dans le graphique 2.

2. Le marché du secteur des énergies renouvelables en 2007



Sources : ADEME et *In Numeri* (2008).

Le secteur de l'efficacité énergétique est bien plus important, puisque l'on y recense deux fois plus d'emplois, soit environ 100 000 ETP. Son périmètre est par essence conventionnel : ce qui est considéré comme efficace change constamment en fonction des exigences croissantes des réglementations publiques. Dans le cadre de l'étude « Marchés et emplois liés à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables, situation 2007-2009 et perspectives 2012 » (*In Numeri*, 2008), le périmètre retenu englobe les secteurs des :

- travaux de réhabilitation thermique dans les bâtiments et chaudières basse consommation ;
- appareils électroménagers performants ;
- transports ferroviaires et tramways ;
- véhicules des classes énergétiques A et B.

Le montant des ventes d'équipements réalisées sur le territoire, augmenté de la valeur des exportations, atteint 9,1 milliards d'euros. La seule activité d'isolation des logements résidentiels existants (hors construction neuve) est estimée en 2007 à 87 000 équivalents temps plein pour un marché de 7,4 milliards d'euros.

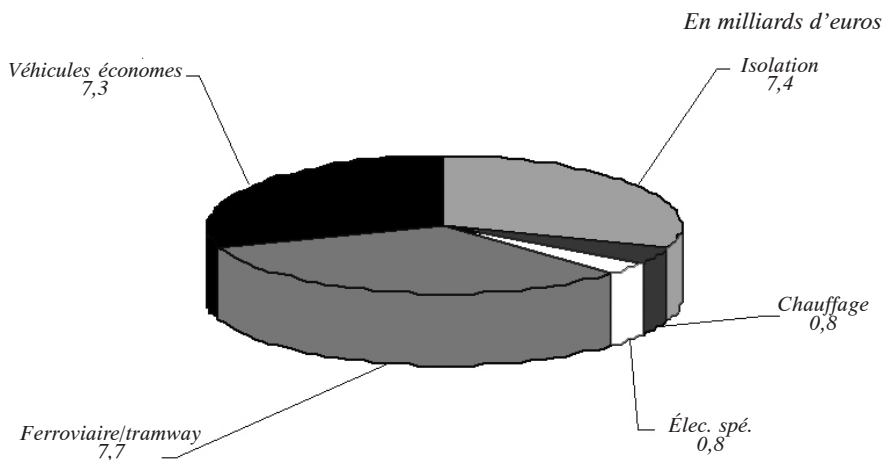
1. Marchés et emplois réalisés en 2007

	Marché		Emplois (en équivalent temps plein)					Total emploi
	Marché total (en millions d'euros)	Production nationale/ marché total (en %)	Fabrication des équipements	Dont emploi lié à l'export	Pose, installation et distribution	Vente d'énergie, maintenance		
ENR	5 900	82	1 400	301	900	150	2 450	
• solaire thermique	400	75	1 300	555	800	10	2 110	
• photovoltaïque	400	88	2 500	2 500	4 400	500	7 400	
• éolien	1 700	58	4 200	725	9 900	9 000	23 100	
• bois énergie	2 000	97	900	0	3 500	300	4 700	
• pompes à chaleur	600	81	1 300	0	1 200	3 700	6 200	
• biocarburants	400	100	90	24	280	3 500	3 870	
• petite hydraulique	70	100	80	0	140	620	840	
• géothermie	30	101	180	0	600	120	900	
• biogaz	140	83	130	0	100	520	750	
• UIOM	60	100	12 100	4 374	21 900	18 300	52 300	
Efficacité énergétique dans le résidentiel existant	9 100	94	2 000	—	31 600	—	33 600	
• isolation parois et toitures	3 400	96	13 800	—	39 700	—	53 500	
• remplacement fenêtres	4 100	100	700	—	5 300	—	6 000	
• chaudières à condensation	800	77	—	—	—	—	—	
• lampes basse consommation	200	67	1 200	—	4 200	—	5 400	
• électroménager performant	700	77	17 700	—	80 800	—	98 500	
Total	15 000	89	29 800	—	102 600	18 300	150 700	

Note : (*) Marché intérieur lié aux investissements plus exportations d'équipements.

Sources : ADEME et *In Numeri* (2008).

3. Le marché du secteur de l'efficacité énergétique en 2007



Sources : ADEME et In Numeri (2008).

Les emplois du secteur de l'efficacité énergétique dans le résidentiel dépendent essentiellement de la demande intérieure. 92 % des emplois liés aux énergies renouvelables sont liés au marché intérieur. Le secteur éolien fait figure d'exception, puisque les 2500 emplois français liés à la fabrication d'aérogénérateurs sont entièrement dépendants de la demande extérieure (les aérogénérateurs sont exportés) alors que la majorité des éoliennes achetées en France est importée.

Les enjeux de l'énergie et du changement climatique ont été au cœur des travaux du Grenelle de l'environnement et ont conduit à des objectifs ambitieux en matière d'efficacité énergétique et de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). Les mesures se focalisent notamment sur les secteurs du bâtiment et des transports, les plus gros émetteurs de CO₂ et sur la promotion des énergies renouvelables.

1.2. Le secteur du bâtiment

Le chauffage des bâtiments représente 44 % de l'énergie finale totale utilisée sur le territoire, soit 71 Mtep. Ce poste est responsable à lui seul de 20 % des émissions de gaz à effet de serre.

Le Grenelle de l'environnement prévoit de réaliser 40 % d'économies d'énergie d'ici 2020 dans le secteur. Pour atteindre cet objectif, le projet de loi Grenelle 1 prévoit de renforcer les normes de performance thermique dans la construction neuve à partir de 2012. À cette date, les bâtiments

neufs ne devront pas consommer plus de 50 kWh d'énergie primaire par m² et par an. Cela implique une division par deux des consommations énergétiques actuelles définies par la réglementation thermique (RT) 2005. En 2020, il est prévu que toutes les constructions neuves soient des bâtiments à énergie positive. Le projet de loi Grenelle 2 rendrait obligatoire la rénovation thermique des bâtiments publics à partir de 2010, dans un délai de huit années, de manière à réduire de moitié leurs émissions de GES. En parallèle, le gouvernement s'est fixé des objectifs ambitieux de rénovation des logements sociaux, pour ramener leur consommation énergétique moyenne de 230 à 150 Kwh d'énergie primaire par m² et par an. Pour y parvenir, l'État propose désormais aux bailleurs sociaux des prêts à taux bonifiés.

2. Les objectifs du Grenelle dans le secteur du bâtiment

Constructions neuves en 2012 (2010 pour bâtiments publics)	50 kWh d'énergie primaire/m ² /an (vs 100 kWh/m ² /an RT 2005)
Constructions neuves en 2020	Bâtiments à énergie positive (consommation inférieure à la production d'énergie renouvelable)
Bâtiments existants d'ici à 2020	Réduire de 38 % les consommations des bâtiments existants (240 kWh/m ² /an en 2008)
Bâtiments d'État et établissements publics (50 et 70 millions de m ²) d'ici à 2018	Réduire de 40 % les consommations d'énergie et 50 % les émissions de GES
Logements sociaux (800 000)	Ramener consommation de 230 kWh d'énergie primaire/m ² /an à 150.

Source : ADEME.

Les bâtiments existants devraient réduire de 38 % leur consommation d'ici 2020. Cet objectif est bien supérieur au niveau que l'on peut espérer atteindre au rythme des rénovations actuelles (10 % des ménages réalisent des travaux d'efficacité énergétique chaque année d'après l'enquête OPEN réalisée pour le compte de l'ADEME).

Suite au Grenelle, l'État a élargi l'assiette des crédits d'impôts à la main d'œuvre pour les travaux d'isolation des parois opaques, qui sont les plus rentables, afin de réduire leur temps de retour qui sont souvent jugés trop longs par les ménages, même s'ils restent inférieurs à la durée de vie des équipements. Il a instauré un prêt à taux zéro pour réduire leur contrainte de liquidité. Pour inciter les bailleurs à réaliser des travaux dans les logements loués, le gouvernement leur a donné la possibilité d'augmenter les charges des locataires au prorata de la moitié de la baisse de la facture énergétique obtenue.

Les travaux supplémentaires induits par la rénovation des bâtiments et l'imposition de la nouvelle réglementation thermique dans le neuf, devraient

entraîner la réalisation de plus de 60 milliards d'euros de travaux sur la période 2009-2013 et générer entre 53 milliards, voire 61 milliards, d'économies d'énergie (si le prix du baril du pétrole remonte vers 100 euros).

3. Le plan d'investissement dans le bâtiment

Plan de financement	Hausse du chiffre d'affaires du secteur du bâtiment (en millions d'euros)	Cumul des travaux engagés sur la période	Économie de TWh	TWh évités cumulés
Année 1	5,9	5,9	2,9	2,9
Année 2	3,0	14,8	1,9	7,7
Année 3	3,0	26,6	1,9	17,3
Année 4	3,5	41,9	2,3	37,0
Année 5	3,6	60,7	2,4	76,3
Total	18,9	—	11,0	—

Source : ADEME/SOEE.

L'efficacité énergétique dans le résidentiel déboucherait sur une hausse annuelle de 14 % de l'activité rénovation thermique de la branche bâtiment, ce qui entraînerait la création de 151 000 emplois d'ici 2012 selon l'étude *In Numeri* (2008). En tenant compte des autres travaux de rénovations induits (ravalement, peintures, etc.) et en considérant les ratios emplois sur chiffre d'affaires estimés par l'INSEE, l'ADEME estime que les créations d'emplois directs pourraient presque atteindre 169 000 emplois en cinq ans.

1.3. Les transports

Le secteur des transports est le plus émetteur de gaz à effet de serre (GES). Son activité génère plus d'un quart des émissions de GES nationales (26 %) et consomme près d'un tiers (32 %) de l'énergie finale totale (51 Mtep) utilisée dans l'hexagone. Le Grenelle prévoit de réduire de 20 % ces émissions d'ici 2020.

Plusieurs mesures, décrites dans le tableau 4 sont prévues, parmi lesquelles on trouve : l'instauration d'une éco redevance, la création d'auto-routes ferroviaires et maritimes, la construction du canal Seine Nord,

Le Grenelle s'est fixé pour objectif de porter la part de marché du transport de marchandises non routier de 14 à 25 % d'ici 2020. Pour y parvenir, l'État a annoncé la création d'une taxe kilométrique, dénommée « éco redevance », qui devrait frapper tous les poids lourds en 2012, qu'ils soient

immatriculés en France ou à l'étranger, au prorata des kilomètres parcourus sur les routes nationales (à raison de 0,12 euro par km). Sachant que cette disposition dissuade les trajets à vide, elle donne une prime au local et renforce la compétitivité relative du pavillon français ainsi que celle du fret ferroviaire.

En parallèle, le gouvernement prévoit d'augmenter de façon significative les investissements publics dans le transport ferroviaire, fluvial et maritime.

4. Le secteur des transports de marchandises

Objectif : porter la part de marché du non-routier de 14 à 25 % en 2020	
Amélioration du transport routier	Eco. conduite, péage sans arrêt Eco. redevance en 2011
Soutien transport ferroviaire, notamment autoroute ferroviaire	Investissement de 400 millions d'euros/an supplémentaire
Soutien transport fluvial, notamment canal seine nord	Plan de restauration 4 milliards d'euros d'investissement
Soutien transport maritime, notamment autoroute de la mer	Développement capacités portuaires 5 à 10 % de report modal sur les trafics concernés

Sources : ADEME et SOEE.

Le gouvernement prévoit d'investir massivement dans les infrastructures ferroviaires de longue distance et dans les transports collectifs en site propre (TCSP). L'inclusion du transport aérien dans le Système européen d'échange de quotas facilitera l'atteinte de l'objectif qui lui a été assigné.

