Université de Montréal

La taxation des importations de pétrole aux États-Unis : un moyen efficace de récupérer la rente de monopole de l'OPEP ?

par
Anne Thiédey

sous la direction de
Gérard Gaudet et Yves Richelle

Département de sciences économiques
Faculté des Arts et Sciences

Rapport de recherche présenté au département de sciences économique en vue de l'obtention du grade de MAITRE ÈS SCIENCES en sciences économiques.

Mars 2005

Résumé

L'objectif du présent rapport est de déterminer les faits qui pourraient justifier une augmentation de la taxation des importations de pétrole aux États-Unis. On pense principalement au transfert de rente, des pays membres de l'OPEP (Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole) vers le gouvernement américain, et donc vers les agents de l'économie. Mais aussi à une amélioration de la qualité de l'environnement, au travers d'une baisse de la consommation de pétrole et de l'utilisation d'un produit de substitution, et donc d'une baisse des émissions de dioxyde de carbone. On s'intéresse aussi aux effets de cette augmentation sur l'activité économique américaine.

Pour ce faire, on construit un modèle d'équilibre général en trois étapes. Après avoir modéliser l'économie américaine et trouver l'expression d'une élasticité critique du prix du pétrole permettant un effet nul de la taxe sur l'utilité, on maximise les profits de l'OPEP afin de trouver l'expression de l'élasticité observée du prix du pétrole. Enfin, on fait ressortir les cas où la taxation est efficace et ceux où elle ne l'est pas, à l'aide de la représentation graphique des deux élasticités prix.

Les principales conclusions de ce rapport sont les suivantes. Les États-Unis ont la capacité de récupérer une part de la rente via la taxation des importations de pétrole, mais à la condition que leur consommation de pétrole soit modérée, et qu'ils représentent un client aussi important que le reste du monde pour l'OPEP. En d'autres termes, si les États-Unis sont trop dépendants de la production de l'OPEP, et qu'ils représentent leur principal client, l'OPEP ne diminuera pas son prix face à la baisse de la demande américaine, provoquée par la mise en place de la taxe. Cette dernière est alors inefficace.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier M Richelle pour son enseignement, ses encouragements, son écoute et le temps qu'il m'a accordé malgré un emploi du temps chargé.

Je tiens ensuite à remercier M Gaudet pour sa disponibilité et sa gentillesse.

Je tiens aussi à remercier ma famille et mes amis pour leur soutien. Je tiens notamment à remercier Elise Coudin et Markus Herrmann pour leur aide et leur travail de relecture.

Enfin, je dédie ce travail à mon futur époux, Florian Pelgrin, qui m'encourage à aller plus loin et à persévérer dans les moments difficiles. Merci d'être là chaque jour à mes côtés.

Table des matières

Table des figures

1 Introduction

Depuis quelques mois, les journaux titrent "Flambée des cours du pétrole" (l'Expansion), "Le pétrole pénalise Wall Street" (le Figaro), etc. En effet, même si le prix du baril évolue à la baisse depuis la réélection de Georges W. Bush, le prix du pétrole brut suit une tendance croissante. Bien qu'une part de cette évolution soit due aux actions des spéculateurs (le marché des matières premières est hautement spéculatif : la hausse y engendre la hausse, et la baisse y provoque la baisse), la principale cause est le déséquilibre patent entre l'offre et la demande. En effet, contrairement aux chocs pétroliers de 1973 et 1979, où les pays de l'OPEP avaient réduit volontairement leur production afin d'obtenir un prix déterminé plus élevé, aujourd'hui ils ne sont pas à l'origine de l'augmentation des prix. Au contraire, c'est la demande qui progresse trop fortement et trop rapidement. D'une part les pays développés augmentent leur consommation chaque année, notamment les États-Unis qui n'ont pas signé le protocole de Kyoto et qui cherchent par le biais d'interventions armées à contrôler les ressources au Moyen-Orient. D'autre part, quelques pays émergents (Chine, Brésil, Inde) ont vu leur consommation triplée en vingt ans. Ainsi, bien que cette augmentation ne soit pas aussi forte que celle qui a suivi les deux chocs pétroliers, le fait que l'évolution de ce prix ne sera que croissante dans les années à venir inquiète tout autant.

La question que l'on se pose alors est : existe-t-il un moyen pour les pays importateurs de pétrole de contrer cette augmentation de prix, synonyme en général de mauvais présage pour les économies ? En particulier, y a-t-il certaines conditions à remplir par les pays pour que ce moyen, s'il existe, fonctionne ?

On pense alors à la taxation des importations de pétrole. Notamment, on se place du point de vue des États-Unis (qui importent la majorité de leur consommation de pétrole) et on essaie de voir si l'application de cette taxation pourrait entraîner un transfert de la rente des pays de l'OPEP vers le gouvernement américain. Plus précisemment on essaie de voir, et sous quelles conditions, si les États-Unis disposent d'un pouvoir de monospone suffisamment important pour faire fléchir les pays de l'OPEP.

Pour ce faire, on construit un petit modèle d'équilibre général représentant les États-Unis, l'OPEP, et le reste du monde. Le modèle est une représentation très simplifiée de la réalité et des interactions existant sur le marché mondial du pétrole, et nous posons beaucoup d'hypothèses restrictives, mais il a l'avantage de donner un résultat clair et cohérent. Ainsi selon les résultats de ce dernier, les États-Unis tireraient un avantage, autant au niveau de leurs industries qu'au niveau du bien-être de leurs consommateurs, de l'imposition d'une taxation du pétrole. Seulement, ceci est valable si l'élasticité du prix du pétrole par rapport à cette taxe est suffisamment élevée. En d'autres termes, la taxation est bénéfique si et seulement si les États-Unis disposent d'un pouvoir de monopsone important. Notamment on trouve qu'il existe une élasticité critique permettant de savoir si la taxe mise en place sera efficace ou non.

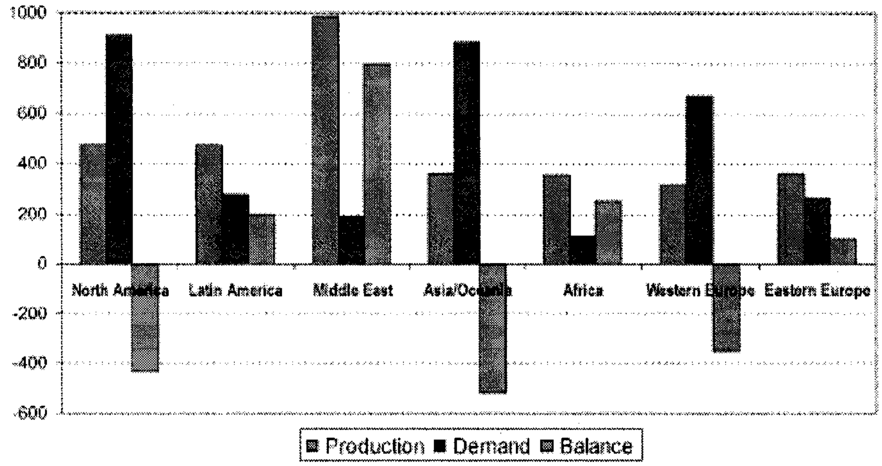
Le présent travail est organisé de la manière suivante. La première section présente les éléments historiques permettant de faire état des relations qui existent entres les États-Unis et les pays de l'OPEP. Elle permet aussi de mettre en relief l'importance des États-Unis sur le marché mondial du pétrole. Ainsi, la première sous-section expose l'émergence et l'évolution de l'OPEP, tandis que la seconde traite de la position des État-Unis sur la scène internationale du pétrole. La seconde section quant à elle expose les éléments contextuels justifiant le travail de ce rapport. Elle comprend elle aussi deux sous-sections, la première faisant état des aspects de la consommation des États-Unis et de sa dépendance face au pétrole, et la deuxième présentant la revue de littérature. Cette dernière regroupe six articles en trois catégories : les articles concernant les effets de la taxation du pétrole sur l'environnement, ceux concernant les effets de la taxation sur le transfert de la rente, et ceux concernant les effets de la taxation sur l'activité économique. Enfin, la troisième section est divisée en trois étapes : la modélisation de l'économie américaine, qui nous permet de mettre en avant une élasticité critique du prix du pétrole par rapport à la taxe, via les effets de cette dernière sur le bien-être général ; La maximisation du profit de l'OPEP, qui nous donne l'expression de l'élasticité observée du prix du pétrole par rapport à la taxe ; Et enfin la recherche des cas où la taxation permet la récupération d'une partie de la rente, et où elle affecte alors de manière positive l'utilité des consommateurs. Pour conclure, nous récapitulons les principaux résultats en rappelant les restrictions du modèle, ce qui nous permet d'exposer les futures avenues de recherche.

2 Éléments historiques

Lorsqu'on désire caractériser le pétrole brut, il est nécessaire de mentionner le fait qu'il est une ressource épuisable d'une part, et d'autre part, que la majorité de ses gisements les plus accessibles se trouvent dans les pays dits du "sud" (Amérique Latine, pays du Moyen-Orient) alors qu'il est principalement consommé par les pays développés dits du "nord" (États-Unis, Canada, Europe). Si l'on regarde la **figure 1**, on aperçoit un déséquilibre patent entre la production et la consommation de pétrole. L'Amérique du Nord produisait 475 millions de tonnes en 1996 alors qu'elle en consommait 913 millions, soit une balance négative de 438 millions de tonnes. L'Asie / Océanie (-522 millions de tonnes) et l'Europe de l'Ouest (-356 millions de tonnes) connaissent également des balances négatives. En revanche, l'Amérique Latine (199 millions de tonnes), le Moyen-Orient (796 millions de tonnes), l'Afrique (249 millions de tonnes) et l'Europe de l'Est (100 millions de tonnes) connaissent une balance positive.

Dans le présent rapport, on s'intéresse aux États-Unis (balance négative) et à l'OPEP (balance positive). Introduisons donc quelques éléments d'histoire afin de comprendre la situation actuelle du marché international de pétrole.

FIG. 1: Equilibre entre la production et la demande de pétrole en 1996.



Note: Les données sont en millions de tonnes de pétrole.
Source: OPEP

2.1 Émergence et influence de l'OPEP

L'OPEP est né en 1960 lors de la conférence de Bagdad. Elle est le fruit de la concertation de cinq pays exportateurs de pétrole : le Venezuela, l'Iran, l'Irak, l'Arabie Saoudite et le Koweït, désirant former un cartel[1]. Le but poursuivi est de s'affranchir du pouvoir des majors[2] qui contrôlent le marché, de s'affranchir de la baisse des prix. A cette époque, le marché mondial est dominé par sept grandes compagnies pétrolières : Exxon, Gulf, Texaco, Mobil, Chevron, BP et Shell (les cinq premières sont américaines). Les débuts sont difficiles, les pays occidentaux ne leur accordent que très peu de crédit. Pourtant, ils réussissent à accroître la dépendance pétrolière des pays consommateurs (surtout l'Europe et le Japon). En 1966, le principe de la souveraineté de chaque pays producteur sur l'exploitation des hydrocarbures nationaux est mis en place. La souveraineté des majors est alors peu à peu dissolue, et les accords de Téhéran et de Tripoli (1971) établissent définitivement l'indépendance des pays de l'OPEP. Le cartel ainsi formé et établi, les pays de l'OPEP récupèrent une rente importante via l'établissement de quotas de production. Ainsi, pour la première fois dans l'histoire, une organisation de pays en voie de développement est capable de s'imposer face aux États des pays développés et aux grandes compagnies internationales. On peut citer comme illustration les deux crises pétrolières qui marquèrent la conscience collective. Tout d'abord la crise de 1973 qui fut provoquée par la guerre de Kippour, et qui entraîna une multiplication par quatre des cours du pétrole pendant cinq mois. Et par la suite, en 1975, les pays de l'OPEP se sont entendus pour augmenter le prix du pétrole brut de 10%.

Aujourd'hui, l'OPEP compte onze membres répartis sur quatre continents. En plus des cinq fondateurs, elle réunit l'Algérie, la Libye, le Nigeria, l'Indonésie, le Qatar et les Emirats Arabes Unis. Ses membres possèdent 75% des réserves estimées et fournissent 40% de la production mondiale. Elle est devenue une organisation solide, dont l'influence mondiale est importante.

[1] Un cartel est un groupe d'entreprises ou de pays qui s'entendent explicitement pour fixer les prix et/ou pour limiter la production afin de faire augmenter les profits.

[2] Compagnies pétrolières.

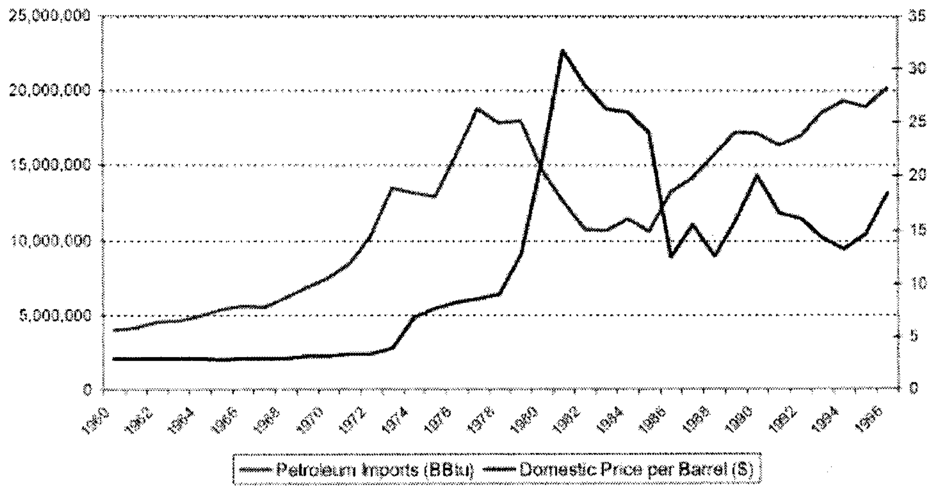
2.2 Position des États-Unis

En ce qui concerne les État-Unis, l'aventure américaine du pétrole débuta en 1870 avec la fondation de la Standard Oil par Rockfeller. Selon Dalemont et Carrié (1994) "les États-Unis (...) furent (...) pendant plus d'un siècle le principal pays producteur et le plus gros consommateur. Il s'y est développé de ce fait un marché interne de pétrole brut et de produits raffinés particulièrement important". En effet, les majors américains, après s'être cantonnés à l'exploitation des gisements du sous-sol national, sont allés réclamer des concessions aux pays du Moyen-Orient, imitant ainsi leurs confrères étrangers. Les concessions leur étaient accordées pour cinquante ans et plus. Durant cette période, les compagnies imposaient leurs volontés aux États possédant les gisements. Puis, on l'a vu, le tournant imposé par l'OPEP à l'histoire de l'industrie pétrolière a modifié le rapport de force, et aujourd'hui ce sont les compagnies qui acceptent, dans une certaine mesure, les conditions des États membres de l'OPEP.

Malgré ce revers de situation, ces sociétés occupent encore une place importante dans l'industrie mondiale. Des compagnies américaines comme Shell, Exxon et Mobil sont parmi les dix plus grandes sociétés au monde en terme de chiffre d'affaire.

Du côté de la demande de pétrole, les États-Unis sont très "gourmands". Sur la **figure 2**, on peut voir la tendance croissante de l'évolution de leurs importations de pétrole. Alors que les États-Unis produisaient 69% de leur propre consommation en 1970, cette portion est descendue à 38% en 1996. Ceci a évidemment engendré un besoin croissant d'approvisionnement à l'étranger. Durant les années 1960 et le début des années 1970, le prix du pétrole était bas et les importations subissaient une croissance soutenue. Avec les deux crises pétrolières de 1973 et 1979, les importations se stabilisèrent, mais le contre-choc pétrolier de 1986 renversa la tendance et les importations américaines ont alors augmenté de façon continue. Les fluctuations dans le volume d'importations étaient alors essentiellement attribuables aux fluctuations de prix. Aujourd'hui, afin d'assurer une stabilité de l'approvisionnement, les États-Unis ont diversifié leurs fournisseurs. L'OPEP représentait 75 à 80 % des importations au cours des années 1970 et 1980. Cette portion est aujourd'hui réduite

FIG. 2: Importations de pétrole par les Etats-Unis de 1960 à 1996.



Source: United States Department of Energy à 55%. Les nouveaux fournisseurs sont le Mexique (7%), le Canada (10%), la Russie, le Royaume-Uni, la Norvège, et des pays d'Afrique tels que l'Angola et le Gabon.

Pour conclure cette section, on peut dire que l'histoire du pétrole n'est qu'une succession de constitutions d'ententes entre ceux qui contrôlent la production (dans un premier temps les majors, puis les pays membres de l'OPEP) afin de limiter la concurrence et de conserver la rente. D'ailleurs Agnès Chevallier (1986) écrivait : "le jeu pétrolier mondial s'articule autour de la formation et de l'appropriation de la rente". Alors, est-ce que la taxation des importations de pétrole aux États-Unis permet un transfert de la rente des pays membres de l'OPEP vers le gouvernement américain (et donc vers les agents de l'économie américaine) via une diminution du prix de vente ? Peut-elle améliorer le bien-être des américains ? C'est ce que nous allons tenter de voir dans la troisième partie de ce rapport, mais tout d'abord attardons-nous sur quelques considérations théoriques et empiriques.

3 Éléments contextuels

Les éléments historiques nous ont permis de mettre en relief l'élément important qu'est la rente pétrolière, mais l'enjeu de la taxation des importations de pétrole comprend aussi l'amélioration de l'environnement (que ce soit la pollution aérienne, les congestions routières ou les accidents), ainsi que le fonctionnement de l'activité économique et le bien-être des américains. La prochaine section met en relief ces deux derniers éléments que nous replaçons dans le contexte théorique au travers d'une revue de la littérature existante.

3.1 Considérations empiriques

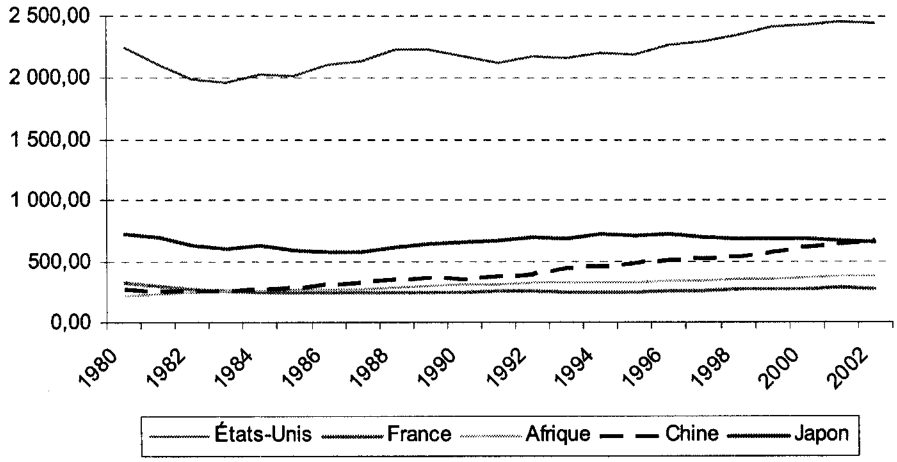
Afin de rendre compte des éléments de justification que sont l'environnement et l'activité économique, nous faisons état de la dépendance des États-Unis par rapport au pétrole.

