

Prix du pétrole, prix industriels et production: une analyse macroéconomique d'équilibre général*

Graciela CHICHILNISKY

1 Introduction

L'activisme plus prononcé de l'OPEP au début de la décennie 1970 a entraîné certaines des modifications les plus importantes qu'ait connues l'économie internationale depuis la guerre. Ces bouleversements ont coïncidé avec une prise de conscience renouvelée des problèmes causés par la raréfaction des ressources naturelles et ont suscité d'importantes recherches en économie des ressources non renouvelables, recherches orientées vers l'optimalité intertemporelle et

* Ces recherches ont bénéficié de l'appui financier de la National Science Foundation Grant SES 7914050, UNITAR, et de la Rockefeller Foundation. L'auteure tient à remercier, pour leurs commentaires et suggestions, T. Agbeyegbe, Z. Fortuna, O. Hart, G. Heal, D. Horwell, S. Kojima, K. Mino, L. Matthiessen, O. Galor, H. Ryder, A. Sepahban, K. Smith, J. Stein, A. Ulph et A. Wierzbicki.

l'efficacité des trajectoires d'extraction dans le contexte de modèles de croissance à un secteur. Les effets de la structure de marché sur ces trajectoires et sur les prix ont également été abordés, notamment par Stiglitz (1974, 1976), Sweeney (1977) ainsi que Dasgupta et Heal (1979).

Si les problèmes qui viennent à l'esprit à propos des ressources minérales concernent le plus souvent des questions intertemporelles liées aux taux d'extraction, il n'en existe pas moins un certain nombre d'autres questions, liées à la fixation des prix de ces ressources, qui peuvent s'analyser dans un contexte statique d'équilibre général. En particulier, le prix des ressources affecte les prix relatifs de différents biens et services, les termes d'échanges internationaux et l'équilibre macroéconomique des pays utilisateurs. Évidemment, le prix des ressources extrayables n'est pas le seul à avoir un tel effet, mais la tarification des ressources ne fait pas moins partie des mesures politiques dont on a le plus discuté. On s'intéresse probablement autant à l'effet des prix du pétrole sur l'équilibre macroéconomique des pays utilisateurs, sur les termes d'échange internationaux et sur la distribution internationale de la richesse¹, qu'à leur effet sur les taux d'extraction. Dans ce chapitre, nous mettons l'accent sur le comportement des marchés internationaux de ressources et sur les limites qu'ils imposent aux exportateurs et aux importateurs.

Des travaux récents en économie internationale portent sur certains aspects de ces problèmes. Ainsi Corden (1971) a-t-il analysé l'effet à court terme des prix du pétrole sur l'économie mondiale, dans le cadre d'un modèle IS-LM à un secteur. Il arrive à la conclusion que la redistribution du revenu mondial en faveur de l'OPEP ne va pas sans augmenter globalement la propension à épargner. Ce modèle ne permet évidemment pas l'étude des effets des politiques pétrolières sur les seuls pays importateurs. Findlay et Rodriguez (1977) ainsi que Buitier (1978) ont analysé un modèle du type Fleming-Mundell, comprenant des importations de biens intermédiaires et où le prix nominal du pétrole est une variable exogène à laquelle doit s'ajuster une petite économie ouverte. Plus récemment, Findlay a étudié la relation existant entre le volume des exportations pétrolières d'un cartel et les niveaux de production et d'emploi à l'intérieur d'un pays importateur de pétrole, dans le cadre d'un modèle où le prix nominal

1. Le modèle de Bariloché (voir Chichilnisky (1977)) explore les effets à long terme, sur la production et la distribution des différentes régions, de modèles de croissance avec autosuffisance, mais ne dérive pas d'implications quant au fonctionnement des marchés internationaux ou aux principaux effets sur l'emploi, la production et les prix dans les économies industrialisées qui importent du pétrole.

d'un bien agrégé est endogène². A. Dixit (1981), J. Harkness (1980), J. Sachs (1982) et S. Djajic (1980) ont aussi écrit récemment sur ce sujet.

Contrairement à ces travaux, nous tentons ici de construire un modèle capable d'expliquer les réactions en équilibre général se produisant dans un pays importateur de pétrole à la suite des politiques de prix menées par un pays exportateur. Le pays importateur fait partie d'un marché concurrentiel, alors que l'exportateur est un monopoleur. Notre modèle développe de façon formelle la notion selon laquelle la fonction de demande à laquelle fait face le monopoleur se déplace par suite de ses propres actions, via l'effet des prix du pétrole sur l'équilibre général de la région importatrice. L'OPEP constitue certainement un exemple de monopole dont les actes ont des effets d'équilibre général très importants. On retrouve de tels effets dans de précédents modèles, dus à Pearce (1953, 1956), à Hahn (1977) et plus récemment à Hart (1982), ces deux derniers dans un contexte d'équilibre général³. Nous démontrerons ici que lorsque le monopoleur considère de tels effets d'équilibre général sur son marché, les implications qui en découlent au niveau des politiques à suivre diffèrent nettement de celles qui découlent de l'analyse de modèles d'équilibre partiel ou encore de modèles standard d'équilibre général.

2. Cependant, les hypothèses adoptées dans le modèle de Findlay excluent l'étude de certaines relations importantes entre offre de pétrole, production et prix lorsque les actions du cartel affectent à la fois la demande et l'offre de la région importatrice, un point qui est pourtant au cœur d'une bonne partie du présent débat Nord-Sud. Par exemple, dans ce modèle, le salaire nominal de la région importatrice est supposé fixe. De plus, il n'existe pas d'effets de rétroaction des salaires réels et des taux d'intérêt sur l'emploi, excepté via les effets d'encaisses réelles. Par ailleurs, cette région produit un unique bien agrégé, avec le résultat qu'une hausse de l'offre de pétrole accroît sans équivoque la production et l'emploi et réduit le niveau de prix de la région en question. À long terme, si l'on fait l'hypothèse qu'une hausse de l'emploi exerce un effet positif sur la demande d'encaisses réelles, on peut démontrer que le cartel pétrolier n'affecte pas le niveau d'emploi, mais fait plutôt diminuer les rendements des facteurs.