5. Le secteur des transports de voyageurs

Transport aérien	Réduction de la consommation par pass.km de 50 %
Transport ferré longue distance	2 000 km de ligne à grande vitesse, et programme supplémentaire de 2 500 km à définir
Transport en commun	Passer de 300 à 1 800 km de transport collectif en site propre, 2,5 milliards d'euros d'investissement, rocade métro en Île-de-France
Transport routier	Passer de 176 gCO ² /km à 130 g en 2020 Moyenne des véhicules neufs en 2012 de 120 g

Sources : ADEME et SOEE.

La substitution des véhicules lourds et énergivores par de petits véhicules sobres en énergie est absolument rentable pour les consommateurs, d'un strict point de vue financier, puisque leurs prix de vente et leurs coûts d'usage sont inférieurs aux premiers. Néanmoins, une incitation fiscale est parfois nécessaire pour que les ménages renoncent à l'utilité que représente la puissance et le confort reconnus aux véhicules de haute gamme.

L'instauration du système de bonus malus automobile en 2007 et l'adoption du paquet « énergie climat » qui assigne des objectifs contraignants de réduction d'émissions aux constructeurs automobiles, sous peine d'amende, devraient permettre de réduire les émissions moyennes des véhicules neufs à 120 grammes en 2012.

La chute des émissions moyennes des immatriculations neuves a été spectaculaire entre la fin de l'année 2007 et le premier semestre 2009 : - 9,5 %, de 148 gCO₂/km à 134 g CO₂/km. La part de marché des véhicules de classes A et B est passée de 19 à 38 % en 2009, puis à 47 % au 1^{er} semestre 2009, sous l'effet de la prime à la casse. Les ventes des voitures « malussées » (émissions de CO₂ supérieures à 160 g/km) sont passées sous la barre des 10 %.

Le bonus-malus a eu un effet très positif sur le marché automobile français en 2008, dans un contexte international extrêmement difficile : la baisse des ventes de véhicules neufs s'est limitée à 0,7 % ; alors que les immatriculations en Europe de l'ouest ont chuté de 8,3 % sur la même période⁽⁴⁾. En parallèle, les ventes des marques françaises ont augmenté de 2,1 % sur le territoire national. Les deux tiers des véhicules sobres de classe A ou B, sont de marques françaises.

Toutes choses égales par ailleurs, ce dispositif a eu un effet d'entraînement positif sur l'industrie française, pour un coût public direct de 600 millions d'euros en 2009. Ce déficit devrait diminuer sous l'effet de la modification progressive des tranches du barème (- 5 g en 2010 et - 5 g en 2011) et la diminution de 30 % du montant du bonus en 2010.

Le bilan environnemental de la mesure n'a pas encore été établi avec précision. Cependant on sait que la baisse des émissions moyennes des 2 millions d'immatriculations neuves équivaut à un gain annuel brut de 3,6 millions de tonnes de CO₂. Si l'on considère que les 600 millions d'euros dépensés par l'État équivalent au coût de la mise en circulation de 36 000 véhicules supplémentaires de classe A, B ou C+ (pour un prix moyen pondéré de 16 800 euros en 2009, en supposant que l'effet d'aubaine est nul) et sachant que les émissions moyennes des véhicules « bonussés » sont égales à 118,2 gCO₂/km en 2009, on peut estimer que le soutien au marché automobile français a engendré au maximum une émission de 0,55 MtCO₂ supplémentaire par rapport à la tendance. On peut donc considérer que globalement la mesure aurait permis d'éviter annuellement l'émission de 3,1 Mt de CO₂.

Selon *In Numeri* (2008), l'industrie ferroviaire pourrait croître de 6,4 % chaque année et la construction d'automobile de classe A et B de 13 % par an. Ces secteurs pourraient créer respectivement 14 000 et 20 000 emplois directs d'ici 2012.

(4) Effondrement de - 28,1 % en Espagne, - 13,4 % en Italie, - 11,3 % au Royaume-Uni et - 1,8 % en Allemagne.

1.4. Les énergies renouvelables

Le Grenelle de l'environnement prévoit une croissance de la production d'énergie d'origine renouvelable de 20 Mtep supplémentaires en 2020 (voir tableau 6).

D'après *In Numeri* (2008), la croissance induite par la réalisation des objectifs du Grenelle serait conséquente : les achats d'équipements EnR augmenteraient chaque année de presque 22 % en volume, ce qui pourrait induire plus de 50 000 emplois directs supplémentaires d'ici 2012. La production réelle d'énergies renouvelables devrait croître de 18 % chaque année, ce qui devrait générer 15 000 emplois supplémentaires d'ici 2012.

6. La hausse des EnR prévue par le Grenelle de l'environnement

En Mtep

	Production		Variation
	2007	2020	
Chaleur	10	20	10
• bois	9	13	4
• cogénération	0	2	2
• solaire, géothermie et pompe à chaleur	0	3	3
• déchets et biogaz	1	2	1
Électricité	5	12	7
• hydroélectricité	5	5	0
• éolien	0	5	5 (+ 25 GW)
• cogénération	0	1	1
• photovoltaïque, géothermie, électrique, divers	0	1	1
Biocarburants	1	4	3

Sources : ADEME et SOEE.

1.5. Conclusion partielle

La mise en œuvre des décisions prises dans le cadre du Grenelle de l'environnement devrait avoir une incidence conséquente sur le secteur des éco activités et notamment sur la rénovation thermique des immeubles et la production d'EnR. Il serait nécessaire d'accroître d'environ 15 points le taux de croissance actuel de ces branches pour atteindre les objectifs fixés.

Le développement des éco activités devrait générer de nombreuses créations d'emplois dans les secteurs considérés, comme l'indique le tableau 8.

Cependant, le développement de l'efficacité énergétique se soldera, *ceteris paribus* par une diminution de l'activité des branches électricité fossile et distribution de combustibles. Le surcroît de vente de véhicules de classes A et B devrait entraîner une diminution des ventes de grosses berlines. L'augmentation de la charge de la dette des ménages, liée à la hausse des travaux de rénovation dans le résidentiel, devrait avoir une incidence négative sur leur consommation ; en revanche, la baisse de leur facture énergétique devrait avoir un effet positif sur leurs dépenses quotidiennes. Pour mesurer l'effet macroéconomique de l'ensemble de ces effets, il est nécessaire de réaliser une évaluation à l'échelle macroéconomique.

7. La croissance attendue des secteurs de l'environnement

	Marchés 2007 (en millions d'euros)	Marché 2012 (en millions d'euros constants)	Taux de croissance à prix constant (2006-2007) (en %)	Taux de croissance annuel moyen à prix constant (2007-2012) (en %)	Écart entre rythme actuel et vitesse à tenir d'ici 2012 (en %)
Équipements ENR	5 900	15 800	6,4	21,8	15,4
Ventes ENR	3 500	7 900	39,0	17,7	- 21,3
Résidentiel	9 100	22 000	5,1	19,3	14,2
Transports	15 000	24 000	17,0	9,9	- 7,1
Total	33 500	69 700	13,5	15,8	2,3

Sources : ADEME et In Numeri (2008).

2. Les effets macroéconomiques du Grenelle de l'environnement

L'ADEME a évalué les effets macro-économiques des mesures d'investissement mises en œuvre dans les secteurs du bâtiment, du transport ferroviaire, des véhicules performants, des énergies renouvelables (solaire, éolien, biomasse) dans les cinq ans à venir (*cf.* Callonnec et Wellhoff, 2008).

Le modèle utilisé est d'inspiration keynésienne. Il permet d'évaluer les incidences à court terme des investissements du Grenelle sur la demande. Pour simplifier, on suppose que cette politique n'aura d'impact ni sur les prix, ni sur les salaires, ni sur les taux d'intérêt. Autrement dit, on considère qu'une telle politique de relance ne devrait pas modifier les conditions structurelles de l'offre. Cette hypothèse n'est pas déraisonnable puisque d'une part, les sommes en jeu sont relativement modestes⁽⁵⁾ et qu'elles ne devraient pas bouleverser les équilibres sur le marché du travail et des capitaux ; et parce que cette politique est mise en œuvre en période de récession économique, caractérisée par une relative rigidité des prix.

Cependant cette hypothèse simplificatrice conduit théoriquement à surestimer l'impact positif de la relance verte sur la croissance à court et moyen termes. À long terme, le bilan devrait être plus ou moins important en fonction des pressions inflationnistes engendrées par les dépenses publiques et de la rentabilité intrinsèque des projets financés, or le modèle nous apporte peu d'éclairage sur ce point. L'approche retenue ne permet donc pas de dresser un bilan quantitatif précis sur longue période, néan-

(5) En supposant que l'État prenne en charge 15 % du montant de l'ensemble des investissements prévus (taux qui correspond au niveau des aides versées dans le résidentiel tertiaire), l'augmentation des dépenses publiques annuelles oscillerait autour de 3 milliards, soit 0,17 % du PIB.

8. Marchés et emplois directs réalisés en 2007 et scénario 2012

	Marchés (en millions d'euros constants)			Emploi (équivalent temps plein)		
	2007	2012		2007	2012	
		Taux de croissance 2006-2007 (en %)	Taux de croissance 2006-2007 (en %)		Taux de croissance 2006-2007 (en %)	Taux de croissance 2006-2007 (en %)
Énergies renouvelables	9 400	24 000	16,9	52 000	119 000	5
— investissement en syst. de production EnR + achats d'équip. de chauffage EnR	5 900	15 800	6,4	34 000	86 600	2
• solaire thermique	400	2 000	15,3	2 300	12 000	21
• photovoltaïque	430	2 800	94,2	2 100	13 100	95
• aérogénérateurs	1 700	4 200	11,3	6 910	16 000	10
• appareils de chauffage au bois	2 000	3 600	-11,9	14 100	23 900	-15
• pompes à chaleur	600	2 400	30,1	4 400	17 000	29
• unités de production des biocarburants	440	140	1,8	2 400	1 700	-1
• petite hydraulique	70	200	79,5	370	980	85
• géothermie	30	190	-12,7	230	1 300	-14
• biogaz : valorisation énergétique	140	200	13,7	800	1 300	12
• incinération des déchets ; valorisation énergétique	60	80	-32,5	230	280	-34
— en ventes	3 500	7 900	39,0	18 300	32 900	12
• solaire thermique	—	—	0,0	150	560	28
• énergie d'origine photovoltaïque	—	490	80,4	10	100	107
• énergie d'origine éolienne	360	2 100	91,9	500	2 100	55
• bois énergie	1 000	1 300	3,1	8 900	13 900	1
• pompes à chaleur	—	—	0,0	330	1 350	33
• biocarburants	1 500	3 100	97,0	3 700	8 700	65
• énergie issue de la petite hydraulique	360	440	6,8	3 500	4 300	1
• énergie d'origine géothermique	100	160	3,1	600	1 000	3
• énergie issue de la valorisation du biogaz	50	100	25,9	120	300	36
• énergie renouvelable issue de l'incinération des déchets ménagers	140	190	1,3	520	570	4

	Marchés (en millions d'euros constants)			Emploi (équivalent temps plein)		
	2007	Taux de croissance 2006-2007 (en %)		2007	Taux de croissance 2006-2007 (en %)	
		2012	12,2		46 000	14
Efficacité énergétique	24 000	12,2	46 000	169 000	14	320 000
— résidentiel	9 100	5,1	22 000	98 500	3	215 700
• isolation	7 000	3,3	16 000	87 200	2	176 000
• chauffage (chaudières condensation)	800	12,0	3 000	6 000	11	20 900
• électricité spécifique	800	14,6	3 000	5 400	12	18 300
— transport	15 000	17,0	24 000	70 700	18	104 800
• infrastructures ferroviaires et tramways + matériel roulant	7 700	24,2	10 500	46 900	24	61 300
• véhicules particuliers classe A et B	7 300	10,2	13 500	23 800	8	43 500
Total (énergies renouvelables + efficacité énergétique)	33 000	13,5	70 000	221 000	8	440 000

Sources : ADEME et *In Numeri* (2008).

moins, il est possible d'en apprécier le contenu en se fiant à des prévisions conjoncturelles et des analyses microéconomiques complémentaires.