Les États-Unis sont un pays très industrialisé et très développé. La source d'énergie que l'industrie américaine utilise le plus est le pétrole, et elle représente le deuxième secteur de l'économie qui émet le plus de dioxyde de carbone, derrière les transports (1670,6 millions de tonnes métrique (mtm) contre 1860,6 mtm pour les transports, 1009 mtm pour le commerce et 1189 mtm pour le secteur résidentiel). D'ailleurs, si l'on compare le niveau d'émissions de dioxyde de carbone des États-Unis à celui d'autres pays (**figure 3**), ils sont loin devant, avec près de 2500 tonnes métriques d'émissions de CO^2 en 2002. En termes de population, les États-Unis comptaient 224,3 millions d'habitants âgés de plus de 16 ans en 2002, et les prévisions sont de 244,1 millions pour 2010, et 264,3 millions pour 2020 ; soit une masse importante de consommateurs. Plus particulièrement, ce sont des consommateurs d'essence : 43,61% du pétrole consommé par les États-Unis est utilisé par le fonctionnement des véhicules motorisés. Le secteur qui consomme le plus de pétrole est celui des transport (sa consommation représente 68,38% de la consommation totale), suivi par le secteur de l'industrie (avec une part de 23,62%). Les automobilistes américains ont utilisé plus de 120 milliards de gallons d'essence en 2000, et selon les prévisions la quantité s'élèvera à 190 milliards en 2020.

On peut alors affirmer, sans exagération, que les États-Unis représentent un marché unique, de par sa consommation, pour les producteurs de pétrole. En effet, les États-Unis consomment aujourd'hui 25% de la production mondiale.

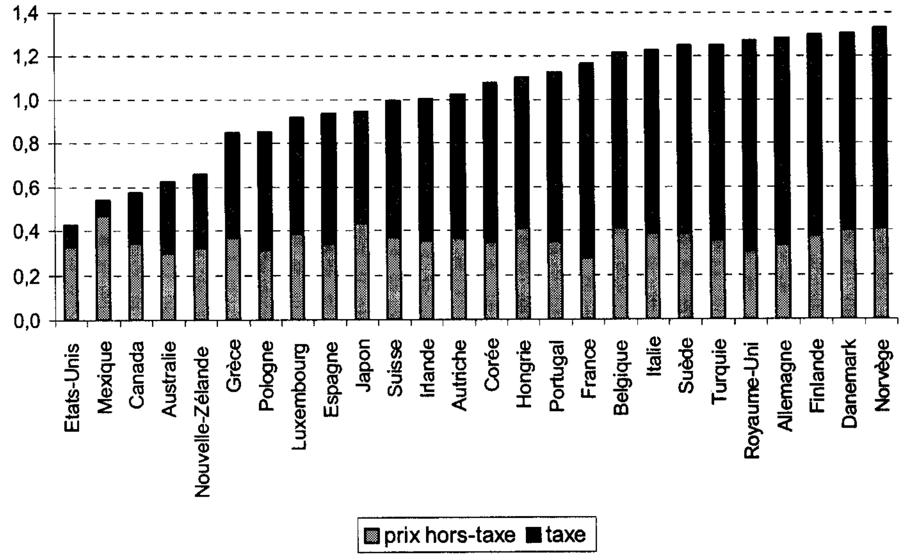
En ce qui concerne la taxation du pétrole, le gouvernement américain est un des gouvernements qui taxe le moins. Si l'on regarde les **figures 4 et 5**, on peut voir que les États-Unis sont le deuxième pays au monde, derrière le Mexique, a avoir un niveau de taxation de l'essence le plus bas (inférieur à 25% du prix total). Sachant qu'une hausse de la taxation de l'essence sera difficilement acceptée par les américains (il existe un seuil psychologique du prix de l'essence), il est important de regarder dans notre travail si cette taxation possède réellement des effets négatifs sur le bien-être des consommateurs.

FIG. 3: Emissions de CO^2 en millions de tonnes métriques de 1980 à 2002.



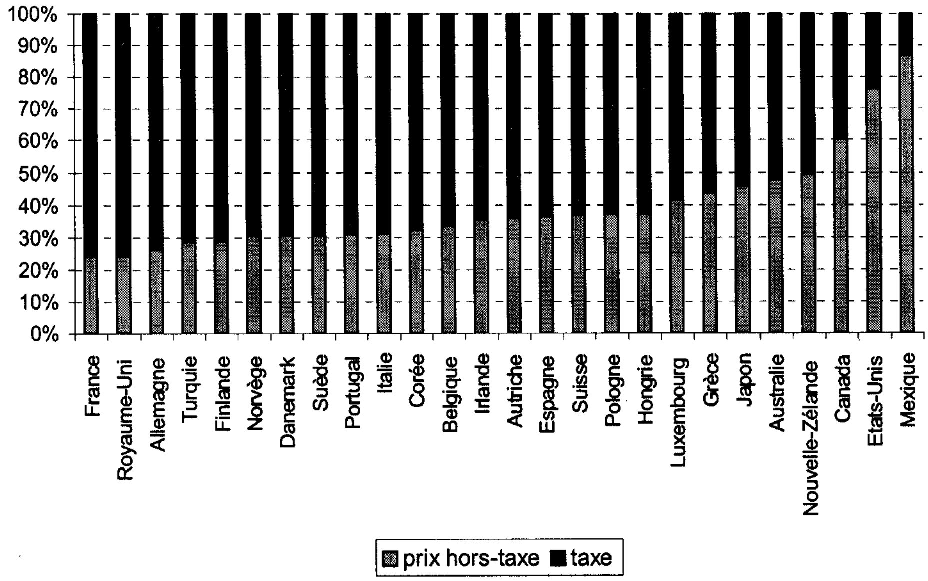
Source : Energy Information Administration, *International Energy Annual 2002*.

FIG. 4: Composition du prix de l'essence en dollars américains par litre, pour le 4ème trimestre de 2003.



Source : IEA

FIG. 5: Part de la taxation dans le prix de l'essence pour le 4ème trimestre de 2003.



Source : IEA

3.2 Considérations théoriques

Selon Parry et Small (2002), il existe plusieurs explications qui justifient la mise en place d'une taxation de l'essence. Tout d'abord elle pénalise la consommation d'essence, donc réduit sa consommation, et par conséquent les émissions de dioxyde de carbone (baisse de la pollution). De plus, elle fait augmenter le coût de la conduite, incitant alors les individus à utiliser d'autres moyens de transport (transports en commun). Il en résulte alors une baisse des congestions routières. On justifie aussi son utilisation par le fait qu'elle représente un droit d'usager utilisé pour l'entretien et la construction des routes. Mais l'élément le plus important est qu'elle procure aux gouvernements une source de revenus substantielle. D'ailleurs selon Dalemont et Carrié (1994) "le pétrole est non seulement une source de revenus pour les pays producteurs mais elle l'est également pour les pays consommateurs qui appliquent de lourdes taxes sur les prix des produits, particulièrement sur les carburants". Enfin, selon Parry et Small, elle serait aussi un moyen de réduire la dépendance des pays importateurs de pétrole par rapport aux pays producteurs.

Les éléments de justification que nous retenons pour ce rapport sont l'environnement, le transfert de la rente (soit une source de revenus supplémentaire pour le gouvernement) et le bien-être des individus. Nous nous intéressons aussi aux effets de la taxation sur l'activité économique.

En ce qui concerne les effets de la taxation des produits du pétrole sur l'environnement, nous avons focalisé notre attention sur trois articles. Le premier papier est celui de Bovenberg et Goulder (1996), "*Optimal Environmental Taxation in the Presence of Other Taxes : General-Equilibrium Analyses*". Leur objectif est de montrer comment les taux de taxation environnementale optimaux dévient des taux relevant du principe de Pigou en présence de taxes distortionnaires. Leur méthodologie consiste à construire un modèle d'équilibre général numérique des États-Unis, en ne considérant que les taxes environnementales sur les inputs intermédiaires. Selon leurs résultats, ces taux de taxation environnementale optimaux sont alors inférieurs à ceux correspondant au principe de Pigou et le résultat est encore plus marqué lorsque le gouvernement possède des contraintes telles que l'impossibilité de modifier d'autres taxes. L'efficacité de la taxation sur la qualité de l'environnement est donc affectée par la présence d'autres types de taxation.

Le problème de cette étude est qu'elle ne considère que la taxation des entreprises et industries (taxes sur inputs intermédiaires), alors que les américains sont de grands consommateurs de produits du pétrole (section 2.1). Il nous semble donc important de les incorporer, en tant que tels dans le modèle.

Le second article est celui de Fullerton et West (2002), "*Can Taxes on cars and on Gasoline Mimic an Unavailable Tax on Emissions ?*", qui réagissent aux problèmes posés par une taxe sur les émissions de CO^2. Cette taxe est en effet très difficile à mettre en place à cause de son coût. De plus, il est pratiquement impossible de mesurer les émissions de chaque individu. Ainsi les auteurs cherchent un moyen alternatif de réduire les émissions de CO^2. Pour cela, ils considèrent différents types de taxation et réfléchissent à leur faisabilité. Premièrement, ils se penchent sur une taxe de l'essence qui dépendrait du véhicule, mais force est de constater que les consommateurs peuvent siphoner (avec l'accord du propriétaire) l'essence d'un autre véhicule moins taxé afin d'échapper à la taxation. Deuxièmement, ils regardent une taxe sur le véhicule qui dépend des caractéristiques et du kilométrage. Mais là encore, ils se sont rendus compte de la possibilité pour le consommateur de trafiquer le compteur. Enfin, face à ces problèmes de "tricherie", ils proposent une politique de taxation en trois temps : un unique taux de taxation sur l'essence, augmenté d'un unique taux de taxation par catégorie de taille de véhicule, tous deux assortis d'un unique taux de subvention pour l'installation d'équipements de contrôle de la pollution. Afin de vérifier son efficacité, ils construisent un modèle qui suppose dans un premier temps que les consommateurs sont homogènes, puis dans un second temps, qu'ils sont hétérogènes (notamment en matière de préférences). Ils trouvent que cette politique de taxation donne des résultats "first-best" en présence de consommateurs homogènes, mais qu'avec des consommateurs hétérogènes, il est nécessaire d'avoir des taux de taxation différents pour chaque type de consommateur, ce qui est relativement difficile à mettre en place.

Enfin, le troisième article est celui de Parry et Small (2002), "*Does Britain or the United States have the right Gasoline Tax ?*". Ils désirent construire un cadre analytique permettant la détermination du niveau optimal de la taxation de l'essence. Ce cadre prend en compte des éléments liés à l'environnement : les congestions routières, les accidents de la route, et la pollution aérienne, ainsi que les intéractions avec le système fiscal. Ils trouvent que le niveau de taxation optimal pour les États-Unis est de 1,01$ par gallon (au lieu de 0,40$ actuellement), et qu'il est de 1,34$ par gallon pour la Grande Bretagne (au lieu de 2,80$ actuellement). Mais ils font remarquer que la taxation de l'essence est une taxe relativement peu efficace si l'on considère les améliorations effectuées sur les moteurs des voitures en termes de consommation efficace. Ils se demandent alors si une taxe sur les kilomètres parcourus ne serait pas plus efficace. Ils trouvent que les gains associés à ce type de taxation sont largement supérieurs à ceux de la taxe sur l'essence, et que le niveau optimal de cette taxe est quatre fois supérieur à celui de la taxe sur l'essence. Mais, si ce niveau serait largement accepté par les consommateurs de Grande Bretagne, il ne le serait pas aux États-Unis où les niveaux de taxation de la consommation sont relativement très faibles. D'autre part, la critique que l'on pourrait adresser à ces résultats est celle de Fullerton et West. Avec un taxe sur le kilométrage, il y a de grandes chances pour que les individus fraudent en manipulant leurs compteurs. De plus, il semble assez difficile de contrôler le kilométrage de chaque voiture. C'est donc une taxe plutôt dure à mettre en place. Ainsi on considère dans notre modèle, même si ce n'est pas la plus efficace, une taxation à l'unité vendue.

A présent, penchons-nous sur la littérature concernant l'effet de la taxation sur le transfert de rente. Deux articles ont attiré notre attention. Tout d'abord celui de Karp et Newbery (1991), "*OPEC and the US Oil Import Tariff*", et enfin celui de Liski et Tahvonen (2004), "*Can Carbon Tax eat OPEC's Rents ?*".

En ce qui concerne le premier, Karp et Newbery se demandent comment le marché mondial du pétrole fonctionne, alors que le pétrole est une ressource épuisable, et que autant ses producteurs que ses consommateurs possèdent un certain pouvoir de marché. Leur objectif est alors de montrer que l'équilibre de Nash-Cournot en boucle ouverte, qui est consistant dans le temps quand les vendeurs ont un pouvoir de marché et que les consommateurs agissent de manière compétitive, l'est aussi lorsque les consommateurs ont un pouvoir de marché. Les deux principaux résultats de leurs calculs sont les suivants : premièrement, les taux d'extraction sont inférieurs à ceux de l'équilibre compétitif, et deuxièmement, le pouvoir de marché des consommateurs est tel qu'il réussit à faire baisser le prix de vente des producteurs, et ce malgré le comportement oligopolistique de ces derniers. Leur dernier résultat suggère que le pouvoir de l'oligopsone est supérieur au pouvoir d'oligopole. Ainsi il y a possibilité pour les pays consommateurs de transférer une partie de la rente via le *droit de douane.*

Le second article quant à lui aboutit à la même conclusion. Il expose, à l'aide d'un équilibre dynamique de Nash markovien parfait, le fait que si la partie acheteuse (un ensemble de pays importateurs de pétrole) coordonne ses niveaux de taxes sur les émissions de CO^2, alors la taxe optimale incluera un élément "droit de douane" qui permettra un transfert de rente des pays de l'OPEP vers les gouvernements des pays de la coalition. La seule limite dont on pourrait faire état pour ce papier est le fait qu'ils considèrent une taxe sur les émissions de CO^2, alors qu'elle est très difficile à mettre en place (Fullerton et West, 2002).

Les résultats de ces deux papiers sont ceux que l'on aimerait retrouver pour les États-Unis dans notre rapport. Sont-ils assez grands, ont-ils un pouvoir de marché suffisant leur permettant le transfert de la rente via la taxation des importations de pétrole ?

Pour finir, le dernier papier que l'on considère est celui de Miguel et Manzano (2002), "*Optimal Oil Taxation in a Small Open Economy*". Ce papier traite de l'effet de la taxation du pétrole sur l'activité économique, ou plus précisemment de la manière dont un gouvernement doit taxer les importations de pétrole lorsqu'il est face à deux types de contribuables : les concommateurs et les industries, et qu'il désire ne pas trop affecter l'activité économique. A l'aide d'un équilibre général dynamique stochastique, représentant une petite économie ouverte qui importe du pétrole, les auteurs aboutissent à la conclusion suivante : lorsque le gouvernement est capable de distinguer la consommation de pétrole des individus de celle des industries, il est optimal d'imposer de manière différente les deux types de contribuables. Plus précisemment, le gouvernement ne devrait pas modifier le prix payé par les entreprises pour le pétrole avec des taxes. Il serait donc optimal de taxer le pétrole seulement lorsqu'il est utilisé en tant que bien de consommation.Pourtant, on l'a vu dans la section 3.1, l'industrie américaine est très importante et consomme beaucoup de pétrole. Il nous semble donc important de considérer une taxation qui touche également les industries.

4 Présentation du modèle

Le modèle que l'on contruit dans ce rapport est une représentation triangulaire du monde. D'un côté il y a les États-Unis, et de l'autre il y a l'OPEP, ainsi que le reste du monde. En ce qui concerne les États-Unis, on reproduit de manière simplifiée l'économie qui comprend de nombreux consommateurs identiques, un gouvernement, une production de pétrole nationale, une production d'un bien substitut au pétrole, une industrie, un secteur de transformation du pétrole brut, ainsi que deux types de services : automobiles et chauffage. On désire construire l'économie américaine de façon à ce que l'on puisse voir quels sont les effets de la taxation (qui consiste en une taxe générale sur les importations (t_1), et en trois taxes spécifiques : (t_{1y}) pour l'essence, (t_{1z}) pour l'huile de chauffage et (t_{1m}) pour le mazout) des importations de pétrole sur le transfert de la rente, ainsi que sur le bien-être des individus. Pour ce faire, on impose un certain nombre d'hypothèses qui nous permettent de simplifier les calculs.

Nous allons suivre trois étapes : 1) la modélisation de l'économie américaine ainsi que la résolution des équilibres sur chaque marché, qui va nous permettre de trouver, via l'expression de l'utilité des consommateurs, une élasticité critique du prix p_1 par rapport à la taxe t_1 ($\bar{\varepsilon}$). On regardera aussi les déterminants de $\bar{\varepsilon}$. 2) La construction de la fonction de profit de l'OPEP ainsi que la maximisation de son profit, qui vont nous permettre de trouver l'expression de l'élasticité observée de p_1 (ε_{obs}). Ici aussi on regardera les déterminants de ε_{obs}. 3) La recherche des cas où la taxation permet une récupération de la rente, et ainsi améliore l'utilité des consommateurs, grâce à la représentation graphique des évolutions de l'élasticité critique et de l'élasticité observée.

4.1 Première étape : modélisation de l'économie américaine

4.1.1 Résolution du problème de l'industrie

On suppose que l'industrie produit un bien de consommation (M) à l'aide de trois inputs : le travail (l_m), le mazout (x_{1m}) et le substitut (x_{2m}), dont les prix sont respectivement w, p_{1m}, p_2. La production de l'industrie dépend donc du pétrole, mais cette dépendance est atténuée par la présence du substitut, qui peut être utilisé pour remplacer partiellement le mazout.

L'industrie vend sa production au prix p_m. Elle est destinée aux consommateurs (m_c) ainsi qu'au reste du monde (E).

$$E = M^0 p_m^{-\theta} \tag{1}$$

Les États-Unis possèdent donc un secteur qui exporte vers le reste du monde. La présence de ces exportations nous permet de justifier par la suite la présence des importations de pétrole (équilibre de la balance commerciale).

Résoudre le problème de l'industrie revient donc à déterminer les quantités optimales d'inputs à employer ($x_{1m}^*, x_{2m}^*, l_m^*$), ainsi que sa fonction d'offre. On effectue la minimisation de coûts suivante :

$$\min_{l_m, x_{1m}, x_{2m}} \{w l_m + p_2 x_{2m} + p_{1m}(1 + t_{1m}) x_{1m}\}$$

sous la contrainte de technologie suivante :

$$M = h\left(x_{1m}, x_{2m}, l_m\right) = l_m^a \left\{H\left(x_{1m}, x_{2m}\right)\right\}^{(1-a)},$$

avec

$$H\left(x_{1m},x_{2m}\right)=Ax_{1m}^{\alpha}x_{2m}^{(1-\alpha)}.$$

Le Lagrangien s'écrit alors :

$$L\left(l_{m,}x_{1m},x_{2m}\right)=wl_m+p_2x_{2m}+p_{1m}(1+t_{1m})x_{1m}+\lambda\left\{M-l_m^a\left[Ax_{1m}^{\alpha}x_{2m}^{(1-\alpha)}\right]^{(1-a)}\right\}.$$

Et les conditions du premier ordre nous donnent, après quelques transformations (voir annexes) :

$$x_{2m}^{*}=\frac{p_m(1-a)\left(1-\alpha\right)M}{p_2}, \tag{2}$$

$$x_{1m}^{*}=\frac{p_m(1-a)\alpha M}{p_{1m}(1+t_{1m})}, \tag{3}$$

$$l_m^{*}=\frac{p_m aM}{w}, \tag{4}$$

les quantités optimales de chaque input nécessaires à la production de M : substitut, mazout et travail. De plus, on trouve grâce à ces équations la part de chaque input dans le processus de production (leur importance relative) :

$$\left(1-a\right)\left(1-\alpha\right)=\frac{p_2x_{2m}}{p_mM}, \tag{5}$$

pour l'input substitut,

$$(1-a)\alpha = \frac{p_{1m}(1+t_{1m})x_{1m}}{p_m M} \tag{6}$$

pour l'input mazout, et

$$a = \frac{wl_m}{p_m M} \tag{7}$$

pour l'input travail.