3. Ces articles sont reliés à notre modèle en ce sens qu'ils étudient les réactions en équilibre général de la demande aux politiques adoptées par un monopoleur. I. Pearce (1953, 1956) a considéré une économie fermée où la demande totale réagit dans un contexte d'équilibre général au comportement d'un monopoleur. Il a exploré les implications que l'on peut en tirer quant au comportement de cette « demande totale ». Plus récemment, Hahn (1977) a étudié des « équilibres conjecturels » d'une économie fermée, où une entreprise tente de considérer les répercussions en équilibre général de ses propres actions. Il appert que tous ces travaux sont reliés d'une façon non triviale à l'approche que nous suivons ici, laquelle est sans aucun doute la plus appropriée dans le cas de l'OPEP. Dans un article récent, O. Hart (1982) examine, dans un cadre d'équilibre général, le cas d'une entreprise en concurrence monopolistique qui peut affecter son propre marché. Ce cas diffère de celui que nous avons étudié ici en ce que les effets des politiques de l'entreprise s'exercent sur les autres entreprises plutôt que sur la demande à laquelle est confrontée l'entreprise elle-même.

Il est clair que la politique optimale de tarification par l'OPEP dépendra de l'élasticité de la demande de pétrole des pays importateurs. Il s'agit ici de l'élasticité totale, c'est-à-dire de celle qui tient compte de l'effet des prix du pétrole sur la production et l'emploi de ces pays. Mais comme l'ont mentionné Dasgupta et Heal (1979, chap. 11), il est très probable que cette élasticité change, car l'état d'équilibre de l'économie industrialisée se trouve perturbé lorsque varient les prix du pétrole. Par conséquent, la fonction de demande totale à laquelle est confronté l'exportateur peut être très complexe et son élasticité peut varier de façon marquée avec le prix, compte tenu des modifications macroéconomiques qui se produisent dans l'économie industrialisée au niveau de la production, de l'emploi et des prix. Une compréhension plus profonde de ce mécanisme serait d'un grand secours pour évaluer les conséquences de différentes politiques de tarification. Notre modèle jette les bases d'un tel projet. De plus, lorsqu'on tient compte des effets d'équilibre général des politiques du monopole, il est clair que les prix du pétrole peuvent affecter ceux des biens importés par l'exportateur pétrolier et donc l'élasticité « réelle » de la demande de pétrole, mesurée en termes du pouvoir d'achat de biens industriels que possède l'exportateur. Tout ceci est formalisé par notre modèle: nous retraçons ces effets à travers les divers équilibres du modèle, résultant du fonctionnement de tous les marchés du pays importateur: marchés des biens industriels et des biens de consommation; marchés des trois facteurs de production.

Nous démontrons que si, initialement, les prix industriels sont bas, une augmentation des prix du pétrole provoquera une hausse des revenus réels de l'exportateur, en termes des biens industriels qu'il importe. Ainsi, l'élasticité réelle de la demande de pétrole excède l'unité en ce cas. La politique optimale de l'exportateur pétrolier est alors de hausser ses prix.

Cependant, au-delà d'un certain prix \bar{p}_0 , de nouvelles hausses produiraient le résultat contraire: les revenus réels de l'exportateur diminueraient. En effet, les exportations totales de biens industriels pourraient baisser, soit à cause d'une chute du taux de profit et de la production de ces biens, soit encore à cause des effets de revenu se manifestant dans les pays industrialisés. Dans ce dernier cas, à mesure que le prix du pétrole augmente, la demande nationale de biens industriels augmente plus vite que l'offre. Par conséquent, en équilibre général, à un prix du pétrole plus élevé est associé un volume plus faible d'exportations de biens industriels. Dans le pays industrialisé, on assiste également à une réaction non linéaire. En effet, lorsque le prix du pétrole est bas, une hausse de ce prix entraîne des rendements élevés sur le capital domestique ainsi qu'une production globale plus

importante. Au contraire, si le prix est initialement élevé, l'effet opposé a lieu. Le présent chapitre a pour but d'analyser les conditions spécifiques sous lesquelles prévalent ces différents « régimes », de même que leur effet sur la production et l'emploi dans une économie industrialisée.

La relation existant entre capital et énergie constitue une autre question fort débattue, que ce chapitre peut contribuer à éclaircir. Y a-t-il complémentarité ou substituabilité? Les études empiriques fournissent des réponses ambiguës (voir Berndt et Wood (1979)) selon lesquelles on rencontre, dans certains pays, le premier type de relation et dans d'autres, le second. Lors de l'analyse qui suit, nous démontrons qu'en certaines circonstances, une hausse du prix du pétrole conduira à une augmentation du rendement du capital en équilibre général alors que, dans un contexte différent, la situation inverse peut prévaloir. On peut interpréter le premier cas comme signifiant qu'au niveau agrégé, capital et pétrole se comportent comme des substitués, au sens où une hausse du prix d'un facteur augmente la demande et les prix des facteurs substitués. Quant au second cas, il peut être interprété comme reflétant une relation de complémentarité. Par conséquent, la relation agrégée entre le prix du capital et celui de l'énergie, pour les divers équilibres, peut être soit de complémentarité soit de substituabilité, selon les valeurs des différents paramètres et variables endogènes. Chichilnisky et Heal (1982) ont déjà étudié cette question plus en détail.