Les résultats du modèle sont présentés après une brève description de ses caractéristiques et de ses propriétés dynamiques. Enfin, les limites de l'évaluation et son extrapolation sur longue période sont évoquées.

2.1. Modèle d'évaluation des coûts et avantages économiques de la lutte contre le changement climatique

L'ADEME estime les impacts macroéconomiques des chocs sectoriels de faible ampleur à l'aide d'un modèle IS (*Investments Savings*). Les modèles multisectoriels reposant sur une matrice de Leontief ont été abandonnés car l'hypothèse de la stabilité des coefficients techniques conduit à une surestimation de la croissance du PIB.

La méthode présentée ci-dessous est d'une extrême simplicité : on évalue d'abord l'impact immédiat des mesures fiscalo-budgétaires d'efficacité énergétique sur la production des principaux secteurs qu'elles affectent. En règle générale, elles ont tendance à doper l'activité du bâtiment, via l'isolation, de l'industrie ferroviaire et des transports collectifs au détriment de la branche énergie et des transports routiers. On en déduit les variations spontanées de l'emploi direct et indirect que cela engendre, à l'aide des coefficients techniques fournis par les professionnels, ou éventuellement ceux de l'INSEE corrigés de leur évolution tendancielle. À l'aide d'une équation IS, on estime ensuite les effets d'entraînement de ces chocs sectoriels sur le PIB via la variation de l'investissement et de la consommation. Celle-ci évolue par l'intermédiaire d'une modification du taux de chômage, d'une hausse de la charge de la dette des ménages, de la réduction de leur facture énergétique et des réformes fiscales.

Il est supposé que la hausse des investissements dans l'industrie ferroviaire, dans l'isolation des bâtiments et dans les énergies renouvelables sera essentiellement financée grâce au crédit bancaire (c'est-à-dire par la création monétaire) et non par des souscriptions publiques qui auraient pu avoir un effet d'éviction sur l'investissement privé, en drainant l'épargne disponible. D'un point de vue macroéconomique, à court terme, la hausse des investissements susmentionnés débouchera donc sur une augmentation globale du stock de capital productif (hausse de la FBCF), ce qui provoquera instantanément une croissance mécanique du PIB.

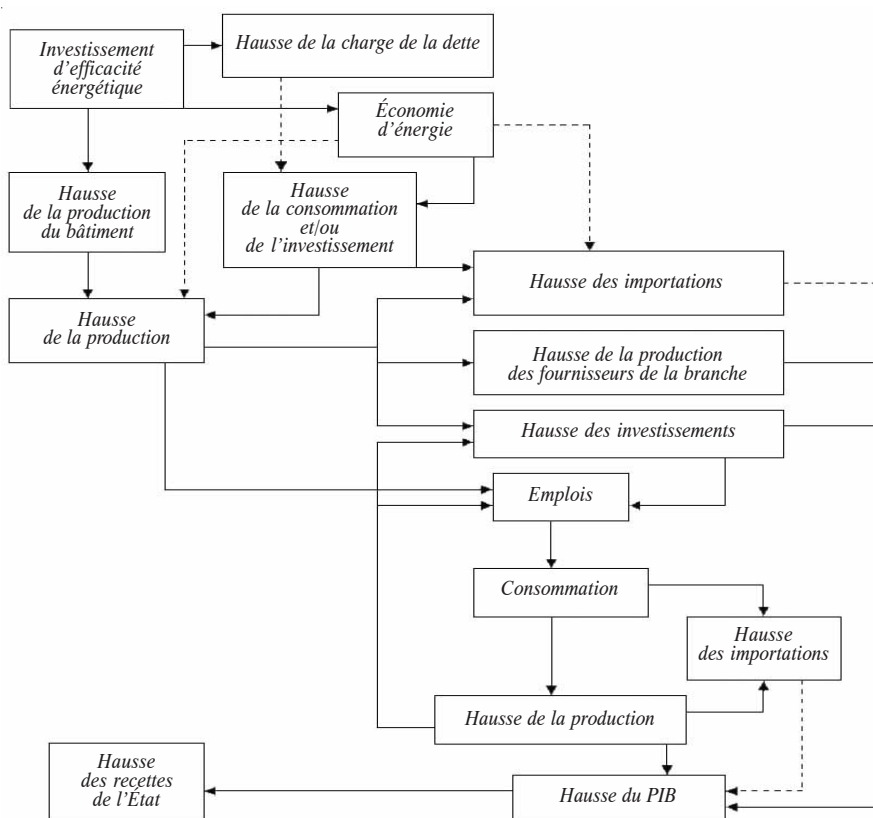
Ce regain de travaux devrait permettre de préserver, voire de créer plusieurs dizaines de milliers d'emplois. Ce phénomène devrait encourager la consommation des ménages, ce qui en retour devrait avoir encore un effet positif sur le PIB.

Cependant ces travaux s'opéreront au détriment de la production d'électricité des centrales thermique à flamme et de l'activité du secteur de la distribution de combustibles fossiles, mais ce phénomène ne compensera pas l'effet positif initial. En définitive le Grenelle favorise la croissance de branches peu énergivores et très intensives en emploi, qui importent fort

peu de consommations intermédiaires, comme le bâtiment et le transport ferroviaire, au détriment des branches énergie, qui contrairement aux précédentes, importent une large part de leurs consommations intermédiaires du reste du monde et sont peu intensives en emplois (le ratio emplois sur valeur ajoutée est relativement faible).

À court et moyen termes, cela devrait entraîner une réduction du montant de l'énergie importée et donc une amélioration de la balance commerciale, qui aura un effet positif sur le PIB. En effet, la baisse de la facture énergétique permettra aux agents de consommer et/ou d'investir davantage au bénéfice des autres branches, ce qui favorisera majoritairement les producteurs intérieurs puisque la pension à importer n'excède pas 27 % en France.

Les effets d'entraînement sur le PIB des mesures d'efficacité énergétique dans le bâtiment



Lecture : Les pointillés désignent une relation négative.

Source : ADEME.

9. Le Grenelle et la croissance à l'horizon de cinq ans

En euros 2008

	Industrie et transport ferroviaire	Bâtiments	Automobile	Électricité éolienne	Électricité thermique	Autres ENR (biomasse, solaire)	Distribution de combustibles fossiles	Autres secteurs	Total
Variation du CA (en millions d'euros)	7 255	18 852	2 502	1 759	- 2 389	205	- 5 037	2 724	25 870
Emplois directs (ETP)	31 478	168 779	1 108	13 604	- 18 923	65 400	- 1 245	29 386	289 587
Emplois indirects	12 051	79 490	3 675	18 423	- 3 791	—	- 3 588	—	106 259
Total des créations d'emplois (ETP)	65 189	262 708	4 829	47 054	- 24 970	69 209	- 6 745	38 223	455 497
• emplois directs et indirects (ETP)	43 528	248 269	4 783	32 028	- 22 714	65 400	- 4 833	29 386	395 846
• emplois induits (ETP)	21 660	14 439	47	15 027	- 2 255	3 809	- 1 912	8 837	59 651
Hausse du PIB (en millions d'euros)	10 813	20 529	2 146	5 237	- 1 983	938	- 3 748	2 555	36 487
• hausse de la valeur ajoutée du secteur	6 002	8 507	350	1 259	- 500	78	- 1 500	1 950	16 146
• hausse de la valeur ajoutée des fournisseurs	4 012	9 159	1 644	—	- 1 035	105	- 1 869	—	12 016
• effet d'entraînement du sup. de conso. sur le PIB	455	2 592	50	334	- 237	683	- 50	307	4 133
• effet d'entraînement du sup. d'invest. (*) sur le PIB	344	270	102	3 644	- 210	72	- 329	298	4 192
Hausse des prélèvements obligatoires (en millions d'euros)	4 866	9 238	966	2 357	- 892	422	- 1687	- 1 150	16 419
% PIB tendanciel	0,5	0,92	0,10	0,23	- 0,09	0,04	- 0,17	0,11	1,63

Note : (*) Net des importations de biens d'équipements.

Sources : ADEME et SOEE.

2.2. Les résultats du modèle

Les principales mesures évoquées ci-dessus entraîneront une variation du chiffre d'affaires des branches concernées de près de 26 milliards par rapport à la tendance.

Le plan bâtiment dans le résidentiel et le tertiaire devrait générer une hausse de la valeur ajoutée du secteur et de ses fournisseurs de 18 milliards d'euros, (toutes choses égales par ailleurs) par rapport à la tendance. Ce regain d'activité devrait permettre de créer 169 000 emplois directs dans le bâtiment et 80 000 emplois indirects chez ses fournisseurs.

La croissance du secteur devrait avoir un effet d'entraînement notable sur le reste de l'économie : d'une part, les créations d'emplois auront un effet positif sur la consommation (on estime que les dépenses de consommation d'un actif sont supérieures de 35 % à celle d'un chômeur en moyenne). D'autre part, les ménages devraient augmenter leurs dépenses d'un montant égal à la propension à consommer multipliée par la réduction attendue de leur facture énergétique, elle-même diminuée de la charge de la dette (nette des crédits d'impôts) occasionnée par les travaux. La hausse de la consommation ainsi obtenue devrait avoir un effet notable sur le PIB (+ 2 milliards d'euros), qui compensera largement l'effet négatif que pourrait exercer un ralentissement de l'activité de la branche énergie sur la croissance (- 500 millions d'euros).

Le développement du réseau ferroviaire tel que prévu par le Grenelle, devrait nécessiter 16 milliards d'euros d'investissement sur la période 2009-2013. Ce coût sera largement couvert à terme par les recettes d'exploitation et les économies d'énergies. Il devrait induire une hausse du PIB de 11 milliards. Il permettra la création de 31 000 emplois directs (dans la construction de matériel ferroviaire) et 11 000 emplois indirects supplémentaires d'ici cinq ans.

Le Grenelle prévoit l'installation de 25 GW de puissance éolienne supplémentaire en 2020. D'après le Réseau de transport d'électricité (RTE, 2009), l'éolien se substitue pour les trois quarts à la production d'électricité thermique à flamme, c'est donc essentiellement une production d'électricité de pointe qui ne fait guère concurrence à l'énergie nucléaire. Elle se substituera majoritairement à la production des centrales à charbon et au gaz. D'après l'étude *In Numeri* (2008), ce développement permettra la création de 13 500 emplois directs supplémentaires.

Le principal bénéficiaire sera la branche du BTP, dont le chiffre d'affaires devrait croître de presque 19 milliards d'euros en cinq ans, suivi de l'industrie et du transport ferroviaire (7 milliards), l'automobile (2,5 milliards) et l'électricité éolienne (1,8 milliard). Le sous secteur de la production d'électricité thermique à flamme devrait perdre 2,4 milliards de chiffre d'affaires et le secteur de la distribution des combustibles fossiles verra son activité réduite de 5 milliards par rapport à la tendance.

La baisse de la facture énergétique des agents, nette de l'augmentation de la charge de leur dette, devrait leur permettre de consommer et/ou d'investir au bénéfice des autres secteurs (y compris le reste du monde). Les autres branches devraient bénéficier d'une hausse de leur chiffre d'affaires de 2,7 milliards d'euros.