D'ailleurs, on peut préciser que (5), (6) et (7) sont comprises entre 0 et 1. Donc plus la part s'approche de 1, plus l'input en question est utilisé en grandes quantités par rapport aux autres.

On trouve aussi une fonction de production de la forme suivante :

$$M = \left\{ \begin{array}{c} 0 \text{ si } p_m < CM \\ [0; +\infty) \text{ si } p_m = CM \end{array} \right\}.$$

Ainsi le prix optimal doit être égal au coût moyen (coût marginal) :

$$w^a \left[p_2^{(1-\alpha)} \{p_{1m}(1+t_{1m})\}^\alpha\right]^{(1-a)} \left(\tfrac{1}{A}\right)^{(1-a)} \alpha^{-\alpha(1-a)}(1-\alpha)^{(\alpha-1)(1-a)} a^{-a}(1-a)^{(a-1)}$$

4.1.2 Résolution du problème du producteur de substitut

Ce secteur produit un bien (X_2) que l'on considère comme le substitut au pétrole. Il est vendu au prix p_2 sur le marché du substitut, et est destiné à l'industrie (x_{2z}) et aux services de chauffage (x_{2m}).

Dans un premier temps, on a supposé que la production du substitut nécessitait l'emploi de travail et de bien industriel. La fonction de production prenait alors une forme Cobb-Douglas ($X_2 = l_2^k m_2^{(1-k)}$). Mais la complexité que cela entraînait nous a conduit à simplifier encore plus le modèle en supposant le paramètre k égal à 1. Ceci implique que le producteur du substitut utilise alors un seul input de production, le travail (l_2).

Résoudre le problème de ce secteur revient donc à déterminer la quantité optimale d'input à employer (l_2^*) ainsi que la fonction d'offre du producteur. Ainsi, on effectue la maximisation de profits suivante :

$$\max_{l_2} \{p_2 X_2 - w l_2\}$$

sous la contrainte

$$l_2^* = X_2, \tag{8}$$

qui nous donne la quantité optimale de travail à employer.

On a donc :

$$\max_{l_2} \{(p_2 - w) X_2\}.$$

Ainsi la fonction d'offre du producteur de substitut s'écrit :

$$X_2 = \left\{ \begin{array}{c} 0 \text{ si } p_2 < w \\ [0; +\infty) \text{ si } p_2 = w \end{array} \right\}$$

soit le prix de vente doit être égal au coût moyen (coût marginal) : w.

4.1.3 Résolution du problème du secteur de la transformation

Le secteur de la transformation achète du pétrole brut sur le marché international (X_1^{USA}) au prix p_1, et le transforme en essence (x_{1y}), dont le prix est p_{1y}, en huile de chauffage (x_{1z}), dont le prix est p_{1z}, et en mazout pour l'industrie (x_{1m}), dont le prix est p_{1m}. L'essence et l'huile de chauffage sont achetés par les consommateurs.

Résoudre le problème de ce secteur revient donc à déterminer la quantité optimale de pétrole brut à employer (X_1^{USA}) ainsi que les fonctions d'offre des produits de la transformation (x_{1y}, x_{1z}, x_{1m}).

La technologie de transformation est supposée linéaire, ainsi on pose :

$$X_1^{USA} = \gamma_y x_{1y} + \gamma_z x_{1z} + \gamma_m x_{1m}. \tag{9}$$

On résoud alors le problème suivant :

$$\max_{x_{1y},x_{1z},x_{1m}} \left\{ p_{1y}x_{1y} + p_{1z}x_{1z} + p_{1m}x_{1m} - p_1(1+t_1)(\gamma_y x_{1y} + \gamma_z x_{1z} + \gamma_m x_{1m}) \right\},$$

soit

$$\max_{x_{1y},x_{1z},x_{1m}} \left\{ \begin{array}{c} \left[p_{1y} - \gamma_y p_1(1+t_1)\right] x_{1y} + \left[p_{1z} - \gamma_z p_1(1+t_1)\right] x_{1z} \\ + \left[p_{1m} - \gamma_m p_1(1+t_1)\right] x_{1m} \end{array} \right\}.$$

Ainsi les fonctions d'offre s'écrivent :

$$x_{1y} = \left\{ \begin{array}{c} 0 \text{ si } p_{1y} < CM \\ [0; +\infty) \text{ si } p_{1y} = CM \end{array} \right\},$$

$$x_{1z} = \left\{ \begin{array}{c} 0 \text{ si } p_{1z} < CM \\ [0; +\infty) \text{ si } p_{1z} = CM \end{array} \right\},$$

$$x_{1m} = \left\{ \begin{array}{c} 0 \text{ si } p_{1m} < CM \\ [0; +\infty) \text{ si } p_{1m} = CM \end{array} \right\}.$$

Par conséquent, les prix de vente doivent être égaux aux coûts moyens (coûts marginaux) : $\gamma_y p_1(1+t_1)$, $\gamma_z p_1(1+t_1)$, $\gamma_m p_1(1+t_1)$.

4.1.4 Résolution du problème du producteur de pétrole intérieur

Le producteur de pétrole intérieur fournit une certaine quantité de pétrole brut sur le marché mondial, et on suppose que cette quantité est limitée $(\overline{X_1^I})$. Il la vend au prix p_1, et utilise comme input de production le travail (l_1), dont le prix est w.

Résoudre le problème de ce producteur revient donc à déterminer la quantité optimale de travail à employer (l_1^*).

La technologie de production étant :

$$\overline{X_1^I} = k(l_1) = bl_1,$$

on a, sachant que la quantité à extraire est fixe :

$$l_1^* = \frac{\overline{X_1^I}}{b}. \tag{10}$$

la quantité optimale de travail à employer.

Donc on peut résoudre le problème de ce producteur de la manière suivante :

$$\max_{X_1^I} \left\{ p_1 \overline{X_1^I} - wl_1 \right\},$$

soit :

$$\max_{X_1^I} \left\{ \left(p_1 - \frac{w}{b} \right) \overline{X_1^I} \right\}.$$

Dans ce cas, on suppose que le prix n'égale pas le coût marginal. Au contraire, avec la quantité $\overline{X_1^I}$ le producteur national effectue un profit $(p_1 - \frac{w}{b} > 0)$. On suppose aussi que ce dernier (π) est reversé aux consommateurs qui détiennent des parts de l'entreprise.

4.1.5 Résolution du problème du consommateur

On suppose que tous les consommateurs sont identiques, donc on regarde le comportement d'un agent représentatif. Ce dernier consomme des services automobiles (y) qui nécessitent l'achat d'essence (x_{1y}) dont le prix est p_{1y}. Il consomme aussi des services de chauffage (z) qui nécessitent l'achat d'huile de chauffage (x_{1z}), dont le prix est p_{1z}, et de substitut (x_{2z}) dont le prix est p_2. Il consomme aussi du bien industriel (m_c) dont le prix est p_m. De ces trois consommations, il retire une certaine utilité. Par contre, il subit une externalité due aux émissions de gaz (e) qui est source de désutilité. Pour l'instant on laisse de côté cette externalité ainsi que l'utilité dégagée de la consommation de services publics (G).

Le consommateur dispose de deux sources de revenus : son travail (L) qui lui rapporte un salaire (w), ainsi que les profits dégagés par le producteur national de pétrole (π). On définit le total de ses revenus par R. Il effectue son travail soit dans les industries, soit au gouvernement. Ce dernier rémunère les fonctionnaires à l'aide des revenus tirés de la taxation des importations de pétrole.

On suppose aussi que la demande de travail sur le marché est limitée ($\overline{L}$), et inférieure à l'offre de travail des consommateurs. Ainsi il y a du chômage dans l'économie. On peut alors écrire la demande de travail de tous les employeurs de la manière suivante :

$$\overline{L} = l_m^* + l_2^* + l_1^* + L_g^*, \tag{11}$$

avec L_g la demande de travail du gouvernement.

Résoudre le problème du consommateur représentatif revient donc à déterminer les quantités optimales des biens qu'il consomme ($x_{1y}^*, x_{1z}^*, x_{2z}^*, m_c^*$). Ainsi on effectue la maximisation d'utilité suivante :

$$\max_{x_{1y}, x_{1z}, x_{2z}, m_c} \left\{ u\left(y, z, m_c\right) - v\left(e\right) + G \right\}$$

sous les contraintes :

$$R = w\overline{L} + \pi \geq p_{1y}(1+t_{1y})x_{1y} + p_{1z}(1+t_{1z})x_{1z} + p_2 x_{2z} + p_m m_c$$

$$y = f(x_{1y}) = cx_{1y}$$

$$z = g(x_{1z}, x_{2z}) = x_{1z}^{\sigma} x_{2z}^{(1-\sigma)}.$$

En posant :

$$u\,(y, z, m_c) = \beta_y \ln y + \beta_z \ln z + \beta_m \ln m_c, \tag{12}$$

on obtient le Lagrangien suivant :

$$\begin{aligned} L(x_{1y}, x_{1z}, x_{2z}, m_c) &= \beta_y c \ln x_{1y} + \beta_z \ln x_{1z}^{\sigma} x_{2z}^{(1-\sigma)} + \beta_m \ln m_c - v(e) \\ &\quad -\lambda \left[p_{1y}(1+t_{1y})x_{1y} + p_{1z}(1+t_{1z})x_{1z} + p_2 x_{2z} + p_m m_c - R\right]. \end{aligned}$$

Les conditions du premier ordre nous donnent (voir détails des calculs en annexes) :

$$x_{1y}^{*} = \frac{\widetilde{\beta_y} R}{p_{1y}(1+t_{1y})}. \tag{13}$$

$$x_{1z}^{*} = \frac{\sigma \widetilde{\beta_z} R}{p_{1z}(1+t_{1z})}. \tag{14}$$

$$x_{2z}^{*} = \frac{(1-\sigma)\,\widetilde{\beta_z} R}{p_2}. \tag{15}$$

$$m_c^* = \frac{\widetilde{\beta_m} R}{p_m}, \tag{16}$$

qui sont les quantités optimales des biens à consommer pour l'individu : l'essence, l'huile de chauffage, le substitut et le bien industriel. Et ces expressions nous donnent les parts de revenu allouées à chaque type de consommation :

$$\widetilde{\beta_y} = \frac{p_{1y}(1 + t_{1y})x_{1y}}{R}, \tag{17}$$

la part du revenu du consommateur utilisée pour la consommation d'essence ;

$$\sigma\widetilde{\beta_z} = \frac{p_{1z}(1 + t_{1z})x_{1z}}{R}, \tag{18}$$

la part du revenu du consommateur utilisée pour la consommation d'huile de chauffage ;

$$(1 - \sigma)\,\widetilde{\beta_z} = \frac{p_2 x_{2z}}{R}, \tag{19}$$

la part du revenu du consommateur utilisée pour la consommation de substitut ;

$$\widetilde{\beta_m} = \frac{p_m m_c}{R}, \tag{20}$$

la part du revenu du consommateur utilisée pour la consommation de bien industriel.

On a de plus :

$$\widetilde{\beta_y} + \widetilde{\beta_z} + \widetilde{\beta_m} = 1. \tag{21}$$

4.1.6 Le gouvernement

Le gouvernement produit un service public (G) à l'aide du travail des fonctionnaires (L_g). Il les rémunère avec les revenus de la taxation du pétrole. Ainsi le gouvernement possède la fonction de production suivante :

$$G = S(L_g),$$

et la contrainte financière suivante :

$$T = wL_g, \tag{22}$$

avec

$$T = t_{1z}p_{1z}x_{1z} + t_{1y}p_{1y}x_{1y} + t_{1m}p_{1m}x_{1m} + t_1 p_1 X_1^{USA}. \tag{23}$$

4.1.7 Expression des prix en fonction des variables exogènes

On considère le système de prix suivant, qui nous permet d'exprimer p_m en fonction des variables exogènes :

$$p_m = w^a \left[p_2^{(1-\alpha)} \left[p_{1m}\left(1+t_{1m}\right)\right]^{\alpha}\right]^{(1-a)} A^{(a-1)} \alpha^{-\alpha(1-a)} (1-\alpha)^{(\alpha-1)(1-a)} a^{-a} (1-a)^{(a-1)}, \tag{24}$$

$$p_2 = w, \tag{25}$$

$$p_{1m} = \gamma_m p_1 \left(1+t_1\right), \tag{26}$$

$$p_{1y} = \gamma_y p_1 \left(1+t_1\right), \tag{27}$$

$$p_{1z} = \gamma_z p_1 (1 + t_1) . \tag{28}$$

En insérant (25) et (26) dans (24), on obtient :

$$p_m = [\gamma_m p_1 (1 + t_1) (1 + t_{1m})]^{\alpha(1-a)} \Omega^{(1-a)}, \tag{29}$$

avec

$$\Omega = A^{-1} \alpha^{-\alpha} (1 - \alpha)^{(\alpha-1)} a^{\frac{-a}{1-a}} (1 - a)^{-1} w^{\frac{a}{1-a}} w^{(1-\alpha)}.$$

4.1.8 Expression des quantités en fonction des variables exogènes

Nous nous intéressons maintenant aux quantités. On a trouvé, dans les étapes précédentes, les demandes d'inputs de chaque agent, et cela nous permet à présent de reconstituer la demande adressée à chaque producteur.

Les équations (16) et (1) représentent la quantité que le producteur de bien industriel doit produire s'il veut répondre à la demande, tout en respectant sa condition de production (p=CM) :

$$M = \frac{\widetilde{\beta_m} R}{p_m} + M^0 p_m^{-\theta}. \tag{30}$$

Les équations (2) et (15) forment la quantité que le producteur de substitut doit produire s'il veut répondre à la demande, tout en respectant sa condition de production (p=CM) :

$$X_2 = \frac{p_m (1 - a) (1 - \alpha) M}{p_2} + \frac{\widetilde{\beta_z} (1 - \sigma) R}{p_2},$$

soit en y substituant (25) et (30) on obtient :

$$X_2 = \frac{(1 - a) (1 - \alpha) \left[\widetilde{\beta_m} R + M^0 p_m^{1-\theta}\right]}{w} + \frac{(1 - \sigma) \widetilde{\beta_z} R}{w} \tag{31}$$

Ensuite, on a l'équation (3) qui donne la quantité de mazout nécessaire pour répondre à la demande de l'industrie :

$$x_{1m} = \frac{p_m (1-a) \alpha M}{p_{1m} (1+t_{1m})},$$

soit en y substituant (26) et (30) on obtient :

$$x_{1m} = \frac{\alpha (1-a) \left[\widetilde{\beta_m} R + M^0 p_m^{1-\theta}\right]}{\gamma_m p_1 (1+t_1)(1+t_{1m})}. \tag{32}$$

L'équation (13) donne la quantité d'essence nécessaire pour répondre à la demande des consommateurs :

$$x_{1y} = \frac{\widetilde{\beta_y} R}{p_{1y} (1+t_{1y})},$$

soit en y substituant (27) on obtient :

$$x_{1y} = \frac{\widetilde{\beta_y} R}{\gamma_y p_1 (1+t_1)(1+t_{1y})}. \tag{33}$$

L'équation (14) donne la quantité d'huile de chauffage nécessaire pour répondre à la demande des consommateurs.

$$x_{1z} = \frac{\sigma \widetilde{\beta_z} R}{p_{1z} (1+t_{1z})},$$

soit en y substituant (28) on obtient :

$$x_{1z} = \frac{\sigma \widetilde{\beta_z} R}{\gamma_z p_1 (1+t_1)(1+t_{1z})}. \tag{34}$$

Les équations (32), (33) et (34) nous permettent d'exprimer la quantité de pétrole consommée par les Etats-Unis :

$$X_1^{USA} = \frac{R}{p_1(1+t_1)}\left\{\frac{\widetilde{\beta_y}}{(1+t_{1y})} + \frac{\sigma\widetilde{\beta_z}}{(1+t_{1z})} + \frac{\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}}{(1+t_{1m})}\right\} + \frac{\alpha(1-a)M^0 p_m^{1-\theta}}{p_1(1+t_1)(1+t_{1m})} \tag{35}$$

Enfin les équations (4), (8), (10) et (22) donnent la quantité de travail demandée par l'ensemble des employeurs :

$$\overline{L} = \frac{p_m a M}{w} + X_2 + \frac{\overline{X_1^I}}{b} + \frac{T}{w}. \tag{36}$$

Or on obtient l'expression de T suivante (détails des calculs en annexe) :

$$T = \widetilde{t_{1y}}\widetilde{\beta_y}R + \widetilde{t_{1z}}\sigma\widetilde{\beta_z}R + \widetilde{t_{1m}}\alpha(1-a)\left[\widetilde{\beta_m}R + M^0 p_m^{1-\theta}\right], \tag{37}$$

avec

$$\widetilde{t_{1i}} = \frac{t_{1i} + \frac{t_1}{(1+t_1)}}{(1+t_{1i})}.$$

Il nous est donc possible à présent de trouver l'expression du revenu des consommateurs $\left(w\overline{L}+\pi\right)$ en fonction des exogènes. En substituant (30), (31) et (37) dans (36) on obtient (voir détails des calculs en annexe) :

$$\begin{aligned} w\overline{L} + \pi \;=\; & R + M^0 p_m^{1-\theta}\left[1 - \frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)(1+t_{1m})}\right] + p_1\overline{X_1^I} \\ & - \frac{R}{(1+t_1)}\left\{\frac{\widetilde{\beta_y}}{(1+t_{1y})} + \frac{\sigma\widetilde{\beta_z}}{(1+t_{1z})} + \frac{\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}}{(1+t_{1m})}\right\}, \end{aligned} \tag{38}$$

soit

$$M^0 p_m^{1-\theta} + p_1 \overline{X_1^I} = \frac{R}{(1+t_1)} \left\{ \frac{\widetilde{\beta_y}}{(1+t_{1y})} + \frac{\sigma \widetilde{\beta_z}}{(1+t_{1z})} + \frac{\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}}{(1+t_{1m})} \right\} + \frac{\alpha(1-a) M^0 p_m^{1-\theta}}{(1+t_1)(1+t_{1m})},$$

qui s'écrit encore (grâce à 35) :

$$X_1^{USA} = \overline{X_1^I} + \frac{M^0 p_m^{1-\theta}}{p_1}. \tag{39}$$

Dans la suite du travail, nous allons abandonné l'utilisation des trois taxes spécifiques (on pose $t_{1y} = t_{1z} = t_{1m} = 0$) pour nous concentrer sur t_1, qui englobe les importations. Cela va nous permettre de simplifier le travail, mais nous gardons à l'esprit les trois autres taxes qui pourront être réintégrées dans des travaux futurs.