2 Un modèle macroéconomique d'équilibre général

Le modèle que nous utilisons ici est basé sur Chichilnisky (1981), mais nous y incluons en plus le pétrole en tant qu'*input* importé, faisant l'objet d'échange contre des biens industriels. Un certain nombre de caractéristiques présentes dans le modèle y ont été introduites dans le but principal de conserver une certaine maniabilité à l'analyse de statique comparée. Elles ne sont toutefois pas essentielles aux résultats. Il s'agit de l'hypothèse des procédés de production à coefficients fixes, ainsi que de l'hypothèse classique extrême d'épargne, selon laquelle la totalité des salaires servent à la consommation. La technologie Leontieff permet d'obtenir des équations de prix peu complexes, alors que l'hypothèse classique sur l'épargne simplifiée, quant à elle, certaines relations prévalant d'un équilibre à l'autre. Toutes deux peuvent être relâchées sans que cela ne modifie l'aspect qualitatif fondamental des résultats. On pourrait, par exemple, obtenir des résultats semblables en utilisant des fonctions de production Cobb-Douglas ainsi qu'une fonction d'épargne plus générale.

Cela n'irait toutefois pas sans accroître fortement la complexité du modèle.

L'économie du pays industrialisé est représentée par un modèle concurrentiel d'équilibre général, où deux biens sont produits à l'aide de trois facteurs de production. En plus des hypothèses déjà mentionnées sur la production et l'épargne, nous supposons que l'offre des facteurs dans cette économie réagit aux prix réels de ces facteurs. L'offre de travail est donc fonction croissante du salaire réel, et l'offre de capital, fonction croissante du rendement réel du capital. Cette hypothèse sur l'offre de travail est tout à fait familière. Par contre, celle portant sur l'offre de capital exige peut-être certains éclaircissements. En fait, nous avons en tête une situation où le stock de capital de l'économie est composé de machines datant de différentes périodes et qui, par conséquent, diffèrent au niveau de leur efficacité. La fraction de ce stock que l'on utilisera à l'équilibre dépendra donc du prix des facteurs, augmentant ainsi avec le prix du capital⁴. Autre façon de voir les choses: cette hypothèse peut signifier qu'il existe une certaine forme de mobilité des facteurs dans la région. De plus, on suppose que l'offre de facteurs dépend linéairement de leur rémunération réelle. On doit cependant noter que, malgré la linéarité des équations d'offre de facteurs et des fonctions de production, les aspects du modèle portant sur l'offre, la demande et la production interagissent de telle façon que les relations d'équilibre et de statique comparée qui en résultent sont hautement non linéaires. Dans certains cas, elles sont même du quatrième degré.

Le pays industrialisé produit un bien de consommation et un bien industriel, respectivement représentés par B et I. Il existe trois facteurs de production: la main-d'œuvre L, le capital K et le pétrole θ . Ce dernier ne fait pas l'objet de production à l'intérieur même du pays. Afin de simplifier l'analyse, les fonctions de production du pays en question sont à proportions fixes de facteurs:

$$(1) \quad B = \min (L^B/a_1, \theta^B/b_1, K^B/c_1)$$

où L^B , θ^B et K^B dénotent les quantités de main-d'œuvre, de pétrole et de capital utilisées pour produire le bien de consommation; a_1 , b_1 et

4. Mentionnons, comme exemple, des centrales thermiques utilisant du pétrole. Supposons qu'il y en ait plusieurs, datant de différentes années et fonctionnant donc à différents coûts: il arrive communément que l'on fasse opérer par intermittence les centrales à coût plus élevé, suivant en cela les changements qui se produisent dans les prix relatifs.

c_1 sont les coefficients techniques reliant facteurs et production. De même, la fonction de production du bien industriel est la suivante:

$$(2) \quad I = \min (L^1/a_2, \theta^1/b_2, K^1/c_2)$$

Les équations concurrentielles de prix associés ou duals sont donc:

$$(3) \quad p_B = a_1 w + b_1 p_O + c_1 r p_1$$

et

$$(4) \quad p_1 = a_2 w + b_2 p_O + c_2 r p_1$$

où w représente les salaires, p_O , le prix du pétrole, r , la quasi-rente du capital, p_1 le prix du bien industriel et p_B , le prix du bien de consommation B. $p_1 r$, qui constitue une approximation pour le coût d'usage du capital, est donc considéré comme un coût. Bien qu'avec les deux fonctions de production on utilise les facteurs en proportions fixes, nous ferons ci-dessous l'hypothèse que ces fonctions possèdent des coefficients pétrole-production très différents. De plus, nous démontrerons que les structures de demande impliquent que B et I soient substituables. Ces deux propriétés du modèle supposent l'existence de substitutions dans l'utilisation des facteurs, et ce pour toute l'économie. Dans certains cas, que nous passerons en revue plus bas, cela implique également d'importantes modifications dans l'élasticité de la demande pour le pétrole, considéré en tant qu'*input*. Nous supposons que l'offre des facteurs est sensible à leur prix. Si le prix du bien de consommation constitue l'unité de mesure, alors l'offre de travail réagit aux salaires réels⁵:

$$(5) \quad L = \alpha \left(\frac{w}{p_B} \right) \quad \alpha > 0$$

et le capital est fonction du taux de profit r , c'est-à-dire:

$$(6) \quad K = \beta r \quad \beta > 0$$

Nous formulons ensuite le comportement de la demande, postulant qu'à l'équilibre, la valeur de la consommation B est égale au revenu salarial:

$$(7) \quad p_B B^D = wL$$

5. En général, α est une constante positive ou négative.

Les conditions d'équilibre prévalant sur le marché sont les suivantes:

$$(8a) \quad L^D = L^B + L^I$$

$$(8b) \quad K^D = K^B + K^I$$

$$(8c) \quad \theta^D = \theta^B + \theta^I$$

$$(8d) \quad K = c_1 B^S + c_2 I^S \text{ (c'est-à-dire } K^S = K^D)$$

$$(8e) \quad L = a_1 B^S + a_2 I^S \text{ (c'est-à-dire } L^S = L^D)$$

$$(8f) \quad B^D = B^S$$

$$(8g) \quad \theta^S = \theta^D$$

$$(8h) \quad I^D + X = I^S$$

et

$$(8i) \quad p_1 X = p_0 \theta$$

où X dénote les exportations de I, et où les indices supérieurs D et S représentent la demande et l'offre domestiques. La dernière équation concerne la balance des paiements. Elle suppose que le pays industrialisé ne produit pas de pétrole et que, par conséquent, tout le pétrole qu'il utilise est importé ($\theta^D = \theta$).