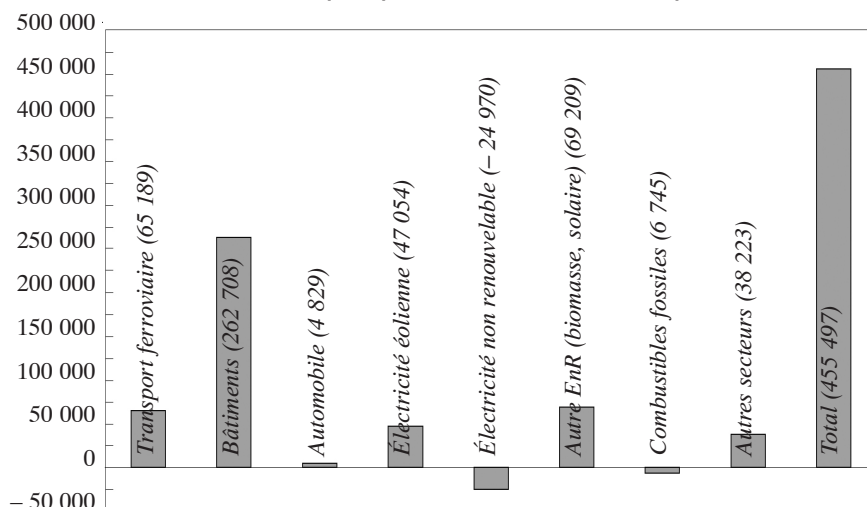
Ce regain d'activité devrait entraîner une hausse de la valeur ajoutée des secteurs directement visés de 16 milliards d'euros et celle de leurs fournisseurs de 12 milliards.

Ces évolutions devraient induire la création de presque 400 000 emplois directs et indirects dans les secteurs concernés et leurs fournisseurs.

Cette croissance aura un effet d'entraînement sur la consommation et l'investissement d'environ 8 milliards. Cela devrait déboucher sur la création de 60 000 emplois induits supplémentaires.

En définitive, la hausse du PIB devrait atteindre 36,5 milliards d'euros par rapport à la tendance en cinq ans. Ce qui représente un gain de 1,6 %.

4. Effets des principales mesures du Grenelle de l'environnement sur l'emploi à l'horizon 2013 (total des créations d'emploi direct et induit (ETP) en écart à la tendance)



Sources : ADEME et SOEE.

2.3. Les limites de l'évaluation

Par souci de simplification, ce modèle ignore les effets négatifs d'une éventuelle variation du taux d'inflation et des taux d'intérêts sur la valeur du multiplicateur d'investissement, qui pourrait être provoquée par un recours massif à l'emprunt. En outre, on suppose que les variations de l'emploi induites par les mesures n'ont pas d'incidence sur le coût du travail. Ce modèle n'a donc pas de vertu prédictive au sens strict du terme puisqu'il n'y a ni boucle prix-salaires ni boucle investissement-coût du capital. Il ne peut donc être utilisé pour analyser des chocs de grande ampleur, sauf en période de crise caractérisée à la fois par une relative rigidité des prix et des salaires, voire des tendances déflationnistes, et une augmentation du chômage.

Le modèle utilisé ne peut indiquer quels seront les effets du Grenelle sur le PIB à long terme. Sachant qu'ils dépendront en partie de la rentabilité des dépenses prévues, celle-ci fera l'objet d'un bref examen poste par poste.

Pour simplifier la résolution du modèle et faute de connaître les fonctions de production des divers secteurs affectés, une stricte rigidité des prix est supposée. Or théoriquement, toute hausse de la demande débouche sur une élévation des prix qui limite l'expansion de l'offre⁽⁶⁾.

Concrètement, on sait qu'une hausse des crédits d'impôt à l'isolation a un biais inflationniste puisque l'augmentation de la demande des ménages pousse les professionnels du secteur à augmenter leurs marges et donc leurs prix, s'ils se trouvent en situation de concurrence imparfaite ou dans l'impossibilité d'embaucher davantage de personnel qualifié à court terme. Dans le cas extrême où faute de concurrence (ou de main d'œuvre disponible), les professionnels répercuteraient la quasi-totalité des crédits d'impôts sur leurs tarifs, il y aurait un transfert des revenus de l'État vers les professionnels, sans que cela génère la moindre activité réelle. En parallèle, la hausse de la charge de la dette pourrait inciter l'État à augmenter les prélèvements obligatoires ce qui serait préjudiciable à la croissance.

Le risque inflationniste est cependant très limité en période de crise et de sous-emploi. Lorsque les capacités de production sont sous-utilisées, le degré de concurrence que se livrent les entreprises est plus rude et par définition la main d'œuvre est disponible. Ainsi, d'après l'INSEE, l'indice du prix à la construction a chuté de 9,9 % entre les premiers trimestres 2008 et 2009 en France. Le secteur du bâtiment n'est plus autant confronté à un manque de personnel qualifié, du fait de l'effondrement du nombre de mises en chantier dans le neuf et de l'arrivée d'un nombre croissant de jeunes bien formés sur le marché. L'indice des prix des travaux d'entretien-amélioration des logements (IPEA) a augmenté de 1 % en un an, malgré l'extension de l'assiette des crédits d'impôts aux dépenses de main d'œuvre liées aux travaux d'isolation et malgré le lancement du « prêt à taux zéro », destiné à financer les travaux d'efficacité énergétique dans l'ancien. C'est la plus faible hausse de l'indice depuis sa création en 1999.

La création du bonus-malus automobile a également coïncidé avec un effondrement généralisé des immatriculations neuves en Europe de l'Ouest. Dans ce contexte, la mesure a limité la chute des ventes en France (-0,7 %

(6) Sur un graphique offre-demande, l'importance des pressions inflationnistes dépend :

- de l'ampleur du déplacement de l'ordonnée à l'origine de la courbe de la demande, engendré par l'augmentation exogène des dépenses publiques ;
- et de la pente de la courbe d'offre globale des secteurs considérés, qui théoriquement dépend de l'évolution des coûts marginaux de production.

Dans le cas extrême où l'économie serait en situation d'équilibre de plein emploi (toutes les capacités de production sont utilisées ; le chômage, s'il existe, est volontaire), toute augmentation de la demande se solde par une hausse des prix sans variation des quantités produites. La courbe d'offre est verticale.

en 2008). Les constructeurs n'ont presque pas augmenté les prix des véhicules destinés au marché français (+ 0,5 % entre 2008 et 2009 d'après l'INSEE Indices pro).

De la même manière, le regain d'investissement dans le transport ferroviaire n'a pas eu d'incidence inflationniste sur les prix de la sidérurgie et de la métallurgie (les prix des produits métallurgiques destinés au marché français ont baissé de 16 % entre 2007 et 2009 d'après l'INSEE Indices pro), deux secteurs qui ont été vivement éprouvés par la crise.

En période de désinflation et de baisse du PIB, le regain de consommation des ménages, lié à la baisse de leur facture énergétique, ne devrait pas déboucher sur de substantielles pressions inflationnistes.

Le modèle suppose que les salaires sont fixes à court terme. Théoriquement, cette hypothèse conduit à surestimer l'impact positif de la dépense publique. Les rémunérations ne sont sensibles ni à l'inflation, ni aux variations du taux de chômage ou du taux de croissance. Or d'après la courbe de Phillips, les revenus dépendent de ces variables. Toute hausse de la demande qui entraîne un regain d'inflation et de croissance débouche sur des créations d'emplois et donc une moindre concurrence sur le marché du travail. Cela provoque une augmentation des salaires réels, et donc des coûts de production, qui pousse les prix à la hausse et limite l'expansion de la demande. En outre, le regain d'inflation peut à terme être préjudiciable à la compétitivité des entreprises en situation de changes fixes. Cependant, le risque qu'une spirale inflationniste des prix et des salaires s'enclenche, suite à une augmentation des dépenses publiques, est extrêmement faible en période de récession, d'augmentation du chômage et de désinflation. Le coût du travail dans l'industrie, la construction et le tertiaire (ICT hors charges) n'a pas augmenté entre le 1^{er} trimestre 2008 et le 1^{er} trimestre 2009 en France.

Théoriquement, l'augmentation des investissements publics et privés peut conduire à des tensions sur le marché monétaire, susceptibles d'entraîner une hausse des taux d'intérêt, elle-même susceptible de limiter l'effet multiplicateur de la dépense publique. Or le modèle postule la rigidité des taux d'intérêt. Cette hypothèse pourrait être jugée « abusive » en période normale mais dans les circonstances actuelles, elle ne l'est pas : la Banque centrale européenne a diminué considérablement son taux directeur entre 2008 et 2009 (de 4,25 à 1 %) et cela a provoqué une diminution du taux des obligations d'État (le taux des valeurs d'État à 5 ans est passé de 4,18 à 3,06 % entre janvier 2008 et janvier 2009), malgré l'augmentation de la dette publique⁽⁷⁾. En période de forte création monétaire, un effet d'éviction même limité est improbable.

(7) En parallèle, un grand nombre d'investisseurs ont cherché à acquérir des actifs financiers peu risqués pour se prévenir de l'effondrement des cours boursiers.

Comme nous l'avons vu en introduction, l'influence des investissements d'efficacité énergétique sur la croissance à long terme est plus ou moins importante selon leur rentabilité.

De ce point de vue, l'augmentation des dépenses publiques est généralement justifiée lorsqu'il s'agit de réaliser d'importants investissements de réseaux, notamment d'énergie ou de transport, qui s'avèrent rentables à long terme mais qui se heurtent à de nombreux coûts d'entrée à court terme. Ceux-là peuvent être d'ordre institutionnel (nécessité d'expropriations massives, emprise du domaine public), économique (cas des monopoles naturels) ou d'ordre financier (c'est le cas des investissements qui ont une valeur actuelle nette positive mais des temps de retour très longs qui excèdent l'horizon temporel usuel des créanciers, cela est fréquent lorsque la durée de vie des équipements et leurs coûts sont importants). Or le Grenelle de l'environnement prévoit des investissements massifs dans la production d'énergie renouvelable et les réseaux de transports. *A priori*, les investissements dans les lignes de TGV et les lignes de transports collectifs implantées dans des tissus urbains denses devraient être rentables, si l'on considère la rentabilité actuelle des réseaux comparables (ligne de TGV Paris-Marseille ou Paris-Nantes, lignes de tramway en Île-de-France, etc.). La rentabilité du projet du canal Seine-Nord est moins évidente et mériterait une analyse approfondie. Cela dit, sa construction ne devrait pas débiter avant 2012, c'est pourquoi elle n'a pas été prise en compte dans l'étude.

Théoriquement, il est opportun que l'État accorde aux agents des avantages fiscaux, si ces mesures sont destinées à lever les imperfections de marché qui les dissuadent de réaliser des investissements rentables. Les agents réalisent peu d'investissements d'efficacité énergétique dans le résidentiel, bien que la quasi-totalité des rénovations soient rentables. En effet, elles présentent presque toujours une valeur actuelle nette (VAN) positive et un taux de rendement interne (TRI) supérieur aux taux d'intérêt usuels. De multiples raisons expliquent cela : 43 % des ménages sont locataires et n'ont pas la possibilité de réaliser des travaux, tandis que les bailleurs n'ont guère les moyens de les amortir, faute de pouvoir augmenter les charges locatives ou les loyers en conséquence. Les ménages manquent d'informations sur les rendements énergétiques des divers équipements. Ils se heurtent à des contraintes de liquidité et manquent d'accès au crédit⁽⁸⁾. Ils ont un horizon temporel limité puisqu'ils occupent leur logement moins de huit ans en moyenne, alors que le temps de retour des travaux d'efficacité énergétique est bien souvent supérieur à 8-10 ans⁽⁹⁾. Pour lever ces obstacles, l'État a adopté un grand nombre de mesures réglementaires et fiscales : prêt à taux zéro, extension de l'assiette du crédit d'impôt, amélioration de

(8) La rénovation lourde d'un logement de 100 m² de classe énergétique G, chauffé au fioul, coûte environ 30 000 euros.

(9) Les temps de retour exigés sont courts : 3 à 5 ans pour les entreprises, 5 ans en moyenne pour les ménages avec un écart type de plus retour ou moins deux ans, alors que la durée de vie des équipements oscille autour de 20 ans, cf. ADEME/SOEE.

la réglementation thermique, etc. La baisse de la facture énergétique des ménages devrait largement compenser à la fois les mensualités de leur dette et le coût public de l'État à terme⁽¹⁰⁾.