4.1.9 Calcul de la différentielle de l'utilité par rapport à t_1 et présentation de l'élasticité critique

A présent que chaque quantité et chaque prix possèdent une expression en fonction de variables exogènes, il nous est possible de donner l'expression de l'utilité du consommateur afin de calculer sa différentielle par rapport à t_1. Cette étape va nous permettre de distinguer dans quels cas et sous quelles conditions, la mise en place de la taxation entraîne des effets positifs sur l'utilité. Notamment, on verra que la différentielle de l'utilité par rapport à t_1 dépend de l'élasticité du prix du pétrole par rapport à t_1 (ε_{obs}). On pourra alors par la suite mettre en évidence une élasticité critique, c'est-à-dire une élasticité du prix p_1^* par rapport à t_1 qui permet d'avoir un effet nul de la taxe sur l'utilité. En effet, il existe un niveau pour cette élasticité qui permet une telle baisse de p_1^* avec la mise en place de t_1, que l'effet positif de la taxation s'égalise avec l'effet négatif.

D'après (12), on a :

$$U = \beta_y c \ln x_{1y} + \beta_z \ln \left(x_{1z}^{\sigma} x_{2z}^{1-\sigma} \right) + \beta_m \ln M.$$

Donc :

$$dU = \frac{\partial U}{\partial x_{1y}} dx_{1y} + \frac{\partial U}{\partial x_{1z}} dx_{1z} + \frac{\partial U}{\partial x_{2z}} dx_{2z} + \frac{\partial U}{\partial M} dM.$$

Sachant que $\frac{\partial U}{\partial x_{1y}} = \frac{c\beta_y}{x_{1y}}$; $\frac{\partial U}{\partial x_{1z}} = \frac{\sigma\beta_z}{x_{1z}}$; $\frac{\partial U}{\partial x_{2z}} = \frac{(1-\sigma)\beta_z}{x_{2z}}$ et $\frac{\partial U}{\partial M} = \frac{\beta_m}{M}$, on peut alors écrire en s'appuyant sur les résultats des conditions du premier ordre du problème du consommateur :

$$dU = \lambda \left\{ p_{1y} \left(1 + t_{1y}\right) dx_{1y} + p_{1z} \left(1 + t_{1z}\right) dx_{1z} + p_2 dx_{2z} + p_m dM \right\},$$

et par conséquent :

$$\frac{dU}{dt_1} = \lambda \left\{ p_{1y} \left(1 + t_{1y}\right) \frac{dx_{1y}}{dt_1} + p_{1z} \left(1 + t_{1z}\right) \frac{dx_{1z}}{dt_1} + p_2 \frac{dx_{2z}}{dt_1} + p_m \frac{dM}{dt_1} \right\}.$$

Or selon la contrainte budgétaire, on a :

$$R = p_{1y} \left(1 + t_{1y}\right) x_{1y} + p_{1z} \left(1 + t_{1z}\right) x_{1z} + p_2 x_{2z} + p_m M,$$

donc la différentielle totale de R par rapport à t_1 s'écrit :

$$\begin{aligned} \frac{dR}{dt_1} &= p_{1y} \left(1 + t_{1y}\right) \frac{dx_{1y}}{dt_1} + p_{1z} \left(1 + t_{1z}\right) \frac{dx_{1z}}{dt_1} + p_2 \frac{dx_{2z}}{dt_1} + p_m \frac{dM}{dt_1} \\ &\quad + \frac{dp_1 \left(1 + t_1\right)}{dt_1} \left\{ \gamma_y \left(1 + t_{1y}\right) x_{1y} + \gamma_z \left(1 + t_{1z}\right) x_{1z} + \frac{dp_m}{dp_1 \left(1 + t_1\right)} M \right\}. \end{aligned}$$

On peut donc l'introduire dans notre expression de $\frac{dU}{dt_1}$:

$$\frac{1}{\lambda}\frac{dU}{dt_1}=\frac{dR}{dt_1}-\frac{dp_1\left(1+t_1\right)}{dt_1}\frac{1}{p_1\left(1+t_1\right)}\left\{\begin{array}{c}p_{1y}\left(1+t_{1y}\right)x_{1y}+p_{1z}\left(1+t_{1z}\right)x_{1z}\\+\left[\frac{p_1(1+t_1)}{p_m}\frac{dp_m}{dt_1}\right]p_mM\end{array}\right\}$$

qui se réécrit :

$$\frac{1}{\lambda}\frac{dU}{dt_1}=\frac{dR}{dt_1}-\left(1+\varepsilon_{obs}\right)\frac{R}{\left(1+t_1\right)}\left\{\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right\},$$

avec

$$\varepsilon_{obs}=\frac{\left(1+t_1\right)}{p_1}\frac{dp_1^*}{dt_1}$$

l'élasticité du prix p_1^* par rapport à la taxe t_1. Cette élasticité permet de mesurer la variation du prix imposé par l'OPEP, provoquée par la mise en place de la taxe sur les importations de pétrole aux États-Unis (t_1). Le calcul de cette élasticité se fera dans la prochaine section de ce travail, lors de la maximisation du profit de l'OPEP.

Il nous reste à savoir comment se comporte $\frac{dR}{dt_1}$, et d'après nos calculs (voir les annexes) on obtient :

$$\begin{aligned}\frac{dR}{dt_1} &= \left(1+\varepsilon_{obs}\right)\left\{\underset{+}{\frac{p_1\overline{X_1^I}}{\left[\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right]}}+\underset{-}{\frac{M^0p_m^{1-\theta}\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]}{\left[\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right]}}\left(1-\theta\right)\alpha\left(1-a\right)\right\}\\ &\quad+\underset{+}{\frac{M^0p_m^{1-\theta}}{\left[\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right]}},\end{aligned}$$

ce qui nous donne la condition suivante sur l'élasticité : $\frac{dR}{dt_1}>0$ si $\varepsilon_{obs}=-1$.

Par conséquent,

$$\frac{1}{\lambda}\frac{dU}{dt_1} = (1+\varepsilon_{obs})\left\{\begin{array}{c} p_1\overline{X_1^I}\left[\frac{1}{\underset{+}{\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}}}-1\right] \\ +M^0p_m^{1-\theta}\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]\left[\frac{(1-\theta)\alpha(1-a)}{\underset{-}{\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}}}-1\right]\end{array}\right\} \tag{40}$$

$$+\frac{M^0p_m^{1-\theta}}{\underset{+}{\left[\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}\right]}}.$$

Ici encore nous avons $\frac{dU}{dt_1}>0$ si $(1+\varepsilon_{obs})=0$, soit $\varepsilon_{obs}=-1$.

Il est alors possible de donner l'expression de l'élasticité critique, qui correspond à $\frac{dU}{dt_1}=0$. Ainsi on a :

$$(1+\overline{\varepsilon}) = -\frac{M^0p_m^{1-\theta}}{\begin{array}{c} p_1\overline{X_1^I}\left[1-\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}\right)\right] \\ +M^0p_m^{1-\theta}\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]\left[(1-\theta)\alpha(1-a)-\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}\right)\right]\end{array}}. \tag{41}$$

On peut ici dégager deux cas de figure principaux. En effet, lorsqu'on regarde (40) on peut la réécrire sous la forme suivante :

$$\frac{1}{\lambda}\frac{dU}{dt_1} = (1+\varepsilon_{obs})A+B. \tag{42}$$

A partir de là, sachant que le terme B est positif, on a :

- soit A est positif, et alors $\frac{dU}{dt_1}$ est positif : la mise en place de la taxe affecte de manière positive l'utilité des consommateurs. En effet, dans ce cas, $p_1\overline{X_1^I}\left[\frac{1}{\underset{+}{\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}}}-1\right] > M^0p_m^{1-\theta}\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]\left[\frac{(1-\theta)\alpha(1-a)}{\underset{-}{\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}}}-1\right]$, *soit les États-Unis produisent une telle quantité de pétrole qu'ils s'autosuffisent relativement ($M^0p_m^{1-\theta}$ faible, et $\overline{X_1^I}$ élevé). Donc, dans un premier temps, la mise en place de la taxation affecte moins les consommateurs puisque*

la majeure partie de leur consommation ne vient pas de l'OPEP et donc n'est pas taxée (d'où l'impact négatif modéré). Dans un deuxième temps, on a vu que le producteur national de pétrole, contrairement aux autres producteurs considérés dans le modèle, fait des profits avec sa production ($p_1 > \frac{w}{b}$). Ces profits sont redistribués aux consommateurs sous forme de dividendes. Par conséquent, plus le producteur national produit, plus il fait de profits et plus les consommateurs reçoivent de revenus, d'où l'impact positif sur l'utilité. On remarque d'ailleurs que plus l'élasticité observée est faible en valeur absolue ($(1 + \varepsilon_{obs}) \to 0$), plus l'effet positif du terme A sera grand sur l'utilité. En effet, moins le prix p_1^* diminue avec t_1, plus le producteur national de pétrole fait de profits.

- soit A est négatif (les importations ont atteint un niveau tel que la taxation provoque d'importants effets négatifs : plus l'essence consommée est d'origine étrangère plus la taxe va affecter de manière négative le pouvoir d'achat des consommateurs ; De plus la mise en place d'une taxe engendre toujours une perte sèche même si elle est aussi, dans notre modèle, la source de revenus pour les consommateurs via la création d'emplois au gouvernement), et alors il est nécessaire que certaines conditions soient respectées afin d'avoir $\frac{dU}{dt_1} > 0$. Notamment : $(1 + \varepsilon_{obs}) < -\frac{B}{A}$, soit, comme $(1 + \overline{\varepsilon}) = -\frac{B}{A}$, on doit avoir $(1 + \varepsilon_{obs}) < (1 + \overline{\varepsilon})$. En d'autres termes, $|\varepsilon_{obs}| > |\overline{\varepsilon}|$, la variation de p_1^* observée après la mise en place de t_1 doit être plus grande que la variation de p_1^* nécessaire à l'obtention de $\frac{dU}{dt_1} = 0$: l'OPEP doit diminuer suffisamment son prix afin que les consommateurs ne supportent pas toute la taxe. Les États-Unis doivent posséder un pouvoir de monopsone suffisamment important.

Il serait maintenant intéressant de savoir comment évolue $(1 + \overline{\varepsilon})$, quels sont les paramètres qui l'influencent, etc. Ensuite, dans la deuxième étape, nous verrons comment évolue $(1 + \varepsilon_{obs})$ afin de mettre en avant les cas où $|\varepsilon_{obs}| > |\overline{\varepsilon}|$.

On peut réécrire $(1+\overline{\varepsilon})$ de la façon suivante, ce qui nous permet de faire ressortir la variable $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$, que l'on retrouvera dans $(1+\varepsilon_{obs})$, et qui traduit l'importance de la consommation américaine et son niveau de dépendance par rapport à l'OPEP :

$$(1+\overline{\varepsilon}) = \frac{1}{\begin{array}{c} -\frac{\overline{X_1^I}}{\left(\frac{D_1^{USA}}{D_1}\right)D_1}\left[1-\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)\right] \\ -\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]\left[\left(1-\theta\right)\alpha\left(1-a\right)-\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)\right] \end{array}} \tag{43}$$

car $D_1^{USA} = \frac{M^0 p_m^{1-\theta}}{p_1}$, avec D_1^{USA} la demande de pétrole des États-Unis adressée à l'OPEP $\left(D_1^{USA} = X_1^{USA} - \overline{X_1^I}\right)$, et D_1 la demande totale de pétrole adressée à l'OPEP $\left(D_1 = D_1^{USA} + D_1^{RDM}\right)$, D_1^{RDM} étant la demande de pétrole du reste du monde adressée à l'OPEP.

On peut voir aussi que l'élasticité critique dépend des paramètres $\widetilde{\beta_i}$ (paramètres indiquant les parts de revenu du consommateur allant à l'achat de produits issus du pétrole), de $\overline{X_1^I}$ et de $\alpha\left(1-a\right)$ et θ.

Par conséquent, on peut mettre en évidence les effets de la consommation et du mode d'approvisionnement (local ou international) des américains sur l'évolution de l'élasticité critique.

Avant cela, on note l'existence d'une valeur critique (VC) de $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ qui rend le dénominateur de l'équation (43) nul, et qui donne par conséquent $(1+\overline{\varepsilon}) \to \infty$. Cette valeur est :

$$VC = -\frac{\overline{X_1^I}}{D_1}\left\{\frac{1-\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)}{\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]\left[\left(1-\theta\right)\alpha\left(1-a\right)-\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)\right]}\right\}. \tag{44}$$

On remarque que cette valeur critique dépend de $\overline{X_1^I}$ de manière positive. Ainsi, plus les États-Unis s'autosuffisent en pétrole, plus la valeur critique augmente. Elle dépend aussi des paramètres $\widetilde{\beta_i}$ de manière négative. Par conséquent, plus les États-Unis augmentent leur consommation de pétrole, plus la valeur critique diminue.

D'autre part, si on regarde comment évolue $(1+\overline{\varepsilon})$ avec $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$, on a :

$$\frac{\partial\left(1+\overline{\varepsilon}\right)}{\partial\frac{D_1^{USA}}{D_1}} = -\left(1+\overline{\varepsilon}\right)^2 \left\{ \frac{\overline{X_1^I}\left[1-\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)\right]}{\left(\frac{D_1^{USA}}{D_1}\right)^2 D_1} \right\} < 0.$$

Donc plus la part de la demande des États-Unis augmente, plus $(1+\overline{\varepsilon})$ diminue, ce qui veut dire plus $|\overline{\varepsilon}|$ augmente, et le seuil à atteindre par l'élasticité observée devient plus difficile à dépasser. Par conséquent, plus les États-Unis importent leur consommation de pétrole, plus la probabilité d'avoir $\frac{dU}{dt_1} < 0$ devient grande.

Il est aussi nécessaire de mentionner le fait que $(1+\overline{\varepsilon}) > 1$ lorsque $\overline{X_1^I} = 0$, $\alpha\left(1-a\right) = 0$ et/ou $\theta = 1$.

On peut donc, à présent, donner une représentation graphique de l'évolution de $(1+\overline{\varepsilon})$ en fonction de $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ (**figure 6**), en prenant en compte le fait que sous certaines conditions, $(1+\overline{\varepsilon})$ peut tendre vers un nombre supérieur à 1, à mesure que $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ augmente.

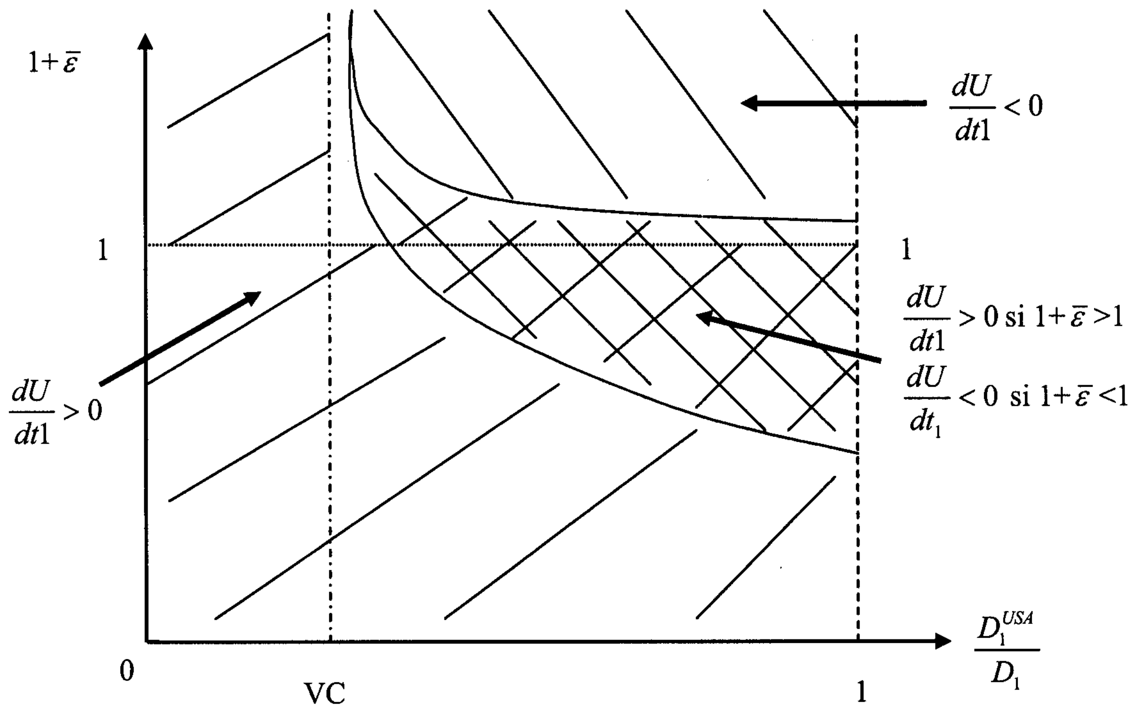
Concernant la **figure 6**, il est nécessaire de préciser que la zone située à gauche de la valeur critique représente les cas où les États-Unis produisent plus qu'ils n'importent leur consommation. Par conséquent, comme on l'a vu plus haut (42), $\frac{dU}{dt_1} > 0$ quelle que soit la valeur prise par $\varepsilon_{obs.}$

Regardons à présent les effets de la consommation et du mode d'approvisionnement sur $\overline{\varepsilon}$. On sait que $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ dépend des paramètres $\widetilde{\beta}_i$, et que le signe des dérivées de $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ par rapport aux $\widetilde{\beta}_i$ est positif. En effet, si on regarde l'expression de $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ on a :

$$\frac{D_1^{USA}}{D_1} = \frac{X_1^{USA} - \overline{X_1^I}}{X_1^{USA} - \overline{X_1^I} + X_1^{RDM}}$$

avec $\frac{\partial X_1^{USA}}{\partial \widetilde{\beta}_i} > 0$. Par conséquent, plus les américains consomment, plus ils importent, à $\overline{X_1^I}$ donné.

FIG. 6: Evolution de $(1+\overline{\varepsilon})$ en fonction de $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$.



Si on regarde la dérivée de $(1+\overline{\varepsilon})$ par rapport à $\widetilde{\beta_y}$, on a :

$$\frac{\partial\left(1+\overline{\varepsilon}\right)}{\partial\widetilde{\beta_y}}=-\left(1+\overline{\varepsilon}\right)^2\left\{\begin{array}{c}\left[\frac{\overline{X_1^I}D_1\frac{\partial\frac{D_1^{USA}}{D_1}}{\partial\widetilde{\beta_y}}}{\left[\left(\frac{D_1^{USA}}{D_1}\right)D_1\right]^2}\left[1-\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)\right]+\frac{\overline{X_1^I}}{\left(\frac{D_1^{USA}}{D_1}\right)D_1}\right]\\+\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]\end{array}\right\}<0. \tag{45}$$

Le signe de la dérivée est négatif ce qui implique qu'une variation positive du paramètre $\widetilde{\beta_y}$ (augmentation de la part du revenu allouée à l'achat d'essence) entraîne une variation positive de $|\overline{\varepsilon}|$ (le seuil devient plus "difficile" à atteindre).