L'identité du revenu national (la demande nationale est égale au revenu national) que l'on retrouve dans ce modèle:

$$(9) \quad p_B B^D + p_1 I^D = wL + r p_1 K$$

est toujours satisfaite à l'équilibre⁶.

6. On peut le vérifier aisément en remplaçant, dans le membre de gauche de l'équation (9), p_B et p_1 par leurs valeurs données en (3) et (4):

$$\begin{aligned} p_B B + p_1 I^D &= (a_1 w + b_1 p_0 + c_1 r p_1) B \\ &+ (a_2 w + b_2 p + c_2 r p) (I^S - X) \\ &= w(a_1 B + a_2 I^S) + r p_1 (c_1 B + c_2 I^S) \\ &+ p_0 (b_1 B + b_2 I^S) - X(w a_2 + r c_2 p_1 + p_0 b_2) \\ &= wL + r p_1 K + p_0 \theta - p_1 X \end{aligned}$$

Puisque, à l'équilibre, $p_0 \theta = p_1 X$, on obtient (9).

En bref, les variables exogènes du modèle sont les coefficients techniques ($a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2$) ainsi que les paramètres α et β indiquant les réactions de l'offre intérieure des facteurs à leurs prix. Le modèle se présente de façon concise sous la forme d'un système comprenant cinq équations de comportement, (1), (2), (5), (6) et (7), et neuf conditions d'équilibre, (8a) à (8i). Les variables endogènes, elles, sont: l'offre de I, I^S ; la demande de I, I^D ; les exportations de I, X; l'offre de B, B^S ; la demande de B, B^D ; l'offre de travail, L^S ; la demande de travail, L^D ; l'offre de capital, K^S ; la demande de capital, K^D ; l'offre de pétrole, θ^S ; la demande de pétrole, θ^D ; ainsi que les prix prévalant sur chacun des cinq marchés, à savoir: le taux de profit, r , les salaires, w , le prix de B, p_B , le prix de I, p_I et le prix du pétrole, p_O .

Il y a donc 14 équations à 16 inconnues. Par conséquent, en procédant comme d'habitude en contexte d'équilibre général, nous pouvons résoudre le système, sauf pour un paramètre, à condition de considérer l'un des biens comme numéraire. Le prix du pétrole sera le paramètre exogène. Les prix que l'on obtient pour les autres biens sont alors des prix relatifs. Puisque les termes d'échange entre pétrole et biens industriels constituent une importante variable endogène du modèle et aussi afin de faciliter une éventuelle interprétation empirique des résultats, nous choisissons B comme numéraire et posons $p_B = 1$.

3 Prix du pétrole, prix industriels et revenus d'exportation

La prochaine étape est l'analyse des réactions en équilibre général de l'économie industrialisée à des modifications du prix exogène du pétrole. Il s'agit en bonne partie d'un exercice de statique comparée, ce qui implique donc un certain nombre de calculs, dont la plupart se retrouvent à l'appendice. Ce que l'on constate fondamentalement, c'est qu'à mesure que varie le prix du pétrole, les équilibres du modèle déterminent généralement une famille à un paramètre, c'est-à-dire une courbe dans l'espace des variables endogènes. Le long de cette courbe, taux de salaires, taux d'intérêt, prix des biens, niveaux de production, prix relatifs des importations et exportations (c'est-à-dire termes d'échange) et enfin quantités d'exportations sont tous reliés de façon endogène. Afin d'étudier le comportement de ces variables d'un équilibre à l'autre, nous faisons certaines hypothèses sur la technologie qui faciliteront nos calculs, entre autres quelques schématisations au sujet de la production des biens industriels et de consommation. Ce sont les suivantes:

- I $M = a_1 b_2 - a_2 b_1 > 0$, c'est-à-dire que la production du bien industriel et celle du bien de consommation exigent respectivement des quantités élevées de pétrole et de main-d'œuvre;

- II $c_1 = 0$, de sorte que la fabrication du bien de consommation ne requiert aucun capital;
- III b_1 est petit, de sorte que la production du bien de consommation n'exige que peu de pétrole.

L'hypothèse II n'est pas strictement nécessaire à l'obtention des résultats. En effet, la seule exigence est que la production de B requiert beaucoup moins de capital que celle de I, de sorte qu'il puisse y avoir substitution dans l'utilisation agrégée des facteurs. B pourrait être, par exemple, un bien à intensité relativement forte en main-d'œuvre et ne faisant pas l'objet de commerce, tel un service. Pour diverses valeurs de c_1 , petites mais non nulles, nos simulations sur ordinateur donnent des résultats similaires.