La rentabilité des investissements dans l'énergie éolienne dépendra de l'évolution des coûts de production de l'électricité, notamment des coûts des centrales thermiques à flamme. D'après un récent rapport du Centre d'analyse stratégique, l'installation de 25 GW supplémentaires de puissance éolienne serait lucrative par rapport au mode de production prévisible en 2020, si les rendements moyens des éoliennes augmentent de 10 % d'ici 2020 ou si les coûts de production de l'électricité augmentent d'au moins 10 % par rapport à 2007 sous l'effet de l'inflation des combustibles fossiles. Cela suppose que le prix du baril dépasse le seuil des 80 dollars. Or l'AIE prévoit des augmentations bien supérieures à ce seuil, puisqu'elle anticipe que le prix du baril atteigne 100 dollars d'ici 2015 et 120 dollars d'ici 2030. Dans cette perspective l'investissement dans l'éolien serait rentable à long terme. D'après la DGEC, les coûts de l'électricité produite à partir des autres énergies renouvelables (cogénération, hydroélectricité, biogaz et incinération de déchets) sont inférieurs au coût de production du kWh éolien, exception faite du solaire photovoltaïque. D'après l'ADEME, la chaleur produite avec la biomasse serait plus rentable que celle générée par le fioul domestique ou le gaz naturel aux prix anticipés par l'AIE sur la période. On peut en déduire que les investissements du plan EnR seront également rentables. Seule la production d'électricité photovoltaïque serait produite à perte puisqu'il faudrait que le coût de production de l'électricité excède 200 euros/kWh en 2020 pour rentabiliser les investissements. Les aides versées à ce secteur, au travers du tarif d'achat, sont justifiées pour favoriser l'émergence industrielle de la filière, la réalisation d'économie d'échelle et de progrès technique. Sachant que la part du photovoltaïque dans le plan EnR représente moins de 2 % de l'augmentation de la production prévue, le développement du photovoltaïque ne devrait pas altérer considérablement la rentabilité globale du plan.

Enfin, l'État peut également promouvoir l'efficacité énergétique en taxant l'énergie ou les émissions de gaz à effet de serre, de manière à ce que leurs prix tiennent compte des externalités négatives liées notamment aux émissions de gaz à effet de serre. Théoriquement, si l'État décide d'augmenter les taxes énergétiques, il faut qu'il diminue les autres taxes (et/ou qu'il augmente ses investissements) du même montant, pour ne pas compromettre la croissance à court terme. L'efficacité de la réforme fiscale sera plus importante si les entreprises énergivores soumises à la concurrence inter-

(10) À titre d'exemple, la rénovation complète d'un pavillon classé G, de 100m², chauffé au fioul et situé en zone climatique H2D, coûte 30 000 euros. Le temps de retour est estimé à 8 ans sans crédit d'impôt (et 6,7 ans avec crédit d'impôt) pour une durée de vie moyenne des équipements de 17 ans au minimum. Le taux de rendement interne de l'opération est égal à 6,7 % sans crédit d'impôt et 9,8 % avec crédit d'impôt. La valeur actuelle nette du projet, actualisé à 4,5 %, s'élève à 6 000 euros hors crédit d'impôt (et plus de 12 000 avec crédit d'impôt).

nationale sont exonérées⁽¹¹⁾ et si les recettes fiscales générées par le supplément de taxes énergétiques financent une baisse des charges sur les facteurs de production, travail ou capital. Ainsi conçue, une taxe énergétique pourrait avoir un « double dividende », écologique et économique.

Conclusion

D'après les travaux réalisés par l'ADEME, la réalisation des objectifs du Grenelle de l'environnement (à taux de prélèvement obligatoire constant) doperait de 35 milliards en euros constants les investissements dans l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, ce qui pourrait générer 260 000 créations d'emplois directs et 160 000 emplois indirects dans les cinq ans à venir. Le regain de consommation et d'investissement induit entraînerait à court terme une augmentation globale de l'activité économique de près de 40 milliards d'euros, soit 1,6 point de PIB supplémentaire par rapport à la tendance. Cela représente une hausse de 0,32 % du taux de croissance potentiel annuel sur la période.

D'un point de vue macroéconomique, à long terme, la baisse de la facture de l'énergie importée et la hausse de la production induite par l'augmentation du stock de capital productif supplémentaire (ferroviaire et EnR) devrait permettre de couvrir l'augmentation de la charge des dettes publique et privée, liée au regain d'investissements dans les EnR, les transports collectifs et l'isolation des bâtiments, si le prix de l'énergie augmente au rythme prévu par l'AIE. La somme des valeurs ajoutées après investissements et après remboursement de la dette, restera donc supérieure à ce qu'elle était initialement. Et pour cause, les projets susmentionnés sont globalement rentables : leurs valeurs actuelles nettes respectives sont, en moyenne, positives et leur taux de rentabilité interne est supérieur au coût du capital. Le Grenelle devrait donc déboucher sur une création de valeur qui aura un effet positif durable sur le niveau du PIB même à long terme, et sur le sentier de croissance potentiel. Dans cette perspective, l'État pourrait renouveler ces dépenses publiques tous les 5 ans (pour peu qu'elles financent des investissements aussi rentables que les précédents) sans craindre d'avoir à augmenter le taux de prélèvement obligatoire pour combler les déficits induits. Le taux de croissance pourrait alors se maintenir à un niveau comparable à celui estimé à court terme, jusqu'au retour du plein emploi.

Entre la décroissance revendiquée par certains et les menaces de récession agitées par d'autres, ce complément laisse entrevoir une troisième voie qui permettrait de concilier efficacité économique et lutte contre le changement climatique.

(11) Notamment celles qui sont soumises au Système d'échange européen de quotas, les entreprises qui utilisent des combustibles à double usage ou qui produisent des produits minéraux non métalliques. Elles sont déjà exonérées de taxe intérieure (TIPP, TICGN ou TICC).

Références bibliographiques

ADEME (2008) : « Regard sur le Grenelle », septembre.

Buba J., C. Le Moign et D. Auverlot (2009) : « Le pari de l'éolien », *Centre d'Analyse Stratégique*, novembre.

Callonnec G. et M. Wellhoff (2008) : « Les incidences du Grenelle de l'environnement sur la croissance », *ADEME/SOEE, Note de Travail Interne*.

In Numeri (2008) : « Marchés, emplois et enjeu énergétique des activités liées à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2006-2007-perspectives 2012 », juillet.

Disponible sur <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=56031&p1=02&p2=06&ref=17597>

In Numeri (2009) : « Marchés, emplois et enjeu énergétique des activités liées à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables : situation 2007-2008-perspectives 2009 ».

Disponible sur <http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=65792&p1=02&p2=06&ref=17597>

RTE (2009) : « Le bilan électrique français 2008 », janvier.

Résumé

1. Un prix du pétrole élevé et volatil

Les travaux de prévisions menés par de nombreuses institutions montrent combien il est difficile de prévoir de manière précise l'évolution du prix du baril de pétrole. Les auteurs de ce rapport ne se livrent pas à un tel exercice, mais ils partagent la même appréciation quant aux principales propriétés de son évolution dans un futur plus ou moins proche : l'orientation à la hausse du prix du pétrole est inévitable et elle s'accompagnera d'une volatilité importante. Cette anticipation est fondée sur une analyse détaillée des déterminants du prix du pétrole, de leurs variations passées et des prévisions quant à leurs évolutions futures.

Du côté de l'offre, et comme pour tous les biens économiques, le prix du pétrole reflète les coûts de production : les coûts d'extraction, de transport et de raffinage. À cette composante essentiellement technologique viennent s'ajouter des déterminants plus spécifiques : la rente non concurrentielle qui tient en grande partie au pouvoir de marché de l'OPEP, la rente de rareté afférente à toute ressource naturelle non renouvelable (cette rente doit croître à un taux égal au taux d'intérêt réel selon la règle de Hotelling), les différentes taxes (dont principalement la TIPP) et enfin une nouvelle composante qui est appelée à prendre de l'ampleur dans les années à venir, le prix implicite du carbone (qui peut prendre la forme d'une taxe carbone ou encore du prix d'achat d'un permis d'émissions). Il est difficile d'isoler ces différentes composantes et encore plus de les quantifier, cependant l'analyse détaillée qu'en font les auteurs montre que la plupart des évolutions prévisibles du côté offre concourent à une augmentation du prix du pétrole.

Du côté de la demande, là aussi, les prévisions et projections convergent vers une hausse du cours du baril. L'évolution de la demande dépend du niveau du prix du pétrole brut, des taxes, de la croissance économique et des politiques énergétiques et environnementales mises en place. Dans la plupart des pays développés la tendance est plutôt au ralentissement de la croissance de la demande, voire pour certains à une diminution de cette dernière. En plus de la crise économique, deux explications sont avancées pour expliquer cette évolution. Le niveau de prix atteint par le pétrole brut et les carburants en juillet 2008 a clairement fait jouer une élasticité-prix (celle-ci est estimée à environ 0,2 à court terme et est de l'ordre de 0,4 à long terme pour la demande de carburant) et, peut-être des changements de comportements comme ceux décrits pour la France dans le rapport. L'autre

explication repose sur les politiques d'économies d'énergie et les politiques environnementales qui ont contribué à réduire la demande de pétrole. Mais dans le même temps, la forte croissance anticipée des pays émergents devrait conduire à une augmentation de la demande mondiale de plusieurs millions de barils par jour d'ici 2014. Elle s'inscrit dans la perspective d'un doublement du parc automobile mondial à l'horizon 2030 et il ne semble pas que la montée des contraintes environnementales puisse contenir ces évolutions. La moitié de cette croissance viendrait de la zone Asie. Cette augmentation de la demande mondiale de pétrole ne pourra se concrétiser qu'en s'accompagnant d'une hausse des prix permettant de mettre en exploitation de nouveaux champs, non conventionnels ou à coûts d'exploitation élevés.

Concernant la volatilité les auteurs rappellent tout d'abord qu'il existe des déterminants réels : le niveau du prix du pétrole encourage ou décourage les investissements en capacité de production. Un prix faible du pétrole ralentit les investissements de capacité et limite donc l'offre future, ce qui induira une hausse des prix et donc une incitation à investir et développer l'offre. Cependant, ni ces irrégularités (endogènes) dans les programmes d'investissements des compagnies pétrolières et des États exportateurs, ni les évolutions constatées du côté de la demande ne peuvent expliquer à elles seules la forte hausse du prix au cours des années 2002-2008 et le très brusque retournement qui suivit en juillet-août 2008. Pour de nombreux observateurs l'explication réside dans des comportements spéculatifs sur le marché du pétrole. Les auteurs du rapport passent au crible l'ensemble des arguments avancés en faveur de cette thèse et ceux qui s'y opposent. S'il est indiscutable qu'une spéculation s'est développée sur les marchés à terme du pétrole, les auteurs s'interrogent sur deux points essentiels : cette spéculation s'est-elle effectuée si clairement à la hausse et pouvait-elle rétroagir fortement sur la formation du prix au comptant ? Leurs réponses conduisent à reconnaître que des comportements de type spéculatifs ont bien été à l'œuvre, mais qu'ils sont restés inévitablement limités en raison principalement des faibles capacités de stockage, rapidement saturées. Le débat n'est donc pas tranché, mais pour les auteurs il ne fait aucun doute que l'imbrication de ces éléments réels et financiers laisse prévoir une volatilité accrue du prix du pétrole. Les incertitudes sur la demande et sur les capacités de production et la mondialisation des flux financiers se conjuguent pour rendre difficilement prévisible l'évolution des cours et les réactions des agents économiques placés dans cet environnement risquent fort d'accroître ce caractère imprévisible.

2. Une atténuation des effets des chocs pétroliers pour l'économie française ?

La France, qui importe tout son pétrole, doit donc se préparer à faire face à un prix du pétrole élevé et volatil. Quelles sont ses capacités d'absorption d'une telle évolution ? Doit-elle craindre les effets économiques de ces chocs programmés ?