Si on regarde la dérivée par rapport à $\widetilde{\beta_z}$, on a :

$$\frac{\partial\left(1+\overline{\varepsilon}\right)}{\partial\widetilde{\beta_z}}=-\left(1+\overline{\varepsilon}\right)^2\left\{\begin{array}{c}\left[\frac{\overline{X_1^I}D_1\frac{\partial\frac{D_1^{USA}}{D_1}}{\partial\widetilde{\beta_z}}}{\left[\left(\frac{D_1^{USA}}{D_1}\right)D_1\right]^2}\left[1-\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)\right]+\sigma\frac{\overline{X_1^I}}{\left(\frac{D_1^{USA}}{D_1}\right)D_1}\right]\\+\sigma\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]\end{array}\right\}<0. \tag{46}$$

Le signe de cette dérivée est lui aussi négatif. Une variation positive du paramètre $\widetilde{\beta_z}$ (augmentation de la part du revenu allouée à l'achat de services de chauffage) entraîne une variation positive de $|\overline{\varepsilon}|$. Notons par ailleurs, que plus le paramètre σ est grand, plus la variation de $|\overline{\varepsilon}|$ sera grande. En effet, σ représente la part d'huile de chauffage utilisée dans la production des services de chauffage, donc plus l'individu utilise d'huile de chauffage pour se chauffer, plus il consomme de pétrole.

Enfin, si on regarde la dérivée par rapport à $\widetilde{\beta_m}$, on a :

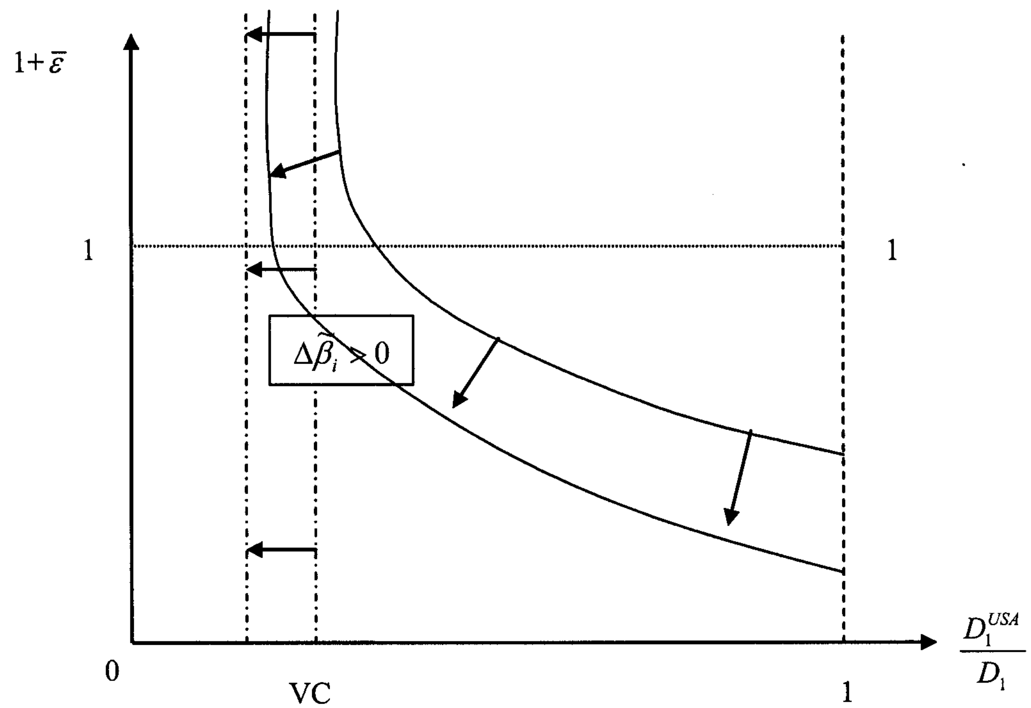
$$\frac{\partial\left(1+\overline{\varepsilon}\right)}{\partial\widetilde{\beta_m}} = -\left(1+\overline{\varepsilon}\right)^2 \left\{ \begin{array}{c} \frac{\overline{X_1^I} D_1 \frac{\partial \frac{D_1^{USA}}{D_1}}{\partial \beta_m}}{\left[\left(\frac{D_1^{USA}}{D_1}\right) D_1\right]^2} \left[1-\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)\right] \\ +\alpha\left(1-a\right)\frac{\overline{X_1^I}}{\left(\frac{D_1^{USA}}{D_1}\right)D_1}+\alpha\left(1-a\right)\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right] \end{array} \right\} < 0. \qquad (47)$$

Là encore, une variation positive de $\widetilde{\beta_m}$ (augmentation de la part du revenu allouée à l'achat de bien industriel) entraîne une variation positive de $|\overline{\varepsilon}|$. Et ici encore, on note que plus le paramètre $\alpha\left(1-a\right)$ est grand, plus la variation de $|\overline{\varepsilon}|$ sera grande. En effet, $\alpha\left(1-a\right)$ représente la part de mazout utilisée dans la production du bien industriel, donc plus cette part est grande plus le consommateur consomme de pétrole par le biais de ses achats de bien industriel.

Graphiquement, une augmentation des paramètres $\widetilde{\beta_i}$ se traduit par un rétrécissement de la zone $\frac{dU}{dt_1} > 0$, via le glissement de la courbe $\left(1+\overline{\varepsilon}\right)$ vers le bas, et le glissement de la valeur critique vers la gauche (voir **figure 7**).

En somme, plus les États-Unis consomment de pétrole (plus les paramètres $\widetilde{\beta_i}$ augmentent), plus ils en importent et plus l'utilité est affectée de manière négative par la mise en place de la taxe. Par conséquent, le terme $\left(1+\overline{\varepsilon}\right)$ doit tendre vers 0 afin d'obtenir une variation positive de U. Les effets négatifs sont tels que la majeure partie de la taxation doit être supportée, non pas par les consommateurs, mais par l'OPEP, si on veut avoir une variation de l'utilité positive ou nulle. Le cas idéal étant celui où $\left(1+\overline{\varepsilon}\right) = 0$ ($\overline{\varepsilon} = -1$). A ce moment, l'OPEP diminue tellement p_1 que le prix après taxe est égal à celui avant taxe : rien ne change pour le consommateur en terme de dépenses, il reçoit juste plus de revenus avec la création d'emplois. L'effet sur U est alors complètement positif.

FIG. 7: Effets d'une augmentation de la consommation américaine sur $(1+\bar{\varepsilon})$.



Si on regarde maintenant comment réagit $(1+\overline{\varepsilon})$ avec $\overline{X_1^I}$, on a :

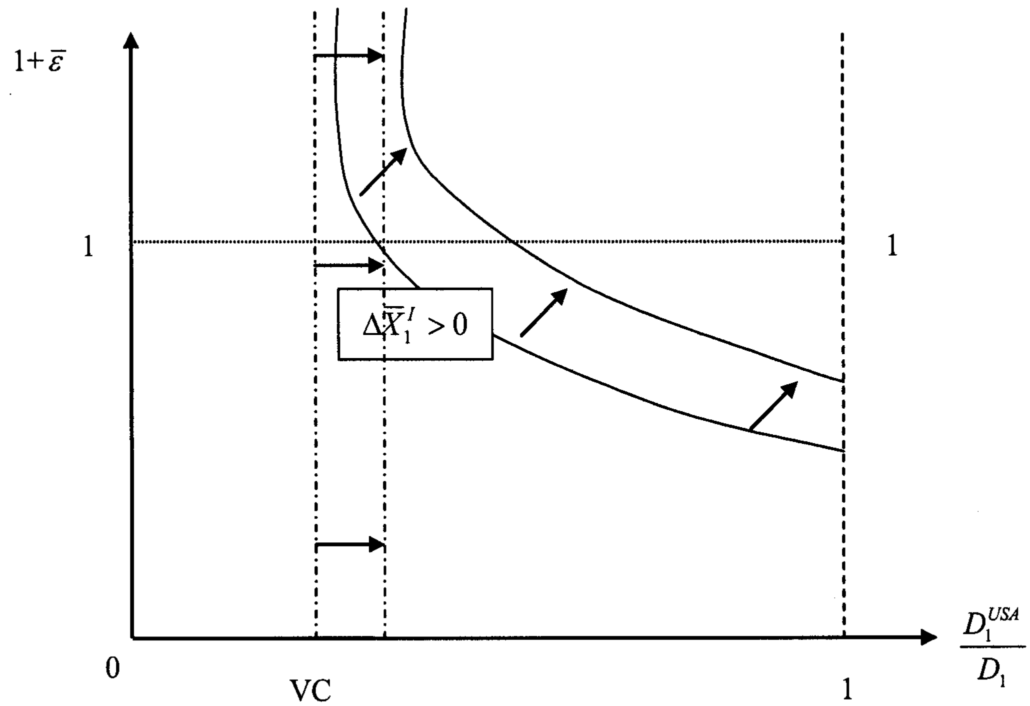
$$\frac{\partial\left(1+\overline{\varepsilon}\right)}{\partial\overline{X_1^I}}=-\left(1+\overline{\varepsilon}\right)^2\left\{-\frac{1}{\left(\frac{D_1^{USA}}{D_1}\right)D_1}\left[1-\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)\right]\right\}>0. \tag{48}$$

Le signe de la dérivée est positif, et nous indique que plus les États-Unis produisent leur consommation (plus $\overline{X_1^I}$ augmente), plus $|\overline{\varepsilon}|$ diminue. En d'autres termes, le seuil à atteindre par l'élasticité observée devient moins difficile à dépasser (la probabilité d'avoir $\frac{dU}{dt_1}<0$ devient faible). De plus, on a également vu qu'une variation positive de $\overline{X_1^I}$ entraîne un déplacement de la valeur critique vers la droite, ce qui se traduit par une augmentation plus importante encore de la zone $\frac{dU}{dt_1}>0$ (voir **figure 8**).

Pour conclure cette section, on peut dire que plus les États-Unis s'autosuffisent en pétrole, moins les consommateurs sont affectés par la taxe, et moins il est nécessaire que l'OPEP diminue son prix pour avoir $\frac{dU}{dt_1}>0$. Dans le cas contraire (ce que l'on a vu avec les paramètres $\widetilde{\beta}_i$), plus les États-Unis consomment et importent de pétrole, plus les consommateurs sont affectés par la taxe, et plus il est nécessaire que l'OPEP diminue son prix et supporte la taxe, pour avoir $\frac{dU}{dt_1}>0$, i.e. plus il est nécessaire que le gouvernement arrive à récupérer une part importante de la rente.

Maintenant que l'on a vu comment évoluait l'élasticité critique (dans quels cas le seuil à atteindre est plus ou moins grand), il nous est nécessaire de trouver l'expression de l'élasticité observée, ce qui nous permettra d'itentifier les variables qui la font bouger. On pourra alors, dans une troisième étape, distinguer les cas où l'élasticité observée est supérieure/inférieure à l'élasticité critique (exprimées toutes les deux en valeur absolue), c'est-à-dire les cas où les effets de la taxe sur l'utilité sont positifs/négatifs.

FIG. 8: Effets d'une augmentation de la production nationale de pétrole sur $(1+\bar{\varepsilon})$.



4.2 Deuxième étape : maximisation du profit de l'OPEP.

Dans le cas de l'OPEP, on suppose qu'il est face à deux clients : les États-Unis, dont la demande est $D_1^{USA} = X_1^{USA} - \overline{X_1^I}$, et le reste du monde, dont la demande est $D_1^{RDM} = X_1^{RDM} = \eta p_1^{-\epsilon}$. On suppose aussi que l'OPEP est obligé de fixer un prix identique (p_1) pour les deux marchés. Dans d'autres circonstances, le monopoleur aurait fixé deux prix différents : un pour chaque marché (p_1^{USA} et p_1^{RDM}). Chaque prix aurait été plus adapté à l'élasticité de la demande concernée, ce qui aurait permis à l'OPEP de faire de la discrimination entre ses deux clients. Par exemple, si la demande des États-Unis avait été plus élastique que celle du reste du monde, l'OPEP aurait imposé un prix relativement plus élevé au reste du monde, et un prix relativement moins élevé aux États-Unis. Dans notre cas, on peut considérer le prix p_1 comme une moyenne (trop élevé pour un des deux marchés : celui où la demande est relativement plus élastique, plus bas pour l'autre : celui où la demande est relativement moins élastique) de ces deux prix qui auraient prévaluent autrement. En effet, le monopoleur essaye de fixer un prix qui se rapproche des exigences des deux demandes ; Il est obligé d'effectuer un arbitrage entre les demandes. La mise en place de ce prix unique provoque alors la baisse de la demande d'un des deux marchés (celui dont la demande est très élastique et où le prix sans discrimination est supérieur au prix avec discrimination), et la baisse du chiffre d'affaire sur l'autre marché (celui dont la demande est moins élastique et qui acceptait un prix plus élevé : le prix avec discrimination est inférieur au prix avec discrimination). On comprend bien alors que dans ce cas, le monopoleur fait moins de profits : p_1 n'est pas aussi bien ajusté aux élasticités, il empêche l'OPEP de tirer le maximum de profits de chaque demande.

Malgré cela, son objectif reste toujours la maximisation de ses profits :

$$\max_{p_1} (p_1 - c) D_1$$

avec c, le coût de l'exploitation des puits de pétrole, et $D_1 = X_1^{USA} - \overline{X_1^I} + X_1^{RDM}$.

Or avec l'équation (39) on a :

$$D_1 = \frac{M^0 p_m^{1-\theta}}{p_1} + \eta p_1^{-\epsilon}. \tag{49}$$

La condition du premier ordre est alors :

$$(p_1 - c)\frac{\partial D_1}{\partial p_1} + D_1 = 0.$$

On la réécrit de la manière suivante :

$$1 + \frac{1}{\varepsilon_{D_1}} = \frac{c}{p_1}, \tag{50}$$

avec

$$\varepsilon_{D_1} = \frac{p_1}{D_1}\frac{\partial D_1}{\partial p_1},$$

l'élasticité de la demande adressée à l'OPEP par rapport au prix p_1. En substituant $\frac{\partial D_1}{\partial p_1}$, on peut réécrire cette élasticité comme :

$$\varepsilon_{D_1} = \frac{p_1}{D_1}\left\{\frac{M^0 p_m^{1-\theta}}{p_1^2}\left[(1-\theta)\,\alpha\,(1-a) - 1\right] - \epsilon\eta p_1^{-\epsilon-1}\right\},$$

soit

$$\varepsilon_{D_1} = \frac{D_1^{USA}}{D_1}\varepsilon_{D_1^{USA}} + \frac{D_1^{RDM}}{D_1}\varepsilon_{D_1^{RDM}} < 0. \tag{51}$$

En effet, on définit $\varepsilon_{D_1^{USA}} = (1-\theta)\,\alpha\,(1-a) - 1 < 0$ (l'élasticité de la demande des États-Unis par rapport au prix p_1), car on suppose $\theta > 1$, et $\varepsilon_{D_1^{RDM}} = -\epsilon < 0$ (l'élasticité de la demande du reste du monde par rapport à p_1).

Au regard de l'équation (50), on peut déjà dire que si $\varepsilon_{D_1} \to \infty$, alors p_1 diminuera jusqu'à tendre vers c. Les profits tendront alors vers 0. Face à une demande très élastique, l'OPEP doit baisser son prix de manière substantielle afin que la demande ne tombe pas à 0. Et si $\varepsilon_{D_1} \to -1$, alors p_1 tendra vers l'infini.

La condition du premier ordre s'écrit aussi de la manière suivante :

$$\left(\frac{p_1 - c}{p_1}\right)\left\{\frac{M^0 p_m^{1-\theta}}{p_1}\left[(1-\theta)\,\alpha\,(1-a) - 1\right] - \epsilon\eta p_1^{-\epsilon-1}\right\} + D_1 = 0,$$

soit encore

$$\left(\frac{p_1 - c}{p_1}\right)\left\{D_1^{USA}\varepsilon_{D_1^{USA}} + D_1^{RDM}\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right\} + D_1 = 0.$$

Mais comme on peut le voir, la condition du premier ordre ne nous donne pas l'expression explicite de p_1^*. Il nous faut donc trouver les dérivées secondes du profit afin de faire apparaître l'expression de la différentielle totale de p_1^* par rapport à t_1, qui nous permettra par la suite de trouver $\varepsilon_{obs}(=\frac{(1+t_1)}{p_1}\frac{dp_1^*}{dt_1})$:

$$\frac{dp_1^*}{dt_1} = -\frac{\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1 \partial t_1}}{\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2}}.$$

On pourra alors énoncer les conditions nécessaires et suffisantes pour que le signe de cette différentielle soit négatif. En effet, comme nous l'avons vu dans la section précédente, on a besoin, si le terme A est négatif (42), d'avoir $\varepsilon_{obs} < 0$.

Tout d'abord, calculons la dérivée seconde du profit par rapport à p_1 :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2} = 2\frac{\partial D_1}{\partial p_1} + (p_1 - c)\,\frac{\partial^2 D_1}{\partial p_1^2}.$$

Ce qui nous donne (voir détails des calculs en annexes) :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2} = \frac{D_1}{p_1} \frac{1}{\varepsilon_{D_1}} \left\{ 2\varepsilon_{D_1}^2 + \varepsilon_{D_1} - \varepsilon_{D_1^{USA}}^2 \frac{D_1^{USA}}{D_1} - \varepsilon_{D_1^{RDM}}^2 \frac{D_1^{RDM}}{D_1} \right\}.$$

Il s'agit là d'un problème de maximisation, donc la dérivée seconde du profit par rapport à p_1 doit être négative si on veut effectivement avoir un maximum. Par conséquent, il est nécessaire que le terme entre crochets soit positif (ε_{D_1} étant un terme négatif).

Si on considère le terme entre crochets, on a :

$$\varepsilon_{D_1}^2 > \varepsilon_{D_1}$$

car $|\varepsilon_{D_1}| > 1$.