On démontre en appendice que la relation prévalant d'un équilibre à l'autre entre, d'une part, le prix du bien industriel relativement à celui du bien de consommation, p_1 , et, d'autre part, le prix relatif du pétrole par rapport au même bien de consommation, p_0 , est la suivante:

$$(10) \quad \frac{\partial p_1}{\partial p_0} = \frac{M(a_1 + b_1 \gamma p_0 (b_1 p_0 - 1)) - (a_2 + p_0 M) \gamma b_1 (2p_0 b_1 - 1)}{(a_1 + \gamma b_1 p_0 (p_0 b_1 - 1))^2}$$

$$\text{où} \quad \gamma = \frac{\alpha}{\beta} \frac{c_2^2}{\alpha_2}$$

L'équation (10) implique que si la condition III est satisfaite (b_1 est petit) et que prévaut le régime A du théorème 1, c'est-à-dire $\alpha c_2^2 < 2\beta a_1 a_2$, alors le prix relatif du bien industriel par rapport au bien de base p_1 augmente toujours lorsque le prix relatif du pétrole est à la hausse. Le fait que soit requis un faible b_1 est conforme à l'intuition: cela signifie, en effet, que la fabrication du bien industriel exige une quantité relativement forte de pétrole, si bien qu'il est naturel que son prix augmente en même temps que celui du pétrole. Par contre, si b_1 est assez élevé, on ne sait pas avec certitude quel bien nécessite le plus de pétrole. En ce cas, il est possible que les prix relatifs des deux biens réagissent de façon plus complexe au prix du pétrole p_0 .

Il s'agit ensuite d'analyser la manière dont le taux de profit r varie avec le prix du pétrole. Les expressions pertinentes sont:

$$(11) \quad r = \frac{\alpha c_2 b_1}{\beta a_1 a_2} (p_0 - b_1 p_0^2)$$

$$\frac{\partial r}{\partial p_0} = \frac{\alpha c_2 b_1}{\beta a_1 a_2} (1 - 2p_0 b_1)$$

r est une fonction quadratique de p_0 , qui est nulle lorsque p_0 est nul ou égal à $1/b_1$, et atteint son maximum lorsque $p_0 = 1/2b_1$.

Ces différentes relations sont représentées au graphique 1. On peut les comprendre intuitivement en se référant à l'introduction de ce chapitre, où il est fait mention des relations de complémentarité ou de substituabilité entre capital et pétrole. Une hausse du prix du pétrole provoque toujours deux effets sur la demande de capital, un effet de substitution et un effet de revenu. Le premier entraîne la substitution de pétrole par du capital. Ceci se produit dans le présent modèle, non pas à cause d'un déplacement le long des isoquants (puisque chaque entreprise utilise les facteurs en proportions fixes), mais bien plutôt parce que les prix relatifs des biens à forte intensité en pétrole et en capital changent, provoquant des perturbations dans les structures de demande et de production. Les niveaux relatifs d'emploi des facteurs s'en trouvent, par conséquent, modifiés. Quant à l'effet de revenu, il reflète simplement le fait qu'une hausse du prix du pétrole abaisse le revenu et donc la demande dans l'économie du pays industrialisé, ce qui tendrait à diminuer le rendement du capital. Si nous examinons le graphique 1, nous pouvons constater que pour de bas prix du pétrole, l'effet de substitution d'une hausse de prix domine, alors qu'à des prix élevés, l'effet de revenu est le plus important. Or, il est couramment admis que des hausses de prix du pétrole abaissent le rendement du capital dans les économies industrialisées, ce qui tendrait à suggérer qu'en termes de notre modèle, les prix courants du pétrole doivent se situer quelque part dans l'intervalle compris entre $1/2b_1$ et $1/b_1$.

La dépendance de r par rapport à p_0 est également liée à la question de la complémentarité ou substituabilité du pétrole et du capital. Chichilnisky et Heal (1982) traitent ce sujet plus en profondeur. Nous nous contentons ici de noter que comme l'offre de capital s'accroît avec r , selon l'équation (6), il s'ensuit que, d'un équilibre à l'autre, la quantité de capital utilisée doit d'abord augmenter, puis diminuer, avec le prix du pétrole. Cela signifie que d'un équilibre à l'autre, l'élasticité-prix croisée de la demande entre pétrole et capital est tout d'abord positive et devient par la suite négative, ce qui implique que la relation initiale de substituabilité en devient une de complémentarité. Notons en passant que l'élasticité à laquelle il est fait référence ici correspond à celle que l'on retrouve dans Chichilnisky et Heal (1982) sous le nom d'élasticité-prix croisée totale.

Il est démontré dans l'appendice que les exportations du pays industrialisé vers le pays exportateur de pétrole satisfont aux conditions suivantes:

$$(12) \quad X = \beta \left(\frac{a_1 r}{D} - r^2 \right)$$

et

$$\frac{\partial X}{\partial p_0} = \beta \left(\frac{a_1}{D} - 2r \right) \frac{\partial r}{\partial p_0}$$

On peut distinguer deux cas. Dans le premier cas, r possède $a_1/2D$ comme limite supérieure, auquel cas $\partial x/\partial p_0$ est de même signe que $\partial r/\partial p_0$; si au contraire r dépasse $a_1/2D$, alors $\partial x/\partial p_0$, d'abord négative, devient positive lorsque p_0 augmente, tandis que $\partial r/\partial p_0$, d'abord positive, deviendra négative. Ce premier cas n'est pas difficile à interpréter: à mesure qu'augmente le taux d'intérêt, l'offre de capital s'accroît et, avec elle, l'offre de biens industriels à forte intensité en capital. Les exportations de ces biens augmentent. Inversement, si le taux d'intérêt baisse, il y a chute de la quantité de capital employée, de la production de biens industriels et des exportations. Cela est représenté au graphique 1. Le second cas, plus complexe, correspond au graphique 2. Lorsque p_0 et r à sa suite augmentent, les exportations s'accroissent aussi longtemps que $r < a_1/2D$. Lorsque r atteint $a_1/2D$, les exportations chutent tant que r continue à augmenter, puis se remettent à s'accroître lorsque r commence à baisser, et ce jusqu'à ce que r atteigne à nouveau $a_1/2D$. Par la suite, X et r diminuent tous deux à mesure que p_0 augmente. Ce qui se produit alors, c'est que, lorsque p_0 augmente, r augmente aussi et, avec lui, l'offre de capital et la production de biens industriels, tout comme auparavant. Cependant, dans ce cas, les paramètres du système sont tels qu'une hausse des profits, lesquels servent en totalité à l'achat de biens industriels (voir équations (9) et (7)), entraîne un accroissement de la demande de ces biens, qui en vient à dépasser l'offre. Par conséquent, les exportations chutent, puisqu'elles représentent la différence entre l'offre et la demande. Il est facile de le constater si l'on remarque que ce cas survient lorsque:

$$r_{\max} > a_1/2D$$

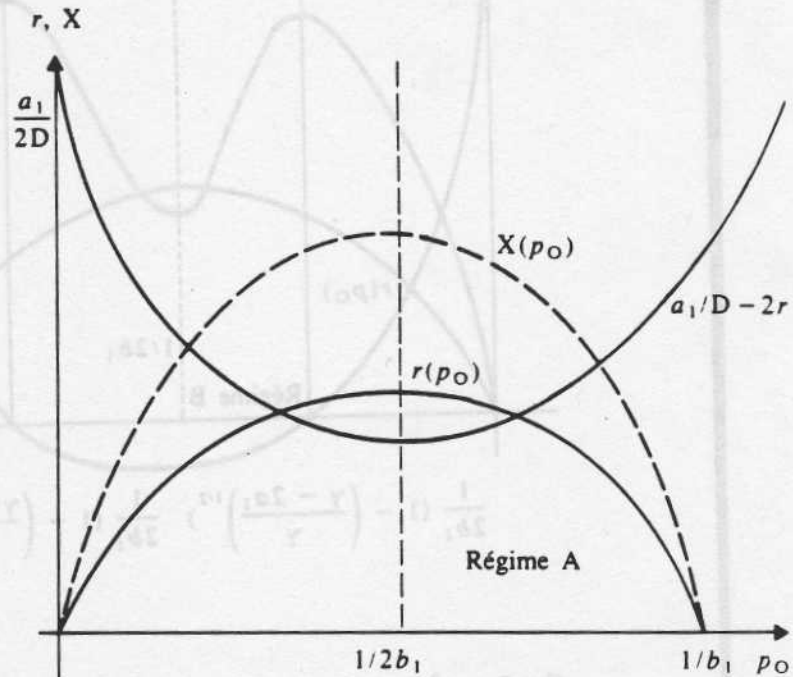
ce qui se produit si et seulement si:

$$c_2^2 > \frac{2\beta}{\alpha} a_1 a_2$$

c_2 est le rapport capital-production en vigueur dans le secteur des biens industriels. Plus il est élevé et plus petite est β , la sensibilité du capital aux taux d'intérêt, plus faible sera alors la réaction de la production de biens industriels à l'offre de capital et donc à r et p_0 . Et

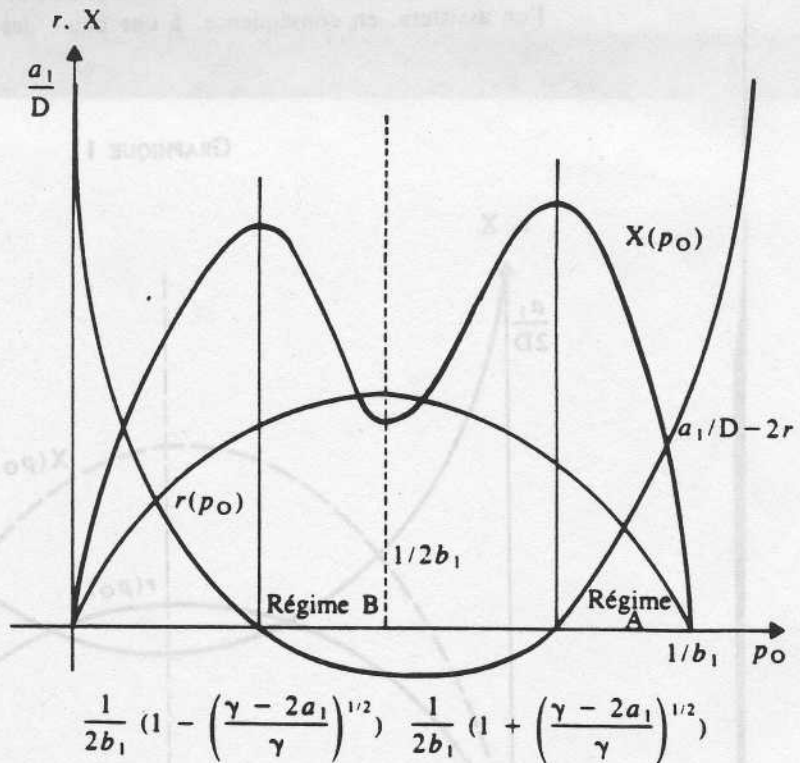
il est évident que plus cette réaction est faible, plus il est probable que l'accroissement de l'offre restera inférieur à celui de la demande et que l'on assistera, en conséquence, à une chute des exportations.

GRAPHIQUE I



Cas 1: $\alpha c_2^2 < 2\beta a_1 a_2$, c'est-à-dire que la limite supérieure de r est toujours $a_1/2D$. En ce cas, le volume des exportations X augmente tout d'abord avec le prix du pétrole. Cependant, pour $p_0 > 1/2b_1$, X décroît lorsqu'il y a des hausses additionnelles de p_0 . Ce comportement de X est dû à l'effet des prix du pétrole sur le taux de profit de l'économie industrialisée.