Une comparaison rapide entre les effets macroéconomiques des deux chocs pétroliers des années soixante-dix et ceux consécutifs à l'augmentation progressive du prix dans la dernière décennie laisse entrevoir une meilleure adaptation de l'économie française. Alors que les chocs de 1973 et 1979 avaient eu de fortes conséquences en matière de croissance, d'emploi et d'inflation, il en va différemment dans les années 2000. La croissance française s'est raffermie sur la fin de cette décennie et a été particulièrement créatrice d'emploi. La baisse du taux de chômage n'a pas été freinée par la hausse du prix du brut et l'inflation est restée limitée. Plusieurs pistes sont avancées dans le rapport pour expliquer cette nouvelle donne : le rôle protecteur de l'appréciation de l'euro et du poids de la fiscalité dans le prix à la consommation des produits pétroliers, des politiques macroéconomiques mieux adaptées mais aussi et surtout la moindre dépendance de l'économie française au pétrole. Comment expliquer que les consommateurs français aient vu le prix à la pompe du super passer de 1 à 1,50 euro (+ 50 %) entre janvier 2004 et juillet 2008 pendant que dans le même temps le consommateur américain subissait une augmentation du prix du gallon de plus de 166 % (passant de 1,5 à 4 dollars) ? L'explication est double. D'une part l'appréciation de l'euro a permis à l'économie nationale d'acheter moins cher un pétrole facturé en dollars ; d'autre part, le poids élevé de la TIPP dans le prix à la pompe introduit beaucoup d'inertie dans l'évolution du prix à la pompe. Une meilleure définition de la politique macroéconomique, en réponse au choc pétrolier, caractérisée par une moindre indexation des salaires et une plus grande crédibilité de la politique monétaire a permis de freiner la formation d'anticipations d'inflation. Par-dessus tout, c'est la réduction de la dépendance de l'économie française au pétrole qui explique en grande partie sa moindre vulnérabilité aux chocs pétroliers. La nature de la consommation d'énergie primaire s'est fortement modifiée sous l'impact du développement de l'énergie nucléaire. En 2007, l'électricité représente 42 % de la consommation d'énergie primaire contre seulement 4 % en 1973. Sur la même période, le pétrole a vu sa part divisée par 2, passant de 67 % en 1973 à 33 % en 2007. L'intensité pétrolière de la production a fortement diminué depuis le premier choc pétrolier. Il ne faut plus aujourd'hui en France qu'un tiers de baril pour produire 1 000 euros de PIB alors qu'il en fallait un en 1973. Mais cette baisse de l'intensité pétrolière varie beaucoup selon les secteurs : l'industrie et l'agriculture font mieux que les ménages puisque ce sont les secteurs transports et résidentiel-tertiaire qui font le moins de progrès. Certes l'efficacité énergétique des logements et des véhicules a progressé, mais moins que la taille et le confort des logements et que la circulation automobile.

Cependant les auteurs nous convient à une certaine prudence dans les interprétations qui peuvent être faites de cette apparente atténuation des effets et nous invitent à ne pas sous-estimer les effets négatifs de la hausse du prix du pétrole. D'une part, ces effets n'ont sans doute pas eu le temps suffisant pour se manifester de manière claire. La conjoncture a été fortement affectée par la crise financière qui a frappé l'Europe au milieu de l'année 2007 et par la crise économique qui a suivi. Difficile dans ces conditions de quantifier précisément l'impact économique spécifique à l'évo-

lution du cours du pétrole brut. D'autre part, un regard moins macroéconomique et plus sectoriel amène à des conclusions plus nuancées et plus pessimistes. Certains secteurs, dont la pêche et le transport routier, ont eu des difficultés à supporter la hausse du prix des produits pétroliers.

3. Les impacts macroéconomiques et sectoriels d'un choc pétrolier

Dans le dessein d'appréhender au mieux la nature, les effets et l'ampleur d'un choc pétrolier les auteurs décrivent en détail ses principaux mécanismes de transmission à l'économie en mettant l'accent sur les problèmes et les ajustements requis plus que sur l'enchaînement temporel.

La hausse du prix du pétrole ne représente *a priori* pour l'économie française qu'une détérioration de ses termes de l'échange. Elle doit payer plus cher un bien qu'elle importe et donc exporter en contrepartie une quantité accrue de ses propres produits. L'économie subit en permanence des chocs de ce type, auquel elle s'adapte en modifiant ses combinaisons productives et ses consommations. Une hausse du prix du pétrole ne se singularise donc que par l'ampleur du choc qu'elle fait subir à l'économie française. Or, le pétrole conserve encore une place très importante dans l'économie. Il reste une consommation intermédiaire essentielle dont les entreprises françaises ne peuvent se passer ainsi qu'une consommation finale des ménages, notamment pour leurs besoins de transport. Les variations de son prix touchent tous les acteurs de l'économie. Les effets d'un choc pétrolier sont donc d'ordre macroéconomique.

Un choc pétrolier est avant tout un choc d'offre : la hausse du prix du pétrole augmente les coûts de production des entreprises et réduit ainsi leur capacité à produire, ou plus exactement, à distribuer des richesses. La question est de savoir qui paiera la facture pétrolière : elle ne peut s'imputer que sur les salaires ou les profits. C'est la baisse de la production, plus que la répercussion sur le niveau général des prix qu'il faut tenter de limiter.

Au choc d'offre induit par la hausse du prix du pétrole s'ajoute un choc de demande, lui aussi négatif, prenant la forme d'une réduction de la demande pour les produits nationaux. La facture pétrolière ampute le revenu national et réduit donc la demande interne. Mais elle exerce un effet inverse sur la demande externe puisqu'elle augmente les revenus des pays de l'OPEP et favorise ainsi nos exportations. Au total le premier effet l'emporte car les pays de l'OPEP ont une propension plus faible à dépenser leur revenu que les pays importateurs. Un prix du pétrole élevé joue pourtant plutôt à l'avantage de l'économie française car ses productions et ses exportations sont moins intensives en pétrole que celles de ses concurrents. L'économie française gagne donc en compétitivité quand le prix du pétrole est élevé. Les évaluations quantitatives montrent que l'effet d'un choc pétrolier sur les exportations françaises s'inverse après deux années et devient positif.

L'impact négatif de la hausse du prix du pétrole sur l'offre et la demande de biens nationaux a des conséquences négatives sur l'emploi et les salaires. Un pétrole plus cher rend moins rentable l'emploi et diminue la demande de travail. À court terme, deux mécanismes conduisent à la diminution des salaires réels : les salaires nominaux sont souvent fixés pour un an alors que l'augmentation du prix du pétrole réduit le pouvoir d'achat et se transmet rapidement aux autres prix ; les marges de profits tendent à être contracycliques, elles restent donc élevées dans la basse conjoncture qui suit le choc pétrolier et le partage du revenu national se déplace au détriment des salaires réels. Mais cette baisse initiale des salaires réels est insuffisante pour amener l'économie à une nouvelle situation d'équilibre durable. La phase inflationniste qui suit le choc est donc le moyen qui permet à l'économie et aux rémunérations de s'ajuster aux nouvelles conditions de production. Ce processus avait été particulièrement long en France lors des premiers chocs pétroliers, chacun cherchant à éviter de payer la facture pétrolière en obtenant des augmentations de salaires et de prix qui restaient purement nominales. Le rapport insiste sur le fait que les politiques macroéconomiques, mieux conduites aujourd'hui, permettent un ajustement plus rapide sans imposer un passage prolongé par le chômage.

Même si l'impact d'un choc pétrolier sur l'économie française s'est réduit avec la diminution de la dépendance énergétique et même si certaines études empiriques confirment des effets faibles, les auteurs de ce rapport soutiennent que cet impact reste important et qu'il convient de ne pas le sous-estimer. Pour nous en convaincre, ils construisent une maquette théorique calée sur données françaises qui présente l'avantage de mettre en évidence des interactions importantes entre les variables et de fournir des ordres de grandeur des effets à attendre. Leurs résultats confirment que ces ordres de grandeur ne sont pas négligeables et sont supérieurs à ceux que l'on trouve dans les travaux appliqués récents. Un impact sur le PIB d'un demi point ou d'un point pour une hausse de 20 % du prix du pétrole est relativement appréciable, surtout quand des hausses plus conséquentes peuvent être attendues.

Après l'impact macroéconomique, l'étude exhaustive des auteurs sur les effets économiques d'un choc pétrolier se déplace au niveau sectoriel et s'intéresse à la situation des ménages. Les auteurs montrent qu'un petit nombre de branches d'activité sont directement et fortement utilisatrices de pétrole (dont la chimie organique, les transports, la pêche...). Les branches caractérisées par une intensité pétrolière (rapport consommation de pétrole sur production) supérieure à 2,4 % représentent 62 % de la consommation de pétrole mais seulement 21 % de la production nationale. Une hausse du prix du pétrole, qui frappe indistinctement l'ensemble des entreprises, n'a donc un effet direct prononcé que sur un petit nombre d'entre elles. Pour bien éclairer la situation des branches qui restent fortement dépendantes du pétrole, le rapport décrit de manière détaillée comment le secteur des transports, en particulier aérien, a cherché à s'adapter à un pétrole cher.

Lorsque l'on s'intéresse aux catégories des ménages les plus exposés à une hausse du prix du pétrole, deux caractéristiques deviennent centrales :

la place dans l'échelle des revenus et le type d'habitat. Dans l'ensemble, les dépenses d'énergie des ménages peuvent être qualifiées de régressives au sens où elles pèsent proportionnellement plus sur les ménages à bas revenus. Ceux-ci souffrent donc particulièrement d'une hausse du prix du pétrole. Un deuxième axe d'inégalité oppose les ménages ruraux ou éloignés des centres-villes aux ménages urbains. Les premiers consacrent une part plus importante de leur budget aux carburants, ce qui semble naturel, mais aussi aux dépenses d'énergie liées au logement.

4. Des préconisations pour une politique d'ajustement de l'offre

Le fil conducteur de l'ensemble des préconisations avancées par les auteurs est relativement simple et clair : il ne faut pas chercher à subventionner l'utilisation d'un pétrole devenu plus cher, au contraire il faut inciter et aider aux ajustements nécessaires du côté offre. Ce qui n'empêche pas un soutien personnalisé des secteurs ou des ménages les plus touchés, lequel ne doit pas freiner ces ajustements mais au contraire les encourager et les accompagner. Cette aide à l'adaptation des secteurs les plus vulnérables doit rester ponctuelle, ciblée et temporaire.

Une politique indifférenciée de soutien à la demande, face à un choc d'offre, serait inefficace et risquerait d'engendrer une hausse des prix sans grand effet pour l'activité. De minces bénéfices transitoires ne justifieraient pas son coût pour les finances publiques. La meilleure voie pour la politique macroéconomique consiste à accompagner et faciliter les ajustements qui doivent inévitablement s'opérer en faveur des secteurs moins consommateurs de pétrole, elle doit également veiller à maintenir ou améliorer la compétitivité des entreprises et réduire la dépendance au pétrole de notre économie.

Ceci ne signifie pas que la politique ne doive pas se soucier de la demande. Dans un contexte de concurrence internationale accrue, une forte demande internationale pour les produits français apparaît comme la meilleure réponse possible à la hausse du prix du pétrole. Elle rééquilibre les comptes extérieurs et permet de financer la facture pétrolière. Plus fondamentalement, elle permet d'améliorer les termes de l'échange et de restaurer la compétitivité et la capacité d'exporter des entreprises françaises sans les faire reposer sur l'acceptation de prix très bas pour leurs produits. L'amélioration des termes de l'échange revient à augmenter le pouvoir d'achat des revenus nationaux. Elle encourage ainsi le développement de l'offre et une hausse de l'emploi. L'adaptation à la demande apparaît ainsi comme un élément essentiel d'une politique de l'offre. Face à une hausse du prix du pétrole, il sera impossible d'éviter une pression initiale à la baisse sur le niveau général des salaires réels. Leur rétablissement sera tributaire de celui de la compétitivité et de la capacité d'exporter. Les auteurs préconisent donc une spécialisation productive efficace de l'économie française

pour exporter vers les pays producteurs de pétrole. À partir d'une étude détaillée de la nature des importations des pays exportateurs de pétrole, les auteurs concluent que cette spécialisation doit s'opérer en faveur des secteurs des biens d'équipement, de matériels de transports, et des secteurs porteurs à l'avenir qui ont trait à l'énergie et l'environnement (nucléaire, efficacité énergétique, énergies renouvelables, traitement des déchets...). Dans le même ordre d'idée, ils recommandent des mesures visant à renforcer l'avantage comparatif de la France dans la production d'automobiles économes en carburant. Comme, par exemple, rendre pérenne la « prime à la casse », qui deviendrait ainsi un instrument structurel de rajeunissement de l'âge du parc automobile.