Et si on considère le reste de l'expression :

$$\varepsilon_{D_1}^2 - \varepsilon_{D_1^{USA}}^2 \frac{D_1^{USA}}{D_1} - \varepsilon_{D_1^{RDM}}^2 \frac{D_1^{RDM}}{D_1},$$

on montre facilement, en substituant $\frac{D_1^{RDM}}{D_1}$ par $1-\frac{D_1^{USA}}{D_1}$, $\varepsilon_{D_1}-\varepsilon_{D_1^{RDM}}$ par $\frac{D_1^{USA}}{D_1}\left(\varepsilon_{D_1^{USA}} - \varepsilon_{D_1^{RDM}}\right)$ et $\varepsilon_{D_1} - \varepsilon_{D_1^{USA}}$ par $\frac{D_1^{RDM}}{D_1}\left(\varepsilon_{D_1^{RDM}} - \varepsilon_{D_1^{USA}}\right)$, que :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2} = \frac{D_1}{p_1} \underset{-}{\frac{1}{\varepsilon_{D_1}}} \left\{ \varepsilon_{D_1} (\underset{+}{\varepsilon_{D_1}} + 1) - \frac{D_1^{USA}}{D_1} \frac{D_1^{RDM}}{D_1} \underset{+}{\left(\varepsilon_{D_1^{USA}} - \varepsilon_{D_1^{RDM}}\right)^2} \right\}. \tag{52}$$

On peut donc voir que la dérivée seconde sera négative si et seulement si $\left(\varepsilon_{D_1^{USA}} - \varepsilon_{D_1^{RDM}}\right)^2$ n'est pas trop grand. On voit bien que $\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2} < 0$ quand $\left(\varepsilon_{D_1^{USA}} - \varepsilon_{D_1^{RDM}}\right) \to 0$. En d'autres termes, on a besoin que l'écart entre les deux élasticités ne soit pas trop important. La demande des États-Unis doit réagir d'une manière assez similaire à celle de la demande du reste du monde. En effet, si on suppose que l'élasticité du reste du monde tend vers l'infini tandis que celle des États-Unis est relativement peu flexible, et si p_1 augmente, alors la demande du reste du monde va tomber à 0. L'OPEP va donc reporter son offre vers les États-

Unis. Mais à demande quasi constante, l'augmentation de l'offre entraîne une diminution du prix de vente, pouvant même amener ce dernier à un niveau inférieur à celui du p_1 initial. Les profits de l'OPEP sont alors inférieurs à ceux effectués dans le cas de la discrimination.

En ce qui concerne la dérivée seconde du profit par rapport à t_1, on a :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1 \partial t_1} = (p_1 - c)\frac{\partial^2 D_1}{\partial p_1 \partial t_1} + \frac{\partial D_1}{\partial t_1},$$

avec :

$$\frac{\partial D_1}{\partial t_1} = \frac{D_1^{usa}}{(1+t_1)}\left(\varepsilon_{D_1^{USA}} + 1\right) < 0$$

et

$$\frac{\partial^2 D_1}{\partial p_1 \partial t_1} = \frac{D_1^{usa}}{(1+t_1)}\left(\varepsilon_{D_1^{USA}} + 1\right)\varepsilon_{D_1^{USA}}\frac{1}{p_1} > 0.$$

Ainsi la dérivée seconde se réécrit :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1 \partial t_1} = \underset{+}{\frac{D_1^{usa}}{(1+t_1)}}\frac{D_1^{RDM}}{D_1}\left(\varepsilon_{D_1^{RDM}} - \varepsilon_{D_1^{USA}}\right)\underset{+}{\left(\frac{\varepsilon_{D_1^{USA}} + 1}{\varepsilon_{D_1}}\right)}. \tag{53}$$

Afin que la dérivée soit négative, permettant ainsi à la différentielle totale de p_1^* par rapport à t_1 d'être négative, on doit avoir :

$$\varepsilon_{D_1^{RDM}} - \varepsilon_{D_1^{USA}} < 0,$$

soit

$$\left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| > \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right|.$$

L'élasticité de la demande du reste du monde doit être plus forte que celle de la demande des États-Unis.

Il est d'ailleurs possible d'envisager deux cas de figure qui vont nous permettre de confirmer la condition posée par la dérivée seconde du profit par rapport à t_1. En effet, si on a p_1 qui est une moyenne des deux prix p_1^{USA} et p_1^{RDM}, ε_{D_1} est aussi une moyenne de $\varepsilon_{D_1^{USA}}$ et $\varepsilon_{D_1^{RDM}}$ (comme le confirme d'ailleurs l'équation 51), donc elle se situe entre les deux. Reste à savoir maintenant laquelle, de $\varepsilon_{D_1^{USA}}$ et $\varepsilon_{D_1^{RDM}}$, est supérieure à ε_{D_1}, et dans quel cas cela correspond au résultat donné par la dérivée seconde du profit. On a deux cas de figure possibles :

1)- Soit on a $|\varepsilon_{D_1}| < \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right|$, qui donne $p_1^* > p_1^{USA}$ selon l'équation (50). Si on renomme $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ et $\frac{D_1^{RDM}}{D_1}$ comme μ et $(1-\mu)$, alors on peut réécrire (51) de la manière suivante :

$$|\varepsilon_{D_1}| = \mu \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right| + (1-\mu) \left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right|.$$

Ce qui donne

$$|\varepsilon_{D_1}| - \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right| = (1-\mu) \left\{ \left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| - \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right| \right\}.$$

Or comme $|\varepsilon_{D_1}| < \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right|$, on a

$$(1-\mu) \left\{ \left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| - \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right| \right\} < 0,$$

soit par conséquent

$$\left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| < \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right|.$$

Enfin, comme

$$|\varepsilon_{D_1}| - \left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| = \mu \left\{ \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right| - \left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| \right\} > 0,$$

on a :

$$\left|\varepsilon_{D_1}\right| > \left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right|.$$

Ainsi, on a au final :

$$\left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| < \left|\varepsilon_{D_1}\right| < \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right|,$$

qui entraîne :

$$p_1^{USA} < p_1 < p_1^{RDM}.$$

2)- Soit, dans notre cas, la condition du seconde ordre nous indique que $\left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| > \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right|$, ce qui veut dire au regard du développement précédent que $\left|\varepsilon_{D_1}\right| > \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right|$, et que $\left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| > \left|\varepsilon_{D_1}\right|$. On a donc :

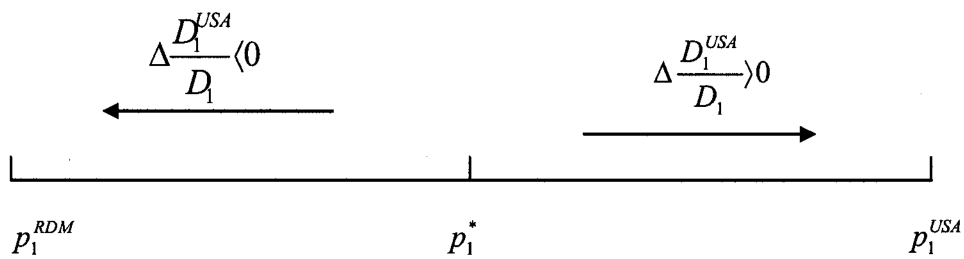
$$\left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right| < \left|\varepsilon_{D_1}\right| < \left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right|,$$

qui entraîne

$$p_1^{RDM} < p_1 < p_1^{USA}.$$

Ceci confirme le raisonnement donné par la dérivée seconde. Il est nécessaire d'avoir $\left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| > \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right|$ pour obtenir $\frac{dp_1^*}{dt_1} < 0$. Si t_1 augmente, la demande des États-Unis va baisser, donc μ devient plus petit. Dans le cas extrême, $\mu \to 0$, et l'OPEP reporte toute sa demande vers le reste du monde. Mais comme $\left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| > \left|\varepsilon_{D_1}\right|$, le prix de vente doit baisser si l'OPEP ne veut pas voir la demande du reste du monde baisser elle aussi (la demande du reste du monde est relativement très élastique par rapport à p_1^*). On assiste à un glissement de p_1^* vers p_1^{RDM} (voir **figure 9**). Le prix p_1^* diminue car on se trouve dans un cas de figure où

FIG. 9: Evolution du prix p_1^* en fonction de $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$.



la demande du reste du monde est relativement plus sensible. Si cela avait été le contraire ($\left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| < |\varepsilon_{D_1}| < \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right|$), l'OPEP aurait pu se permettre une augmentation de p_1^* sans craindre une baisse de la demande du reste du monde, cette dernière étant relativement peu élastique par rapport à p_1^*.

Pour récapituler, les deux conditions nécessaires et suffisantes à l'obtention de $\varepsilon_{obs} < 0$ *sont :*

- $\varepsilon_{D_1^{RDM}}$ *et* $\varepsilon_{D_1^{USA}}$ *doivent être proches.*

- $\left|\varepsilon_{D_1^{RDM}}\right| > \left|\varepsilon_{D_1^{USA}}\right|$ *: la demande du reste du monde doit être plus élastique que celle des États-Unis.*

Maintenant que l'on connaît les deux dérivées secondes du profit, on peut trouver l'expression de l'élasticité observée :

$$\varepsilon_{obs} = -\frac{\left(\varepsilon_{D_1^{RDM}} - \varepsilon_{D_1^{USA}}\right)\frac{D_1^{USA}}{D_1}\frac{D_1^{RDM}}{D_1}\left(\varepsilon_{D_1^{USA}} - 1\right)}{\varepsilon_D\left(\varepsilon_D + 1\right) - \frac{D_1^{USA}}{D_1}\frac{D_1^{RDM}}{D_1}\left(\varepsilon_{D_1^{USA}} - \varepsilon_{D_1^{RDM}}\right)^2}. \tag{54}$$

On peut aussi donner l'expression de $1 + \varepsilon_{obs}$:

$$1 + \varepsilon_{obs} = \frac{\varepsilon_D\left(\varepsilon_D + 1\right) - \frac{D_1^{USA}}{D_1}\frac{D_1^{RDM}}{D_1}\left(\varepsilon_{D_1^{USA}} - \varepsilon_{D_1^{RDM}}\right)\left(-1 - \varepsilon_{D_1^{RDM}}\right)}{\varepsilon_D\left(\varepsilon_D + 1\right) - \frac{D_1^{USA}}{D_1}\frac{D_1^{RDM}}{D_1}\left(\varepsilon_{D_1^{USA}} - \varepsilon_{D_1^{RDM}}\right)^2}. \tag{55}$$

On remarque alors que $(1 + \varepsilon_{obs})$ dépend de $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$, variable qui fait aussi bouger $(1 + \overline{\varepsilon})$. On cherche donc à savoir comment évolue $(1 + \varepsilon_{obs})$ par rapport à elle.

Le calcul de la dérivée partielle nous donne le résultat suivant :

- $\frac{\partial(1+\varepsilon_{obs})}{\partial\frac{D_1^{USA}}{D_1}} > 0$ quand $\frac{D_1^{RDM}}{D_1} < \frac{D_1^{USA}}{D_1}$ soit quand $\frac{D_1^{USA}}{D_1} > 0.5$.
- $\frac{\partial(1+\varepsilon_{obs})}{\partial\frac{D_1^{USA}}{D_1}} < 0$ quand $\frac{D_1^{RDM}}{D_1} > \frac{D_1^{USA}}{D_1}$ soit quand $\frac{D_1^{USA}}{D_1} < 0.5$.

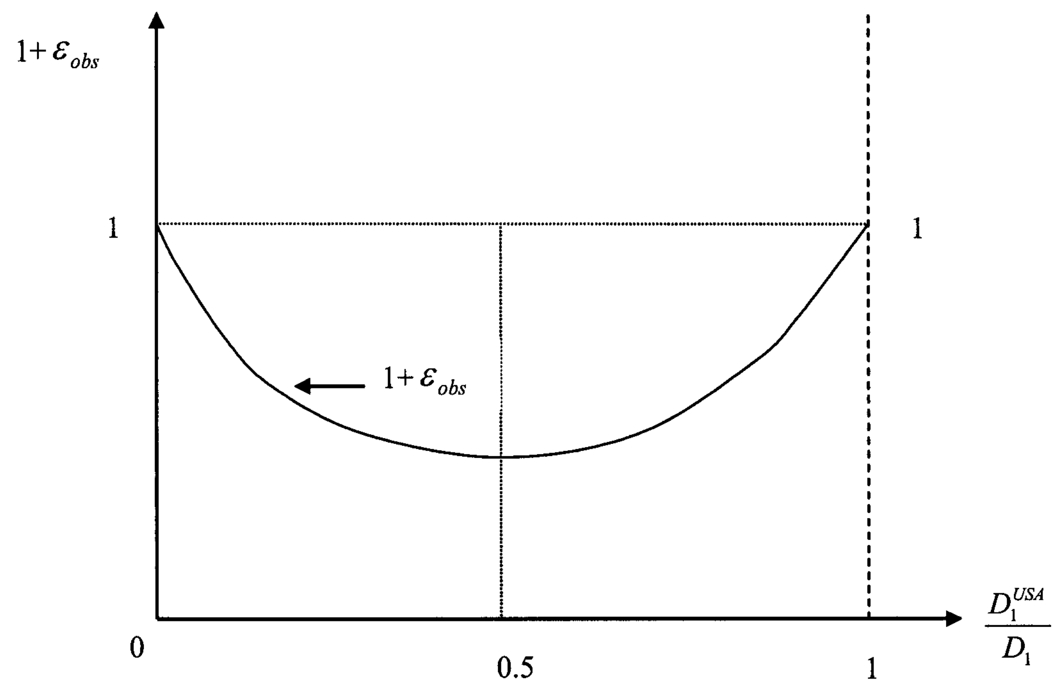
Il existe donc une valeur de $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ pour laquelle $(1 + \varepsilon_{obs})$ atteint un minimum. Cette valeur est la suivante :

$$(1 + \varepsilon_{obs})\Big|_{\frac{D_1^{USA}}{D_1} = \frac{1}{2}} = \frac{\frac{1}{2}\varepsilon^2_{D_1^{USA}} + \frac{3}{2}\left(\varepsilon_{D_1^{USA}}\varepsilon_{D_1^{RDM}} + \varepsilon_{D_1^{USA}}\right) + \frac{1}{2}\varepsilon_{D_1^{RDM}}}{\varepsilon_{D_1^{USA}} + \varepsilon_{D_1^{RDM}} + 2\varepsilon_{D_1^{USA}}\varepsilon_{D_1^{RDM}}}. \tag{56}$$

De plus, que l'on pose $\frac{D_1^{USA}}{D_1} = 1$ (et alors $\frac{D_1^{RDM}}{D_1} = 0$) ou $\frac{D_1^{USA}}{D_1} = 0$ (et alors $\frac{D_1^{RDM}}{D_1} = 1$), on a $(1 + \varepsilon_{obs}) = 1$, soit $\varepsilon_{obs} = 0$. On peut donc représenter graphiquement l'évolution de $(1 + \varepsilon_{obs})$ en fonction de $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ (**figure 10**).

Quand on regarde la **figure 10**, on remarque que dans les cas extrêmes : $\frac{D_1^{USA}}{D_1} \to 0$ (les États-Unis n'importent pas de pétrole) et $\frac{D_1^{USA}}{D_1} \to 1$ (les États-Unis sont le seul client de

FIG. 10: Evolution de $(1 + \varepsilon_{obs})$ en fonction de $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$.



l'OPEP), $(1+\varepsilon_{obs})$ tend vers 1, soit ε_{obs} tend vers 0 (l'OPEP ne modifie presque pas son prix lors de la mise en place de la taxe). Dans le premier cas, cela se comprend aisément. Si les États-Unis importent peu de pétrole, le reste du monde sera alors le client principal de l'OPEP, et ce dernier imposera alors un prix p_1 proche du prix p_1^{RDM}. Or p_1^{RDM}, qui dépend de $\varepsilon_{D_1^{RDM}}$ (élasticité constante), ne dépend pas de t_1, et donc ne bougera pas avec la mise en place de la taxe. Cela peut aussi se comprendre par le fait que les États-Unis représentent une si faible part de la demande, que même si D_1^{USA} diminue, l'impact négatif pour l'OPEP est négligeable, et par conséquent il ne baisse pas son prix. Dans le second cas, les États-Unis représentent presque le client principal de l'OPEP. Par conséquent, ce dernier va fixer son prix proche de p_1^{USA}. Or ce dernier est lui aussi indépendant de t_1, selon les hypothèses de départ définissant $\varepsilon_{D_1^{USA}}$ comme une élasticité constante. L'OPEP ne diminuera donc pas son prix lors de la mise en place de la taxe.

La différence principale entre les deux cas est que lorsque $\frac{D_1^{USA}}{D_1} \to 0$, on a des effets positifs de t_1 sur l'utilité (les États-Unis produisent leur propre consommation), alors que lorsque $\frac{D_1^{USA}}{D_1} \to 1$, les effets de t_1 sur l'utilité sont négatifs. Par conséquent, $\varepsilon_{obs} \to 0$ est synonyme de gains dans le premier cas (augmentation des profits du producteur national), et est synonyme de pertes dans le second cas (les consommateurs doivent supporter la majeure partie de la taxe).

Enfin, rappellons que $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ varie de manière positive avec les paramètres $\widetilde{\beta}_i$, tandis qu'elle varie de manière négative avec $\overline{X_1^I}$:

$$\frac{\partial \frac{D_1^{USA}}{D_1}}{\partial \overline{X_1^I}} = \frac{-X_1^{RDM}}{\left(X_1^{USA} - \overline{X_1^I} + X_1^{RDM}\right)^2} < 0.$$

Ainsi, plus les États-Unis consomment de pétrole, plus ils se rapprochent de la zone où $\varepsilon_{obs} \to 0$ est synonyme de pertes. Plus ils produisent leur propre consommation, plus ils se rapprochent de la zone où $\varepsilon_{obs} \to 0$ est synonyme de gains.

Regardons à présent ce que la superposition de $(1+\varepsilon_{obs})$ et $(1+\overline{\varepsilon})$ donne comme résultat.

4.3 Troisième étape : recherche des cas où la taxation permet de récupérer une part de la rente

On a donc trouvé les deux élasticités qui vont nous permettre de distinguer les cas où la taxation aura des effets positifs sur l'utilité, des cas où elle aura des effets négatifs sur l'utilité. Notamment, on a trouvé que $|\varepsilon_{obs}|$ évoluait de manière négative quand $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ approchait de ses valeurs extrêmes (0 et 1), et que $|\overline{\varepsilon}|$ évoluait de manière négative avec $\overline{X_1^I}$, et évoluait de manière positive avec les paramètres $\widetilde{\beta}_i$. La taille de la demande américaine, mais aussi la source de son approvisionnement, tiennent donc un rôle important dans la détermination du signe de la différentielle de U par rapport à t_1.