GRAPHIQUE 2



Cas 2: $\alpha c_2^2 > 2\beta a_1 a_2$, de sorte que r dépasse $a_1/2D$ pour

$$\frac{1}{2b_1} \left(1 - \left(\frac{\gamma - 2a_1}{\gamma}\right)^{1/2}\right) \leq p_0 \leq \frac{1}{2b_1} \left(1 + \left(\frac{\gamma - 2a_1}{\gamma}\right)^{1/2}\right).$$

En ce cas, le régime B résulte des effets de revenu se manifestant d'un équilibre à l'autre: des hausses du prix du pétrole augmentent le taux de profit r , mais ceci provoque également des accroissements dans la demande qui sont plus forts que les accroissements dans l'offre de biens industriels à l'intérieur de l'économie industrialisée. Dans le régime A, on assiste au même phénomène mais, puisque r décroît avec p_0 dans ce cas, l'effet total est que le volume des exportations augmente avec p_0 .

Nous sommes maintenant prêts à énoncer les principaux résultats de cette section.

Théorème 1: Si le prix initial p_0 du pétrole est faible, une hausse de ce prix augmentera le volume des exportations de biens industriels X . Cependant, à partir d'une certaine valeur \bar{p}_0 , des hausses additionnelles du prix de la ressource entraîneront plutôt une baisse du volume de biens industriels exportés X . Deux possibilités existent alors:

A. $\alpha c_2^2 \leq 2\beta a_1 a_2$. En ce cas, des hausses du prix du pétrole au-delà de $\bar{p}_0 = 1/2b_1$ abaissent le taux de profit r dans l'économie du pays industrialisé, ce qui décroît la quantité totale de capital disponible et, par conséquent, l'offre intérieure de biens industriels ainsi que les exportations de ces biens (voir graphique 1).

B. $\alpha c_2^2 > 2\beta a_1 a_2$. On a maintenant:

$$\bar{p}_0 = \frac{1}{2b_1} \left(1 - \left(\frac{\gamma - 2a_1}{\gamma} \right)^{1/2} \right).$$

Entre \bar{p}_0 et $1/2b_1$, des hausses du prix du pétrole augmentent le taux de profit mais diminuent les exportations de biens industriels. Lorsque $\frac{1}{2b_1} < p_0 < \frac{1}{2b_1} \left(1 + \left(\frac{\gamma - 2a_1}{\gamma} \right)^{1/2} \right)$, une augmentation des prix de la ressource abaisse le taux de profit et accroît les exportations. Enfin, pour des prix encore plus élevés, les exportations et le taux de profit chutent tous deux lorsque p_0 augmente (voir graphique 2).

La preuve de ce théorème se trouve à l'appendice.

Le dernier point d'intérêt dont nous discuterons dans cette section concerne la relation entre le prix du pétrole et l'élasticité de la demande à laquelle est confronté l'exportateur de cette ressource. Nous portons ici notre attention sur l'élasticité réelle de la demande. Le revenu réel de l'exportateur de pétrole est $p_0 \theta / p_1$, puisqu'il n'achète que des biens industriels. Par conséquent, il est naturel de définir l'élasticité réelle de la façon suivante:

$$\eta = \frac{\partial \left(\frac{\theta}{p_1} \right)}{\partial p_0} \frac{p_0 p_1}{\theta}$$

Dans l'appendice, il est démontré que:

$$\eta > -1 \text{ si et seulement si } \partial X / \partial p_0 > 0$$

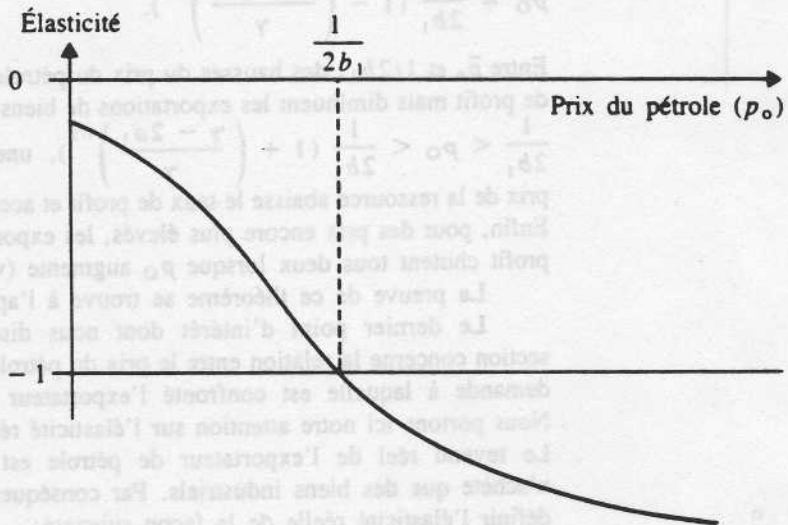
$$\eta < -1 \text{ si et seulement si } \partial X / \partial p_0 < 0$$

Il s'ensuit que le comportement de l'élasticité de la demande par rapport au niveau de prix est tel que représenté dans les graphiques 3 et 4 pour les cas A et B du théorème 1.

Ces résultats confirment l'intuition énoncée précédemment: l'élasticité de la demande à laquelle fait face l'exportateur de pétrole varie avec l'équilibre qui prévaut dans le pays consommateur de cette ressource⁷. Une telle complexité dans la relation de demande (voir graphique 4) a des implications importantes en ce qui regarde la politique optimale de tarification à long terme d'un monopole; en particulier, le prix doit monter à un taux qui diffère du taux d'intérêt par un écart dépendant du taux de variation de l'élasticité de la demande (Dasgupta et Heal (1979), chap. 12). Ces implications sont exposées dans Chichilnisky, Heal et Sepahban (1983).