Pour les auteurs, l'axe fondamental de la politique est la réduction de la dépendance au pétrole de l'économie française. Il faut poursuivre le mouvement de substitution d'autres sources d'énergie au pétrole. L'énergie nucléaire occupe une place considérable et originale en France. Un recours accru au gaz est possible dans certains secteurs et il devrait profiter d'une baisse de son prix par rapport à celui du pétrole. La politique climatique, justifiée évidemment en premier lieu par ses bénéfices environnementaux, favorise les évolutions technologiques et peut contribuer fortement à rendre l'économie française moins sensible à la hausse et aux fluctuations du prix du pétrole. Les auteurs préconisent la mise en place, au niveau européen, d'une fiscalité carbone à un taux suffisamment élevé et cohérente avec le marché européen des permis d'émissions. Pour être efficace, elle doit toucher tous les secteurs consommateurs de pétrole et de carburants sans exceptions. Ils recommandent également une accélération dans la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement qui contribue à réduire la dépendance de la France vis-à-vis des énergies fossiles. Plus généralement, ils appellent à une réforme en profondeur de la fiscalité énergie-environnement au niveau français et européen. L'imposition ne doit pas biaiser indûment les choix énergétiques en une période où des substitutions entre sources d'énergie peuvent être justifiées et elle doit refléter fidèlement les coûts sociaux des émissions de gaz à effet de serre. Ceci impose par exemple de réduire les écarts entre la taxation de l'essence et du gazole.

Concernant la volatilité du prix du pétrole, les auteurs préconisent une action à la source (réglementer davantage les marchés dérivés pour limiter la spéculation) plutôt qu'un traitement fiscal (telles que la TIPP flottante appliquée au début des années 2000 ou une TIPP modulée qui chercherait à compenser les variations du cours du pétrole). Cette dernière idée d'une TIPP modulée aurait de très mauvais effets incitatifs sur les pays exportateurs de pétrole. Ils seront incités à augmenter au maximum leur prix s'ils savent que cela n'affectera pas le prix pour le consommateur et ne réduit donc pas la demande. Les pays producteurs seraient ainsi en position de capter toute la rente associée au prix cible choisi. Pour mieux réguler les marchés dérivés de matières premières, les auteurs reprennent à leur compte les principales recommandations du rapport du groupe de travail présidé par Jean-Marie Chevalier sur la « Volatilité des prix du pétrole » et remis à la ministre de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi en février 2010.

5. Commentaires

Benoît Cœuré apprécie le panorama complet et stimulant des questions économiques posées par les variations du prix du pétrole. Sur les déterminants du prix, il considère que les auteurs sont trop optimistes sur le niveau des réserves à découvrir, mais par contre trop pessimistes sur la capacité du monde à réduire la demande. Pour réduire la volatilité, il adhère à la nécessité de fournir un système d'information satisfaisant sur le plan physique et sur le plan financier. Il rappelle les travaux menés dans le cadre du G20 et l'intérêt tout particulier qu'y apporte la France qui a produit plusieurs rapports sur cette question.

Il se montre très intéressé par l'analyse économique mais regrette que les différentes explications apportées sur les expériences passées ne permettent pas de hiérarchiser l'importance des différents facteurs d'évolution. Il se montre par ailleurs plus prudent sur le lien entre fluctuations de l'euro et prix du pétrole où selon lui il n'existe aucun consensus. Il s'intéresse aux différences d'impacts d'une hausse du prix du pétrole à travers le modèle Mésange et la maquette réalisée par les auteurs. Selon lui, les deux résultats peuvent être réconciliés selon que l'on examine l'effet sur le PIB en volume tel qu'on le mesure dans les modèles ou si on le calcule comme un PIB distribuable, c'est-à-dire déflaté par les prix qui s'imposent aux consommateurs. Il soutient le besoin de préparer une réforme de la fiscalité énergie-environnement tout en recommandant de bien évaluer les projets en fonction de leur coût budgétaire et avec l'objectif de réduire la dépendance aux énergies fossiles et en mobilisant les sources de financement innovantes.

Roger Guesnerie souligne que le sujet traité par les auteurs du rapport est vaste et nécessite d'aborder un grand nombre de questions, peut-être même trop de questions, au risque d'être parfois superficiel. Ainsi, l'évaluation du développement de la croissance verte, à travers les mesures du Grenelle de l'environnement, renvoie aux difficultés intellectuelles de la liaison entre les aspects microéconomiques et macroéconomiques des décisions à prendre. Les travaux menés sur ce sujet et leurs résultats doivent être pris avec beaucoup de précautions, l'articulation entre le calcul microéconomique et le calcul macroéconomique n'étant pas toujours clairement formulée.

Sur le fond du rapport, deux sujets retiennent l'attention de Roger Guesnerie : la question de l'appropriation de la rente pétrolière et celle de la spéculation. L'opposition des pays exportateurs de pétrole aux politiques climatiques et en particulier à celles qui viseraient la mise en place d'une taxe carbone révèle leur crainte que cette dernière conduise à un transfert de la rente vers les pays consommateurs. La question qui s'en déduit et qui à l'arrière-plan du rapport, sans pour autant être clairement explicitée, est celle de la modulation des effets d'une éventuelle taxation du carbone harmonisée dans le cadre d'une politique climatique. La spéculation est-elle

stabilisante ou non ? Dans le cas du marché du pétrole, autoriser la spéculation signifie ouvrir un marché à terme où interviennent des opérateurs autres que les gestionnaires des capacités de stockage. Le partage du risque étant amélioré, l'ouverture du marché à terme devrait réduire la volatilité des prix. Mais dans le même temps, la présence des spéculateurs peut diminuer la plausibilité d'une coordination de type anticipation rationnelle et ouvrir la porte à une volatilité dont les caractéristiques sont plus difficiles à cerner. La conception de la bonne politique économique dépend clairement de la qualité des coordinations des agents économiques.

Summary

The Effects of High and Volatile Oil Prices

1. A high and volatile oil price

Forecasting work carried out by a number of institutions shows how difficult it is to accurately predict trends in oil prices. The authors of this report do not carry out this forecasting exercise, but they share the same conclusions about the main features of oil price trends in the near and medium term: a rise in oil prices is inevitable, and will be accompanied by significant volatility. This expectation is based on detailed analysis of oil price determinants, their past variations and forecasts as to their future trends.

On the supply side, like with all goods, the price of oil reflects production costs: extraction, transport and refining costs. Alongside this essentially technological component, more specific determinants are at play: the non-competitive economic rent, which largely stems from OPEC's hold on the market, the scarcity rent on all non-renewable natural resources (this rent increases at a rate equal to the real interest rate according to Hotelling's rule), various taxes (mainly the TIPP domestic tax on oil products in France) and a new component that is set to gain importance in the years ahead, namely the implicit price of carbon emissions (which may take the form of a carbon tax or the cost of emission permits). It is difficult to isolate these different components and even more difficult to quantify them, but the authors' detailed analysis shows that most predictable supply-side developments will concur to bring about a rise in oil prices.

On the demand side, too, forecasts and projections converge towards a rise in oil prices. Demand trends depend on crude oil prices, taxes, economic growth and energy and environmental policies. In most developed countries, the trend is towards a slowdown in demand growth and some countries are even seeing a decline in demand. In addition to the economic crisis, two explanations are put forward. The levels reached by crude oil and fuel prices in July 2008 clearly brought the price-elasticity of demand into play (this is estimated at around 0.2 in the short term and around 0.4 over the longer

term for fuel demand) and possibly caused behavioural changes such as those seen in France and described in the report. The other explanation is related to energy and environmental policies, which have helped reduce oil demand. However, the strong growth expected in emerging markets is likely to increase global demand for oil by several million barrels per day by 2014. This reflects the expectation that the number of cars on the road worldwide will double by 2030, and it seems unlikely that tougher environmental constraints will contain these trends. Half of this growth will come from Asia. Such an increase in global oil demand will only be sustainable if it is accompanied by higher prices that will enable the exploitation of new unconventional oil fields or fields with high production costs.

As regards volatility, the authors first repeat that there are real determinants at play: the level of oil prices encourages or discourages investment in production capacity. Low oil prices slow capacity investments and therefore limit future supply, which then causes prices to rise, thereby providing an incentive to invest and develop supply. However, neither these (endogenous) irregularities in the investment programmes of oil companies and exporting countries nor changing demand trends alone can account for the sharp rise in prices between 2002 and 2008 and the very sudden drop that followed in July-August 2008. A number of observers believe that the explanation lies in speculation on the oil market. The report's authors sift through all the arguments for and against this theory. While it is undeniable that speculation has developed on the oil futures market, the authors question two key points: was this speculation really focused on an oil price rally, and could it have such a significant retroactive effect on spot prices? Their conclusions recognise that speculation was indeed at play, but that it was limited, mainly due to restricted storage capacity, which is rapidly saturated. The debate is therefore not closed, but for the authors there is no doubt that the overlapping of these real and financial elements augurs for greater oil price volatility. Uncertainties over demand and production capacity and the globalisation of financial flows combine in making it difficult to forecast price trends, while the reaction of economic agents placed in this environment could accentuate this unpredictability.

2. An attenuation of the effects of oil shocks on the French economy?

France, which imports its oil, must be prepared to deal with high and volatile oil prices. What capacity does the economy have to handle this? Should it fear the economic effects of the expected shocks?

A rapid comparison of the macroeconomic impact of the two oil shocks of the 1970s and the shock that followed the gradual rise in prices over the past decade suggests that the French economy has adapted. While the oil crises of 1973 and 1979 had a significant impact on growth, employment and inflation, the situation was different in the 2000s. French growth picked up at the end of the decade and created a lot of jobs. The fall in the

unemployment rate was not hindered by the rise in crude oil prices and inflation stayed under control. The report makes several suggestions to explain this new situation: the protection provided by the appreciation of the euro and the importance of taxes in the prices paid by consumers for oil products, better macroeconomic policies and, most significantly, the French economy's reduced oil dependency. Why did French consumers see petrol prices rise from $\square 1$ to $\square 1.50$ (+50%) between January 2004 and July 2008 while US consumers suffered an increase of over +166% (from \$1.50 per gallon to \$4) over the same period? The explanation is twofold. First, the euro's appreciation enabled the economy to buy oil, which is invoiced in dollars, less expensively; second, the importance of the TIPP in the prices paid by consumers introduces considerable inertia into pump prices. A better definition of macroeconomic policy in response to the oil crisis, characterised by reduced wage indexation and the stronger credibility of monetary policy limited the formation of inflation expectations. Above all, what mostly explains the French economy's reduced vulnerability to oil price shocks is its diminished oil dependency. The nature of the country's primary energy consumption has changed considerably with the development of nuclear energy. Electricity accounted for 42% of primary energy consumption in 2007, compared with just 4% in 1973. Over the same period, oil saw its share halved, from 67% in 1973 to 33% in 2007. The economy's oil intensity has declined considerably since the first oil shock. Today, it only takes 1/3 of a barrel of oil to produce $\square 1,000$ of GDP in France, compared with one barrel in 1973. But this decline in oil intensity varies greatly between sectors: industry and agriculture fare better than households, as the transport and residential-tertiary sectors have made less progress in this area. Housing and vehicle fuel efficiency has improved, but to a lesser extent than the size and comfort of homes and the growth in car transport.