4.3.1 Premier cas de figure : $(1+\overline{\varepsilon})$ tend vers un nombre supérieur à 1 à mesure que $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ augmente

Tout d'abord, en examinant l'équation (56), qui se trouve être le point le plus bas de la courbe de $(1+\varepsilon_{obs})$, soit le point où $|\varepsilon_{obs}|$ est la plus grande, on montre que si $\varepsilon_{D_1^{USA}} = -1-\tau$ et si $\varepsilon_{D_1^{RDM}} = -1-\Delta$, avec τ et Δ qui tendent vers 0, alors $(1+\varepsilon_{obs})|_{\frac{D_1^{USA}}{D_1}=\frac{1}{2}} \to 0$, ce qui veut dire que dans ce cas $\varepsilon_{obs} \to -1$. En effet, on obtient :

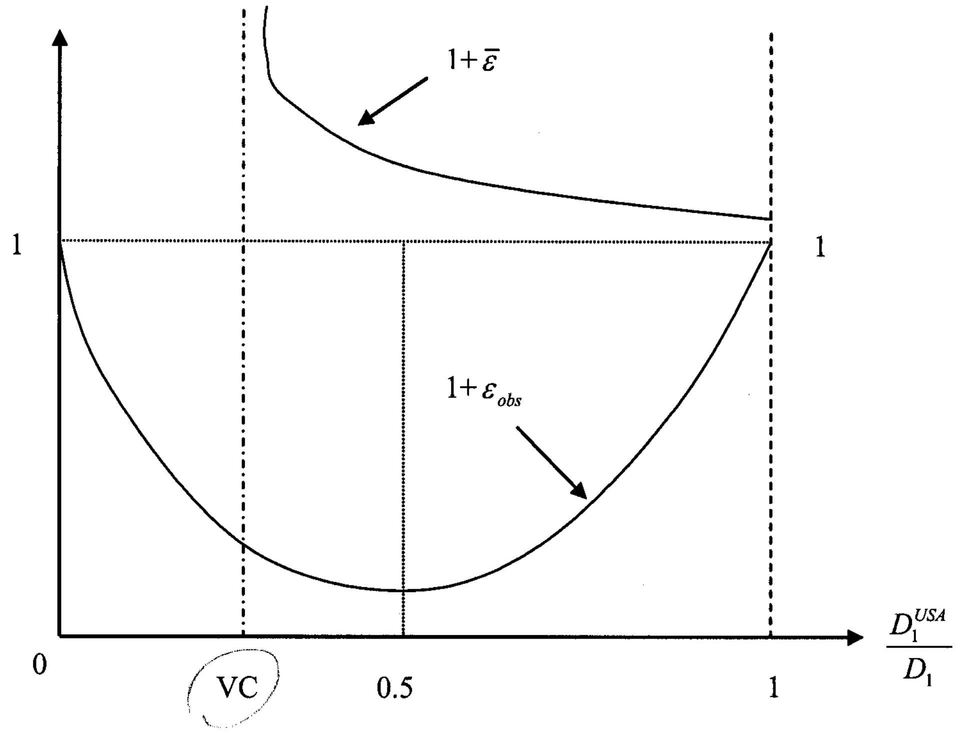
$$(1+\varepsilon_{obs})|_{\frac{D_1^{USA}}{D_1}=\frac{1}{2}, \varepsilon_{D_1^{USA}}=-1-\tau, \varepsilon_{D_1^{RDM}}=-1-\Delta} = 2\tau + \tau^2 + 2\Delta + 3\tau\Delta,$$

qui tend vers 0 lorsque τ et Δ sont proches de zéro. Or on a vu dans la section précédente que si $(1+\varepsilon_{obs}) \to 0$ ($\frac{1}{\lambda}\frac{dU}{dt_1} = (1+\varepsilon_{obs})\,A + B$, avec B>0), alors on a $\frac{dU}{dt_1} > 0$.

On a donc ici un exemple de situation (les États-Unis sont un client aussi important que le reste du monde, et les élasticités des demandes des deux clients sont égales à -1) où l'élasticité observée est telle que $\frac{dU}{dt_1} > 0$ (la mise en place de la taxe a un effet positif sur le bien-être des consommateurs).

(pour un rappel de la signification de VC, voir p38).

FIG. 11: Comportements de $(1+\overline{\varepsilon})$ et $(1+\varepsilon_{obs})$ lorsque $\varepsilon_{D_1^{USA}} \to -1$, $\varepsilon_{D_1^{RDM}} \to -1$, $\overline{X_1^I} = 0$ et $\frac{D_1^{USA}}{D_1} = \frac{1}{2}$.



Rappeler la signification de VC (par exemple, la renvoyer à la page 38.)

De plus, on sait que $\varepsilon_{D_1^{USA}} \to -1$ correspond à $\theta \to 1$ et/ou $\alpha(1-a) \to 0$ (puisque $\varepsilon_{D_1^{USA}} = (1-\theta)\,\alpha(1-a) - 1$). ~~Et~~ On a vu dans la section précedente que si $\theta \to 1$ et/ou $\alpha(1-a) \to 0$ lorsque $\overline{X_1^I} = 0$, alors $(1+\overline{\varepsilon}) > 1$.

*L'exemple se transforme alors en situation où $(1+\varepsilon_{obs})$ ne croisera jamais $(1+\overline{\varepsilon})$, et où, par conséquent, on aura toujours $\frac{dU}{dt_1} > 0$ (voir **figure 11**).*

Les États-Unis importent toute leur consommation, mais représentent un client aussi important que le reste du monde. D'ailleurs, les deux clients possèdent la même élasticité de la demande. L'OPEP n'a donc pas à faire de compromis entre les deux demandes :

$p_1^* = p_1^{USA} = p_1^{RDM}$ et $\varepsilon_{D_1} = \varepsilon_{D_1^{USA}} = \varepsilon_{D_1^{RDM}}$. Lors de la mise en place de t_1, $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ diminue. Les États-Unis étant un client aussi important que le reste du monde, l'OPEP va baisser son prix afin de récupérer la demande américaine. La demande du reste du monde va elle aussi augmenter. L'OPEP gagne donc à diminuer son prix face à t_1.

4.3.2 Second cas de figure : $(1+\overline{\varepsilon})$ tend vers un nombre inférieur à 1 à mesure que $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ augmente

Maintenant, si on regarde la superposition des courbes de $(1+\varepsilon_{obs})$ et $(1+\overline{\varepsilon})$, lorsque $(1+\overline{\varepsilon})$ tend vers un nombre inférieur à 1 à mesure que $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$ augmente, cela nous donne la **figure 12**.

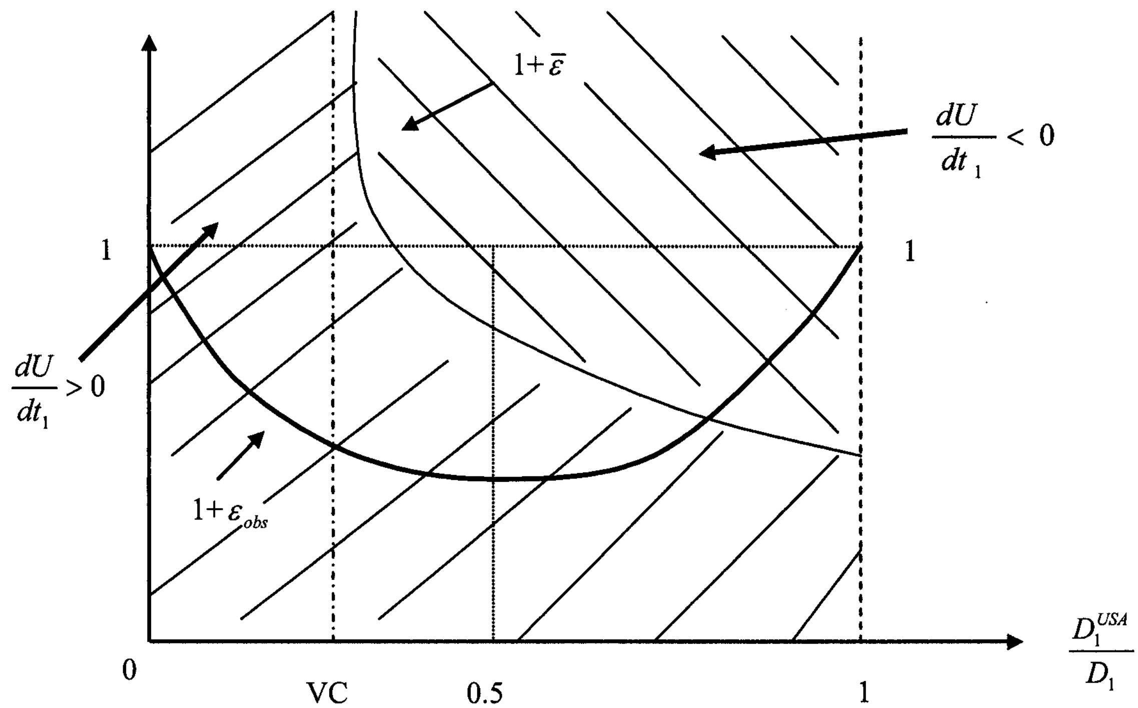
On peut voir que plus les États-Unis consomment de pétrole ($\Delta\frac{D_1^{USA}}{D_1} > 0$ avec $\Delta\widetilde{\beta}_i > 0$), plus on se rapproche de la zone $\frac{dU}{dt_1} < 0$. Au contraire, plus les États-Unis produisent leur propre consommation ($\Delta\frac{D_1^{USA}}{D_1} < 0$ avec $\Delta\overline{X_1^I} > 0$), plus on se rapporche de la zone $\frac{dU}{dt_1} > 0$. Par conséquent, on se trouve face à deux types de situations :

- soit les États-Unis ont une consommation modérée de pétrole, et leur demande auprès de l'OPEP est alors similaire (en importance relative) à celle du reste du monde. Sur le graphique, on voit bien alors qu'on s'approche de la zone où la courbe $(1+\varepsilon_{obs})$ est la plus basse, ce qui signifie $|\varepsilon_{obs}|$ élevée (l'OPEP diminue sont prix de manière relativement importante face à t_1). Dans ce cas là, le gouvernement réussit à récupérer une part importante de la rente, et la taxation des importations est efficace. De plus, la récupération de la rente est maximale lorsque l'élasticité de la demande des États-Unis est égale à -1, et que celle du reste du monde l'est aussi.

- soit, les États-Unis consomment beaucoup de pétrole, et alors on a deux types de conséquences possibles :

  - des conséquences positives sur l'utilité des consommateurs si les États-Unis produisent leur propre consommation ($\overline{X_1^I}$ fixée à un niveau supérieur). A ce moment là, le

FIG. 12: Evolutions de $(1+\varepsilon_{obs})$ et $(1+\overline{\varepsilon})$ en fonction de $\frac{D_1^{USA}}{D_1}$.



producteur national effectue beaucoup de profits qui sont par la suite redistribués aux consommateurs. De plus, si la demande des États-Unis adressée à l'OPEP tend vers 0, l'élasticité observée de p_1^* tend elle aussi vers 0, et les profits du producteur national augmentent encore plus. Dans ce cas, la taxe n'affecte pas beaucoup l'utilité des consommateurs, et l'augmentation des revenus via les profits du producteur national et la création d'emplois du gouvernement, surpasse largement les effets négatifs de la taxation sur le pouvoir d'achat.

- des conséquences négatives sur l'utilité des consommateurs si la consommation des États-Unis dépend en grande partie de leurs importations de pétrole. Dans ce cas là, plus la demande des États-Unis adressée à l'OPEP tend vers 1, plus les consommateurs vont devoir supporter la taxe, et plus les effets sur l'utilité seront négatifs. Ici, le gouvernement ne réussit pas à récupérer une part suffisante de la rente : la taxe sur les importations est alors inefficace.

5 Conclusion

Nous avons construit un modèle d'équilibre général représentant le monde selon trois grands pôles : les États-Unis, l'OPEP et le reste du monde, afin de tenter de répondre à la question suivante :

existe-t-il un moyen pour les pays importateurs de pétrole de contrer cette augmentation de prix, et y a-t-il une condition particulière à respecter par ces derniers ? On a alors supposé qu'il n'y avait qu'une seule période, aucun actif financier, et pour les États-Unis, un agent représentatif, un producteur de subsitut au pétrole qui n'utilise que du travail comme input, et un producteur de pétrole national à qui on impose un quota de production. On a aussi supposé que l'élasticité de la demande de pétrole des États-Unis auprès de l'OPEP et celle du reste du monde étaient constantes.

On a alors trouvé les résultats suivants. Si les États-Unis veulent, par la mise en place d'une taxation des importations de pétrole, récupérer une partie de la rente via la baisse du prix imposé par l'OPEP, il est nécessaire que la consommation des États-Unis ne soit pas trop élevée. Elle doit représenter une part relativement proche de celle de la demande du reste du monde. Il est de plus nécessaire que l'élasticité de la demande américaine soit proche de celle de la demande du reste du monde, et que cette dernière soit supérieure à la première. Le cas idéal étant lorsque les deux élasticités s'approchent de -1, où le gouvernement récupèrera une rente maximale.

Dans le cas contraire, si les États-Unis ont une consommation trop élevée, et que cette dernière provient en majeure partie de la production de l'OPEP, il y a de fortes chances pour que le gouvernement ne réussisse pas à récupérer une part suffisamment importante de la rente. Alors dans ce cas, les consommateurs supportent la taxe, et cette dernière devient inefficace (ses effets sur l'utilité des consommateurs sont alors négatifs).

Il existe alors une solution à ce cas où la taxation des importations de pétrole est inefficace. En effet, le gouvernement peut décider, face à cette consommation de pétrole trop importante, de stimuler la production du producteur national de pétrole, afin de diminuer la dépendance face à l'OPEP. A ce moment là, les profits retirés de la vente de pétrole ne vont plus majoritairement dans les poches des producteurs de l'OPEP, mais vont, de manière plus importante, dans les poches des consommateurs via la redistribution des profits du producteur national de pétrole. Les effets de la taxe sur l'utilité des consommateurs sont alors positifs.

Bien entendu, ces résultats découlent d'un modèle qui, on l'a vu, possède de nombreuses restrictions quant à la représentation du monde actuel. Il serait donc intéressant, dans l'avenir, d'étoffer ce modèle théorique en y ajoutant progressivement des hypothèses plus réalistes telles que la présence d'agents hétérogènes, un horizon infini, la présence d'un marché financier et de ses actifs, afin de prendre en compte les impacts des actions des spéculateurs, un producteur du substitut qui utilise comme input du bien industriel, une élasticité de la demande américaine dépendant de t_1, etc.

Bibliographie

Bovenberg, A.Lans et Lawrence H. Goulder, "Optimal environmental taxation in the presence of other taxes : general-equilibrium analyses", *The American Economic Review*, vol.86, 1996, 985-1000.

Chevallier Agnès, *Le Pétrole*, Editions La Découverte, Collection *Repères*, 1986.

Dalemont, Etienne et Jean Carrié, *L'économie du pétrole*, Presses universitaires de France, Collection *Que sais-je* ?, 1994.

De Miguel, Carlos et Baltasar Manzano, "Optimal oil taxation in a small open economy", Universtiy of California Energy Institute, *Policy and Economics*, 2002, EPE-003.

Fullerton, Don et Sarah E. West, "Can taxes on cars and on gasoline mimic an unavailable tax on emissions ?", *Journal of Environmental Economics and Management, vol.43, 2002, 135-157.*

Karp, Larry et David M. Newbery, "OPEC and the US oil import tariff", *The Economic Journal*, vol.101, No.405, 1991, 303-313.

Liski, Matti et Olli Tahvonen, "Can carbon tax eat OPEC's rents ?", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol.47, 2004, 1-12.

Parry, Ian W. H. et Kenneth A. Small, "Does Britain or the United States have the right gasoline tax ?", *Working Paper on International Economics and Finance*, 02-03, FEDEA.

IEA Statistics, *Energy Prices and Taxes, 4 th Quarter 2003*, International Energy Agency.

6 Annexes

6.1 Résolution du problème de l'industrie américaine

$$\min_{l_m, x_{1m}, x_{2m}} \{wl_m + p_2 x_{2m} + p_{1m}(1+t_{1m})x_{1m}\}$$

sous la contrainte de technologie suivante :

$$M = h\left(x_{1m}, x_{2m}, l_m\right) = l_m^a \left\{H\left(x_{1m}, x_{2m}\right)\right\}^{(1-a)}$$

avec

$$H\left(x_{1m}, x_{2m}\right) = Ax_{1m}^{\alpha} x_{2m}^{(1-\alpha)}.$$

Le Lagrangien s'écrit alors :

$$L\left(l_{m,} x_{1m}, x_{2m}\right) = wl_m + p_2 x_{2m} + p_{1m}(1+t_{1m})x_{1m} + \lambda \left\{M - l_m^a \left[Ax_{1m}^{\alpha} x_{2m}^{(1-\alpha)}\right]^{(1-a)}\right\}.$$

Et les conditions du premier ordre s'écrivent (sous les conditions de régularité standard) :

$$\frac{\partial L}{\partial l_m} = 0 \ \text{ soit } \ w = \lambda a \frac{M}{l_m}. \tag{57}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_{1m}} = 0 \ \text{ soit } \ p_{1m}(1+t_{1m}) = \lambda(1-a)\alpha \frac{M}{x_{1m}}. \tag{58}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_{2m}} = 0 \ \text{ soit } \ p_2 = \lambda(1-a)\left(1-\alpha\right)\frac{M}{x_{2m}}. \tag{59}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0 \quad \text{soit} \quad M = l_m^a \left[A x_{1m}^{\alpha} x_{2m}^{(1-\alpha)} \right]^{(1-a)}. \tag{60}$$

En divisant (57) par (58), on obtient :

$$x_{1m} = \frac{(1-a)\alpha w}{a p_{1m}(1+t_{1m})} l_m. \tag{61}$$

En divisant (57) par (59), on obtient :

$$x_{2m} = \frac{(1-a)(1-\alpha) w}{a p_2} l_m. \tag{62}$$

Donc si on insère (61) et (62) dans l'expression de la contrainte technologique, on obtient :

$$M = l_m^a \left\{ A \left[\frac{(1-a)\alpha w}{a p_{1m}(1+t_{1m})} l_m \right]^{\alpha} \left[\frac{(1-a)(1-\alpha) w}{a p_2} l_m \right]^{(1-\alpha)} \right\}^{(1-a)},$$

soit

$$w l_m = M \left\{ \frac{1}{A} \frac{a}{(1-a)} \alpha^{-\alpha} (1-\alpha)^{(\alpha-1)} p_2^{(1-\alpha)} \left[p_{1m}(1+t_{1m}) \right]^{\alpha} \right\}^{(1-a)} w^a, \tag{63}$$

et

$$\begin{aligned} p_2 x_{2m} &= M \left(\frac{a}{1-a} \right)^{-a} \left[\left(\frac{1}{A} \right)^{(1-a)} \alpha^{-\alpha(1-a)} (1-\alpha)^{(\alpha-1)(1-a)+1} \right] \\ & \quad w^a \left[p_2^{(1-\alpha)} \left\{ p_{1m}(1+t_{1m}) \right\}^{\alpha} \right]^{(1-a)}, \end{aligned} \tag{64}$$

et

$$\begin{aligned} p_{1m}(1+t_{1m}) x_{1m} &= M \left(\frac{a}{1-a} \right)^{-a} \left[\left(\frac{1}{A} \right)^{(1-a)} \alpha^{-\alpha(1-a)+1} (1-\alpha)^{(\alpha-1)(1-a)} \right] \\ & \quad w^a \left[p_2^{(1-\alpha)} \left\{ p_{1m}(1+t_{1m}) \right\}^{\alpha} \right]^{(1-a)}. \end{aligned} \tag{65}$$

Ainsi on peut écrire le coût total de la manière suivante :

$$C_T = wl_m + p_2 x_{2m} + p_{1m}(1 + t_{1m})x_{1m}$$

soit en y substituant (63), (64) et (65) :

$$\begin{aligned} C_T &= Mw^a \left[p_2^{(1-\alpha)} \{p_{1m}(1+t_{1m})\}^\alpha\right]^{(1-a)} \left(\frac{1}{A}\right)^{(1-a)} \alpha^{-\alpha(1-a)} \\ &\quad (1-\alpha)^{(\alpha-1)(1-a)} a^{-a}(1-a)^{(a-1)}. \end{aligned}$$

On peut donc maximiser le profit :

$$\max_M \{p_m M - C_T\}$$

ce qui donne, si on définit $CM = \frac{C_t}{M}$:

$$\max_M \{(p_m - CM)M\}.$$

Donc la fonction d'offre s'écrit :

$$M = \left\{ \begin{array}{c} 0 \text{ si } p_m < CM \\ [0; +\infty) \text{ si } p_m = CM \end{array} \right\}.$$

Ainsi le prix optimal doit être égal au coût moyen :
$w^a \left[p_2^{(1-\alpha)} \{p_{1m}(1+t_{1m})\}^\alpha\right]^{(1-a)} \left(\frac{1}{A}\right)^{(1-a)} \alpha^{-\alpha(1-a)}(1-\alpha)^{(\alpha-1)(1-a)} a^{-a}(1-a)^{(a-1)}$

De plus, si on réécrit l'expression $p_m = CM$ de la manière suivante :

$$w^a A^{(a-1)} \left[p_2^{(1-\alpha)} \{p_{1m}(1+t_{1m})\}^\alpha\right]^{(1-a)} a^{-a} \alpha^{\alpha(1-a)} (1-\alpha)^{-(\alpha-1)(1-a)} = p_m(1-a)^{(1-a)}$$

alors, l'expression de x_{2m} devient :

$$x^*_{2m} = \frac{p_m(1-a)\,(1-\alpha)\,M}{p_2},$$

L'expression de x_{1m} devient :

$$x^*_{1m} = \frac{p_m(1-a)\alpha M}{p_{1m}(1+t_{1m})},$$

L'expression de l_m devient :

$$l^*_m = \frac{p_m a M}{w},$$

6.2 Résolution du problème du consommateur

$$\max_{x_{1y},x_{1z},x_{2z},m_c} \{u\,(y,z,m_c) - v\,(e) + G\}$$

sous les contraintes :

$$R = w\overline{L} + \pi \geq p_{1y}(1+t_{1y})x_{1y} + p_{1z}(1+t_{1z})x_{1z} + p_2 x_{2z} + p_m m_c$$

$$y = f(x_{1y}) = c x_{1y}$$

$$z = g(x_{1z}, x_{2z}) = x^{\sigma}_{1z} x^{(1-\sigma)}_{2z}.$$

En posant :

$$u\,(y,z,m_c) = \beta_y \ln y + \beta_z \ln z + \beta_m \ln m_c,$$

on obtient le Lagrangien suivant :

$$\begin{aligned}L(x_{1y}, x_{1z}, x_{2z}, m_c) &= \beta_y c \ln x_{1y} + \beta_z \ln x_{1z}^{\sigma} x_{2z}^{(1-\sigma)} + \beta_m \ln m_c - v(e) \\ & -\lambda \left[p_{1y}(1+t_{1y})x_{1y} + p_{1z}(1+t_{1z})x_{1z} + p_2 x_{2z} + p_m m_c - R\right].\end{aligned}$$

Les conditions du premier ordre s'écrivent (sous les conditions de régularité standard) :

$$\frac{\partial L}{\partial x_{1y}} = 0 \quad \text{soit} \quad x_{1y} = \frac{c\beta_y}{\lambda p_{1y}(1+t_{1y})} \tag{66}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_{1z}} = 0 \quad \text{soit} \quad x_{1z} = \frac{\sigma\beta_z}{\lambda p_{1z}(1+t_{1z})} \tag{67}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_{2z}} = 0 \quad \text{soit} \quad x_{2z} = \frac{(1-\sigma)\beta_z}{\lambda p_2} \tag{68}$$

$$\frac{\partial L}{\partial m_c} = 0 \quad \text{soit} \quad m_c = \frac{\beta_m}{\lambda p_m} \tag{69}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0 \quad \text{soit} \quad p_{1y}(1+t_{1y})x_{1y} + p_{1z}(1+t_{1z})x_{1z} + p_2 x_2 + p_m m_c = R \tag{70}$$

soit, en remplacant x_{1y}, x_{1z}, x_2 et m_c par leurs expressions respectives (66), (67), (68) et (69) dans (70), on obtient :

$$p_{1y}(1+t_{1y})\frac{c\beta_y}{\lambda p_{1y}(1+t_{1y})} + p_{1z}(1+t_{1z})\frac{\sigma\beta_z}{\lambda p_{1z}(1+t_{1z})} + p_2\frac{(1-\sigma)\beta_z}{\lambda p_2} + p_m\frac{\beta_m}{\lambda p_m} = R,$$

ce qui nous donne :

$$\lambda = \frac{c\beta_y + \beta_z + \beta_m}{R}.$$

On peut alors réécrire les quantités de la manière suivante :

$$x_{1y}^{*}=\frac{\widetilde{\beta_y}R}{p_{1y}(1+t_{1y})}.$$

Donc la part du revenu du consommateur utilisée pour la consommation d'essence est :

$$\widetilde{\beta_y}=\frac{p_{1y}(1+t_{1y})x_{1y}}{R};$$

$$x_{1z}^{*}=\frac{\sigma\widetilde{\beta_z}R}{p_{1z}(1+t_{1z})}.$$

Donc la part du revenu du consommateur utilisée pour la consommation d'huile de chauffage est :

$$\sigma\widetilde{\beta_z}=\frac{p_{1z}(1+t_{1z})x_{1z}}{R};$$

$$x_{2z}^{*}=\frac{(1-\sigma)\widetilde{\beta_z}R}{p_2}.$$

Donc la part du revenu du consommateur utilisée pour la consommation de substitut est :

$$(1-\sigma)\widetilde{\beta_z}=\frac{p_2x_{2z}}{R};$$

$$m_c^{*}=\frac{\widetilde{\beta_m}R}{p_m}.$$

Donc la part du revenu du consommateur utilisée pour la consommation de bien industriel est :

$$\widetilde{\beta_m} = \frac{p_m m_c}{R}.$$

Avec

$$\widetilde{\beta_y} = \frac{c\beta_y}{\left(c\beta_y + \beta_z + \beta_m\right)} < 1,$$

$$\widetilde{\beta_z} = \frac{\beta_z}{\left(c\beta_y + \beta_z + \beta_m\right)} < 1,$$

$$\widetilde{\beta_m} = \frac{\beta_m}{\left(c\beta_y + \beta_z + \beta_m\right)} < 1,$$

et

$$\widetilde{\beta_y} + \widetilde{\beta_z} + \widetilde{\beta_m} = 1.$$

6.3 Calcul de T

$$T = t_{1z}p_{1z}x_{1z} + t_{1y}p_{1y}x_{1y} + t_{1m}p_{1m}x_{1m} + t_1 p_1 X_1^{USA}$$

soit

$$\begin{aligned} T &= t_{1y}\frac{\widetilde{\beta_y}R}{(1+t_{1y})} + t_{1z}\frac{\sigma\widetilde{\beta_z}R}{(1+t_{1z})} + t_{1m}\frac{\alpha\,(1-a)\left[\widetilde{\beta_m}R + M^0 p_m^{1-\theta}\right]}{(1+t_{1m})} \\ &\quad + t_1\frac{R}{(1+t_1)}\left\{\frac{\widetilde{\beta_y}}{(1+t_{1y})} + \frac{\sigma\widetilde{\beta_z}}{(1+t_{1z})} + \frac{\alpha\,(1-a)\,\widetilde{\beta_m}R}{(1+t_{1m})}\right\} + t_1\frac{\alpha\,(1-a)\,M^0 p_m^{1-\theta}}{(1+t_1)\,(1+t_{1m})}. \end{aligned}$$

Cela nous donne, en regroupant les termes :

$$T = \left\{ \frac{t_{1y} + \frac{t_1}{(1+t_1)}}{(1+t_{1y})} \right\} \widetilde{\beta_y} R + \left\{ \frac{t_{1z} + \frac{t_1}{(1+t_1)}}{(1+t_{1z})} \right\} \sigma \widetilde{\beta_z} R + \left\{ \frac{t_{1m} + \frac{t_1}{(1+t_1)}}{(1+t_{1m})} \right\} \alpha (1-a) \left[\widetilde{\beta_m} R + M^0 p_m^{1-\theta} \right]$$

soit

$$T = \widetilde{t_{1y}} \widetilde{\beta_y} R + \widetilde{t_{1z}} \sigma \widetilde{\beta_z} R + \widetilde{t_{1m}} \alpha (1-a) \left[\widetilde{\beta_m} R + M^0 p_m^{1-\theta} \right]$$

6.4 Calcul de R

$$\overline{L} = \frac{p_m a M}{w} + X_2 + \frac{\overline{X_1^I}}{b} + \frac{T}{w},$$

donc

$$w\overline{L} = a \left[\widetilde{\beta_m} R + M^0 p_m^{1-\theta} \right] + (1-a)(1-\alpha) \left[\widetilde{\beta_m} R + M^0 p_m^{1-\theta} \right] + (1-\sigma) \widetilde{\beta_z} R + \frac{w\overline{X_1^I}}{b} + T.$$

On a donc :

$$\begin{aligned} w\overline{L} &= a\widetilde{\beta_m} R + aM^0 p_m^{1-\theta} + (1-a)(1-\alpha) \widetilde{\beta_m} R + (1-a)(1-\alpha) M^0 p_m^{1-\theta} + (1-\sigma) \widetilde{\beta_z} R \\ &\quad + \frac{w\overline{X_1^I}}{b} + \widetilde{t_{1y}} \widetilde{\beta_y} R + \widetilde{t_{1z}} \sigma \widetilde{\beta_z} R + \widetilde{t_{1m}} \alpha (1-a) \widetilde{\beta_m} R + \widetilde{t_{1m}} \alpha (1-a) M^0 p_m^{1-\theta}, \end{aligned}$$

qui donne :

$$\begin{aligned} w\overline{L} &= \left[1 + \alpha (1-a) \left(\widetilde{t_{1m}} - 1 \right) \right] \left[\widetilde{\beta_m} R + M^0 p_m^{1-\theta} \right] + \left[1 + \sigma \left(\widetilde{t_{1z}} - 1 \right) \right] \widetilde{\beta_z} R \\ &\quad + \frac{w\overline{X_1^I}}{b} + \left[1 + \widetilde{t_{1y}} - 1 \right] \widetilde{\beta_y} R. \end{aligned}$$

On a alors :

$$
\begin{aligned}
w\overline{L} &= \widetilde{\beta_m}R+\widetilde{\beta_z}R+\widetilde{\beta_y}R-\frac{\widetilde{\beta_y}R}{(1+t_1)(1+t_{1y})}-\frac{\sigma\widetilde{\beta_z}R}{(1+t_1)(1+t_{1z})} \\
&\quad -\frac{\alpha(1-a)\left[\widetilde{\beta_m}R+M^0p_m^{1-\theta}\right]}{(1+t_1)(1+t_{1m})}+M^0p_m^{1-\theta}+\frac{w\overline{X_1^I}}{b},
\end{aligned}
$$

qui donne :

$$
\begin{aligned}
w\overline{L} &= R+M^0p_m^{1-\theta}\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)(1+t_{1m})}\right]+\frac{w\overline{X_1^I}}{b} \\
&\quad -\frac{R}{(1+t_1)}\left\{\frac{\widetilde{\beta_y}}{(1+t_{1y})}+\frac{\sigma\widetilde{\beta_z}}{(1+t_{1z})}+\frac{\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}}{(1+t_{1m})}\right\}.
\end{aligned}
$$

Au final, on obtient :

$$
\begin{aligned}
w\overline{L}+\pi &= R+M^0p_m^{1-\theta}\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)(1+t_{1m})}\right]+p_1\overline{X_1^I} \\
&\quad -\frac{R}{(1+t_1)}\left\{\frac{\widetilde{\beta_y}}{(1+t_{1y})}+\frac{\sigma\widetilde{\beta_z}}{(1+t_{1z})}+\frac{\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}}{(1+t_{1m})}\right\}
\end{aligned}
$$

car

$$
\pi = p_1\overline{X_1^I}-\frac{w}{b}\overline{X_1^I}
$$

6.5 Calcul de $\frac{dR}{dt_1}$:

Le calul de $\frac{dR}{dt_1}$ se fait à partir de l'expression de $w\overline{L}$, avec $t_{1y}=t_{1z}=t_{1m}=0$:

$$
w\overline{L}=R+\frac{w\overline{X_1^I}}{b}+M^0p_m^{1-\theta}\left\{1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right\}-\frac{R}{(1+t_1)}\left\{\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha(1-a)\widetilde{\beta_m}\right\}.
$$

Or, on a $R = w\overline{L} + p_1\overline{X_1^I} - \frac{w}{b}\overline{X_1^I}$, donc :

$$\begin{aligned} R - p_1\overline{X_1^I} + \frac{w}{b}\overline{X_1^I} &= R\left\{1 - \frac{\widetilde{\beta_y} + \sigma\widetilde{\beta_z} + \alpha\,(1-a)\,\widetilde{\beta_m}}{(1+t_1)}\right\} + \frac{w\overline{X_1^I}}{b} \\ &\quad + M^0 p_m^{1-\theta}\left\{1 - \frac{\alpha\,(1-a)}{(1+t_1)}\right\}, \end{aligned}$$

soit

$$\frac{R}{(1+t_1)}\left[\widetilde{\beta_y} + \sigma\widetilde{\beta_z} + \alpha\,(1-a)\,\widetilde{\beta_m}\right] = p_1\overline{X_1^I} + M^0 p_m^{1-\theta}\left\{1 - \frac{\alpha\,(1-a)}{(1+t_1)}\right\}.$$

.Par conséquent,

$$R = \frac{(1+t_1)}{\left(\widetilde{\beta_y} + \sigma\widetilde{\beta_z} + \alpha\,(1-a)\,\widetilde{\beta_m}\right)}\left\{p_1\overline{X_1^I} + M^0 p_m^{1-\theta}\left[1 - \frac{\alpha\,(1-a)}{(1+t_1)}\right]\right\}.$$

Ainsi on obtient la dérivée suivante :

$$\frac{dR}{dt_1} = \frac{R}{(1+t_1)} + \frac{(1+t_1)}{\left(\widetilde{\beta_y} + \sigma\widetilde{\beta_z} + \alpha\,(1-a)\,\widetilde{\beta_m}\right)}\left\{\begin{array}{c} \frac{dp_1}{dt_1}\overline{X_1^I} + (1-\theta)\,M^0 p_m^{-\theta}\frac{dp_m}{dt_1}\left[1 - \frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right] \\ +M^0 p_m^{1-\theta}\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)^2} \end{array}\right\},$$

qui se réécrit par le biais de quelques transformations :

$$\frac{dR}{dt_1} = \frac{R}{(1+t_1)} + \frac{1}{\left(\widetilde{\beta_y} + \sigma\widetilde{\beta_z} + \alpha\,(1-a)\,\widetilde{\beta_m}\right)}\left\{\begin{array}{c} \varepsilon p_1\overline{X_1^I} \\ +(1-\theta)\,\alpha\,(1-a)\,M^0 p_m^{1-\theta}\,(1+\varepsilon)\left[1 - \frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right] \\ +M^0 p_m^{1-\theta}\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)} \end{array}\right\}.$$

On sait que $p_1\overline{X_1^I} = \frac{R}{(1+t_1)}\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right) - M^0 p_m^{1-\theta}\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]$, donc on a :

$$\begin{aligned}
\frac{dR}{dt_1} &= \frac{R}{(1+t_1)}\left(1+\varepsilon\right) \\
&+\frac{1}{\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)}\left\{\begin{array}{c} -M^0 p_m^{1-\theta}\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]\varepsilon \\ +\left(1-\theta\right)\alpha\left(1-a\right)M^0 p_m^{1-\theta}\left(1+\varepsilon\right)\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right] \\ +M^0 p_m^{1-\theta}\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)} \end{array}\right\}.
\end{aligned}$$

En factorisant le terme entre crochets, on obtient :

$$\begin{aligned}
\frac{dR}{dt_1} &= \left(1+\varepsilon\right)\left\{\frac{R}{(1+t_1)}+\frac{M^0 p_m^{1-\theta}\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]\left[\left(1-\theta\right)\alpha\left(1-a\right)-1\right]}{\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)}\right\} \\
&\quad +\frac{M^0 p_m^{1-\theta}}{\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)}.
\end{aligned}$$

Enfin en substituant l'expression suivante :

$$\frac{M^0 p_m^{1-\theta}\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]}{\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)} = \frac{R}{(1+t_1)} - \frac{p_1\overline{X_1^I}}{\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)},$$

on obtient :

$$\begin{aligned}
\frac{dR}{dt_1} &= \left(1+\varepsilon\right)\left\{\frac{p_1\overline{X_1^I}}{\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)}+\frac{M^0 p_m^{1-\theta}\left[1-\frac{\alpha(1-a)}{(1+t_1)}\right]}{\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)}\left(1-\theta\right)\alpha\left(1-a\right)\right\} \\
&+\frac{M^0 p_m^{1-\theta}}{\left(\widetilde{\beta_y}+\sigma\widetilde{\beta_z}+\alpha\left(1-a\right)\widetilde{\beta_m}\right)}.
\end{aligned}$$

6.6 Calcul de la dérivée seconde du profit par rapport à p_1

Calculons la dérivée seconde du profit par rapport à p_1 :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2} = 2\frac{\partial D_1}{\partial p_1} + (p_1 - c)\frac{\partial^2 D_1}{\partial p_1^2}.$$

Le calcul de $\frac{\partial^2 D_1}{\partial p_1^2}$ nous donne :

$$\frac{\partial^2 D_1}{\partial p_1^2} = \frac{M^0 p_m^{1-\theta}}{p_1^3}\left[(1-\theta)\,\alpha\,(1-a) - 1\right]\left[(1-\theta)\,\alpha\,(1-a) - 2\right] - \epsilon\,(-\epsilon - 1)\,\eta p_1^{-\epsilon-2},$$

soit

$$\frac{\partial^2 D_1}{\partial p_1^2} = \frac{1}{p_1^2}\left\{D_1^{usa}\varepsilon_{D_1^{USA}}\left(\varepsilon_{D_1^{USA}} - 1\right) + D_1^{RDM}\varepsilon_{D_1^{RDM}}\left(\varepsilon_{D_1^{RDM}} - 1\right)\right\}.$$

Si on réécrit $\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2}$ de la manière suivante :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2} = \frac{D_1}{p_1}\left\{2\frac{p_1}{D_1}\frac{\partial D_1}{\partial p_1} - \frac{p_1}{\frac{\partial D_1}{\partial p_1}}\frac{\partial^2 D_1}{\partial p_1^2}\right\},$$

en considérant que :

$$\frac{p_1}{\frac{\partial D_1}{\partial p_1}}\frac{\partial^2 D_1}{\partial p_1^2} = -1 + \varepsilon_{D_1^{USA}}\left(\frac{\varepsilon_{D_1^{USA}}}{\varepsilon_{D_1}}\right)\frac{D_1^{USA}}{D_1} + \varepsilon_{D_1^{RDM}}\left(\frac{\varepsilon_{D_1^{RDM}}}{\varepsilon_{D_1}}\right)\frac{D_1^{RDM}}{D_1},$$

alors on obtient :

$$\frac{\partial^2 \pi_1}{\partial p_1^2} = \frac{D_1}{p_1}\frac{1}{\varepsilon_{D_1}}\left\{2\varepsilon_{D_1}^2 + \varepsilon_{D_1} - \varepsilon_{D_1^{USA}}^2\frac{D_1^{USA}}{D_1} - \varepsilon_{D_1^{RDM}}^2\frac{D_1^{RDM}}{D_1}\right\}.$$