However, the authors ask to be cautious in interpreting this apparent attenuation of the impact of high oil prices, and encourage us not to underestimate the negative effects they can have. On the one hand, the effects may not have had enough time to reveal themselves in full. The economic environment was badly affected by the financial crisis that hit Europe in mid-2007 and by the economic crisis that followed. In these circumstances it is difficult to accurately quantify the economic impact attributable to oil prices. On the other hand, looking at sectors rather than the whole economy gives rise to a more nuanced –and more pessimistic– conclusion. Some sectors, including fishing and road transport, found it hard to bear the rise in the price of oil products.

3. The impact of an oil price shock at a macroeconomic and sector level

With the aim of better understanding the nature, effects and extent of an oil shock, the authors describe in detail the principal mechanisms through which the shock is transmitted to the economy, emphasising the problems and adjustments required, rather than focusing on the timetable.

In principle, high oil prices only deteriorate the French economy's terms of trade. The country must pay more for this imported commodity, and must therefore export more of its own products. The economy permanently suffers crises of this type, and adapts by modifying its production/consumption balance. Such a crisis stands out merely due to the extent of the shock it has on the French economy. Yet oil still has a very large place in the economy. It remains an essential intermediate consumption that French companies cannot do without, as well as representing final consumption by households, in particular for transport. Price fluctuations affect all parts of the economy. The effects of an oil shock are therefore of a macroeconomic nature.

An oil shock is above all a supply shock: high oil prices raise companies' production costs and reduce their capacity to produce, or more specifically their capacity to distribute wealth. The key question is who will pay: the oil price rise can only be factored into wages or profits. The solution is to try to limit the decline in production rather than the repercussion on general prices.

In addition to the supply shock caused by high oil prices, there is also a demand shock, which is also negative and takes the form of a fall in demand for domestic products. High oil prices slash national revenues and therefore reduce domestic demand. But they have the opposite effect on external demand as they increase the revenues of OPEC nations and therefore support our exports. Overall, the first effect is greater as OPEC members have a lower propensity to spend their revenues than importing countries. High oil prices nonetheless generally favour the French economy as its production and exports are less oil intensive than those of its competitors. The competitiveness of the French economy therefore improves when oil prices are high. Quantitative assessments show that the effect of an oil shock on French exports inverts and becomes positive after two years.

The negative impact of high oil prices on supply and demand for national goods has negative consequences on employment and wages. More expensive oil makes employment less profitable and reduces demand for labour. In the short term, two mechanisms bring about a decline in real wages: nominal wages are often fixed for one year, while a rise in oil prices reduces purchasing power and rapidly spreads to other prices; profit margins tend to be contra-cyclical, so they remain high in the weak economy that immediately follows the oil shock, and the sharing of national wealth shifts to the detriment of real wages. But this initial decline in real wages is insufficient to restore a sustainable balance in the economy. The inflationary period that follows the shock therefore provides the economy and earnings with the means to adjust to the new output conditions. This process was particularly long in France after the first two oil crises, as everyone tried to avoid paying the high price of oil by obtaining wage and price increases, which were in fact purely nominal. The report emphasises the fact that macroeconomic policies, which are better managed today, now enable a faster adjustment, without causing a prolonged period of high unemployment.

Even though the impact of an oil crisis on the French economy has diminished as the country's energy dependency has declined and although certain empirical studies confirm that the effects are limited, the report's authors emphasise that the impact remains significant and that it should not be underestimated. To convince us, they build a theoretical model using French data, which has the advantage of highlighting the considerable interaction between variables and providing an order of magnitude of the effects that can be expected. The results confirm that the effects are not insignificant and that they are greater than those found in recent studies. A half-point or one-point impact on GDP for a 20% increase in oil prices is relatively significant, especially when a more substantial rise in prices can be expected.

After looking at the macroeconomic impact, the authors' exhaustive study of the economic impact of an oil price shock shifts its focus to the sector level and examines the situation for households. The authors show that a small number of business segments are directly major oil users (for example, the organic chemical industry, transport, fishing, etc.). The business segments with an oil intensity (ratio of oil consumption to production) of over 2.4% account for 62% of oil consumption but only 21% of national output. Therefore a rise in oil prices, which affects all companies without exception, has a pronounced direct impact on a small number of them. To explain the situation of those segments that are heavily dependent on oil, the report describes in detail how the transport sector, and air transport in particular, has sought to adapt to high oil prices.

If we look at the categories of households the most exposed to high oil prices, two elements are decisive: the position on the revenue scale and the type of housing. Overall, households' energy bill can be considered as regressive in the sense that the energy budget of low-income households is proportionally higher, and it is they who suffer most from a rise in oil prices. A second area of inequality puts those living in rural areas or a long distance from town centres at a disadvantage to households in urban areas. Rural households devote a larger portion of their budget to fuel, which seems obvious, but also to energy consumption for their homes.

4. Recommendations for a supply adjustment policy

The guiding principle of all the recommendations put forward by the authors is relatively simple and clear: we should not seek to subsidise the use of more expensive oil; on the contrary, we should encourage and aid the necessary supply-side adjustments. This does not rule out personalised support for the hardest hit sectors and households –though this support must not discourage these adjustments, but should instead encourage and support them. The adjustment support provided to the most vulnerable sectors must be limited in time, focused and temporary.

An indiscriminate policy for supporting demand in the face of a supply shock would be ineffective and would risk causing prices to rise without

this having a significant impact on activity. The minor temporary benefits of such a policy would not justify the cost for public finances. The best macroeconomic policy consists in accompanying and facilitating adjustments, which must inevitably be made in favour of those sectors that consume less oil; the policy should also maintain or improve the competitiveness of our businesses and reduce the economy's oil dependency.

This does not mean that public policy should not consider the demand side. In an environment of intense international competition, strong foreign demand for French products seems the best possible response to rising oil prices. It will restore the trade balance and finance the oil cost. More fundamentally, it will improve the terms of trade and restore the competitiveness and the exporting capacity of French businesses, without obliging them to accept very low prices for their products. Improving the terms of trade comes down to increasing the purchasing power of national revenues. It encourages the development of supply and boosts employment. Adapting demand is therefore an essential component of a supply-side policy. As oil prices rise, it will be impossible to avoid initial downside pressure on the overall level of real wages. The re-adjustment of wages will depend on improving competitiveness and exporting capacity. The authors recommend that the French economy develop a production specialisation so it can export to oil-producing countries. Based on a detailed examination of the type of imports of oil-exporting countries, the authors conclude that this specialisation should focus on the equipment goods and transport materials sectors as well as the growth sectors of the future, which are related to energy and the environment (nuclear, energy efficiency, renewable energy, waste treatment, etc.). In the same vein, they recommend measures to reinforce France's comparative advantage in the production of fuel-efficient vehicles. For example, retaining the car scrappage scheme would provide a structural means of reducing the average age of cars on the road.

For the authors, the fundamental axis of the policy is to reduce the French economy's oil dependency. Efforts to replace oil with other energy sources must continue. Nuclear energy plays a considerable and original role in France. Greater use of gas is possible in certain sectors, and gas prices are likely to fall in relation to oil. Climate policy, which is evidently primarily justified by its environmental benefits, encourages technological developments and can considerably help reduce the French economy's exposure to high and volatile oil prices. The authors recommend the implementation of a carbon tax scheme at a European level, which must be sufficiently high and consistent with the European carbon permit market. To be effective, the taxation must extend to all sectors that consume energy and fuel, without exception. The authors also recommend stepping up the implementation of the so-called Grenelle environmental policies in France, which aim to reduce France's dependency on fossil fuels. More generally, they call for a major reform of energy and environment-related taxation at a French and European level. Taxes should not unnecessarily influence energy

choices at a time when switching energy sources is justified and they should closely reflect the social costs of greenhouse gas emissions. This implies, for example, reducing the difference between petrol and diesel taxes.

As regards oil price volatility, the authors recommend taking action at the source (reinforcing regulation of derivatives markets to limit speculation), rather than through taxation (such as the floating TIPP applied in the early 2000s or a modulated TIPP designed to offset oil price variations). This last idea, of a modulated TIPP, would provide a bad incentive for oil exporting countries, which would be encouraged to raise prices as much as possible, knowing that this will not affect prices for consumers and will therefore not dampen demand. Oil-producing countries would be in a position to capture all the revenues associated with their chosen target price. To improve regulation of commodity derivatives markets, the authors reiterate the main recommendations of the report of the working group on «Oil price volatility» chaired by Jean-Marie Chevalier, which was submitted to the Minister of the Economy, Industry and Employment in February 2010.

5. Comments

Benoît Cœuré appreciates the comprehensive and interesting range of economic questions raised in connection with oil price swings. Regarding price determinants, he considers that the authors are overly optimistic on the level of reserves yet to be discovered, but that they are overly pessimistic about the world's ability to cut demand. To reduce volatility, he accepts the need to provide a satisfactory information system at a physical level and a financial level. He recalls the work carried out by the G20 and the particular interest shown by France, which produced several reports on this issue.

He is very interested in the economic analysis, but regrets that the different explanations of past experience do not rank the different factors of change by importance. He is more guarded on the link between fluctuations in the euro and high oil prices, about which he believes there is no consensus. He is interested in the different impacts forecast by the Mésange model and the model created by the report's authors. In his opinion, the two results can be reconciled according to whether we examine the impact on GDP in volume terms, as measured in the models, or on distributable GDP, i.e. deflated by the prices paid by consumers. He supports the need to reform energy and environmental taxation, while recommending that projects need to be assessed in terms of their budget cost, with the objective of reducing dependency on fossil fuels and mobilising innovative sources of finance.

Roger Guesnerie emphasises that the subject covered by the report's authors is vast and involves looking at a large number of questions –possibly too many– at the risk of sometimes being superficial. The assessment of the development of green growth via the Grenelle package of environmental measures raises the intellectual problem of the relationship between the

micro- and macro-economic aspects of the decisions that need to be taken. Work on this issue and its conclusions should be viewed with caution, as the link between the microeconomic calculation and the macroeconomic calculation is not always clearly formulated.

Regarding the report's content, Roger Guesnerie focused on two subjects: the appropriation of oil rent and speculation. The opposition of oil exporting countries to climate policies and in particular those that aim to introduce a carbon tax reflects their fears that this tax will transfer rent to oil importing countries. This raises the question, which is implied but not explicitly addressed in the report, of modulating the effects of a harmonised carbon tax within the framework of a climate policy. Does speculation stabilise the market or not? In the case of the oil market, authorising speculation implies creating a futures market where participants other than storage capacity managers can intervene. As the risk would then be spread more widely, the futures market should reduce price volatility. But at the same time, the presence of speculators can reduce the plausibility of coordinating rational expectations and thereby open the door to a type of volatility that is more difficult to pinpoint. The successful choice of the right economic policy clearly depends on the quality of coordination between economic players.

PREMIER MINISTRE

Conseil d'Analyse Économique

113 rue de Grenelle 75007 PARIS

Téléphone : 01 42 75 53 00

Télécopie : 01 42 75 51 27

Site Internet : www.cae.gouv.fr

Cellule permanente

Christian de Boissieu

Président délégué du Conseil d'analyse économique

Yves Chassard

Conseiller auprès du Président délégué

Pierre Joly

Secrétaire général

Jézabel Couppey-Soubeyran

Conseillère scientifique

*Microéconomie
Économie financière*

Jérôme Glachant

Conseiller scientifique

*Macroéconomie
Théorie de la croissance*

Lionel Ragot

Conseiller scientifique

Économie de l'environnement

Stéphane Saussier

Conseiller scientifique

*Économie des institutions
Économie des partenariats public/privé*

Anne Yvrande-Billon

Conseillère scientifique

*Économie industrielle
Économie de la réglementation*

Christine Carl

Chargée des publications et de la communication

01 42 75 77 47
christine.carl@pm.gouv.fr

Agnès Mouze

Chargée d'études documentaires

01 42 75 77 40
agnes.mouze@pm.gouv.fr