GRAPHIQUE 3

Élasticité de la demande en fonction de p_0 ,
lorsque $\alpha c_2^2 < 2\beta a_1 a_2$



7. On peut également calculer l'élasticité nominale de la demande de pétrole ϵ directement à partir de sa définition, $\epsilon = \frac{\partial \theta}{\partial p_0} \frac{p_0}{\theta}$. De (12), on tire :

$$\epsilon = \frac{2b_1 p_0 (a_1 b_2 + a_2 b_1) (r - b_1 p_0)}{(1 - b_1 p_0) (a_1 b_2 b_1 p_0 + a_2 b_1 (1 - b_1 p_0))}$$

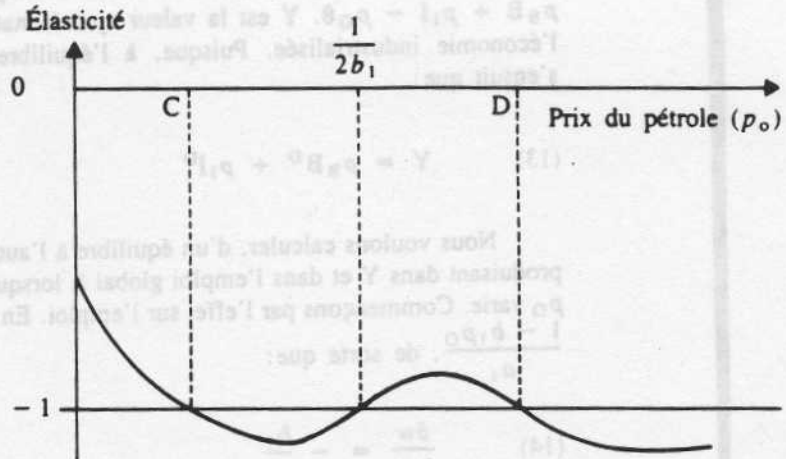
$$\text{où } r = \frac{a_1 b_2 - 2a_2 b_1}{2(a_1 b_2 + a_2 b_1)}$$

Par conséquent, on constate que l'élasticité varie avec le prix du pétrole p_0 .

GRAPHIQUE 4

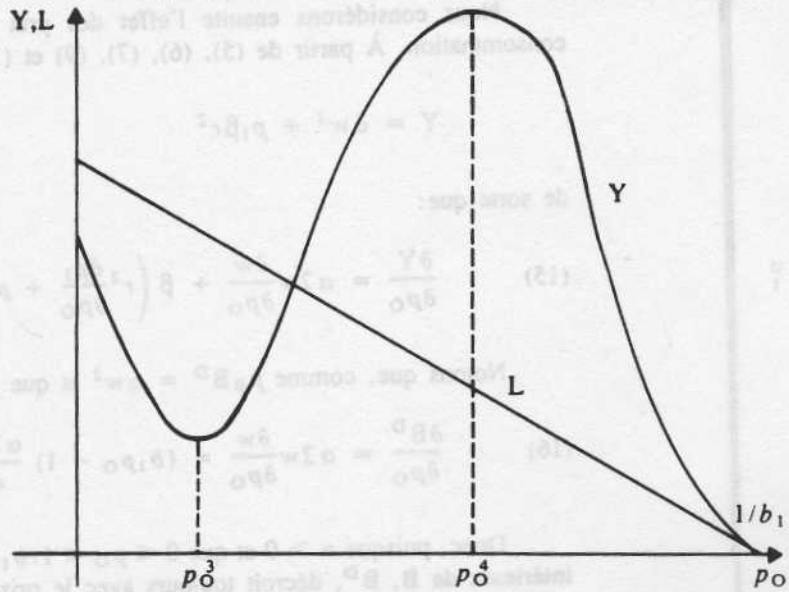
Élasticité de la demande en fonction de p_0 ,
lorsque $\alpha c_2^2 < 2\beta a_1 a_2$.

Ici, C et D sont $\frac{1}{2b_1} (1 \pm \left(\frac{\gamma - 2a_1}{\gamma}\right)^{1/2})$ respectivement.



GRAPHIQUE 5

Le comportement, d'un équilibre à l'autre, de la production et de l'emploi globaux, lorsqu'il y a hausse du prix du pétrole



4 Production et emploi dans le pays industrialisé

Examinons maintenant les effets de variations du prix du pétrole sur les niveaux globaux de production et d'emploi dans le pays industrialisé, d'un équilibre à l'autre.

Soit Y la valeur totale de la production intérieure (nette), c'est-à-dire la production totale moins la valeur des *inputs* importés: $Y = p_B B + p_1 I - p_0 \theta$. Y est la valeur ajoutée nationale globale dans l'économie industrialisée. Puisque, à l'équilibre, $p_0 \theta = p_1 X$, il s'ensuit que:

$$(13) \quad Y = p_B B^D + p_1 I^D$$

Nous voulons calculer, d'un équilibre à l'autre, les variations se produisant dans Y et dans l'emploi global L lorsque le prix du pétrole p_0 varie. Commençons par l'effet sur l'emploi. En vertu de (26), $w = \frac{1 - b_1 p_0}{a_1}$, de sorte que:

$$(14) \quad \frac{\partial w}{\partial p_0} = - \frac{b_1}{a_1}$$

Par conséquent, comme $L = \alpha w$, des hausses de p_0 diminuent toujours l'emploi global lorsque $\alpha > 0$.

Nous considérons ensuite l'effet des prix du pétrole sur la consommation. À partir de (5), (6), (7), (9) et (13), on obtient:

$$Y = \alpha w^2 + p_1 \beta r^2$$

de sorte que:

$$(15) \quad \frac{\partial Y}{\partial p_0} = \alpha 2w \frac{\partial w}{\partial p_0} + \beta \left(r^2 \frac{\partial p_1}{\partial p_0} + p_1 2r \frac{\partial r}{\partial p_0} \right)$$

Notons que, comme $p_B B^D = \alpha w^2$ et que $p_B = 1$:

$$(16) \quad \frac{\partial B^D}{\partial p_0} = \alpha 2w \frac{\partial w}{\partial p_0} = (b_1 p_0 - 1) \frac{\alpha 2b_1}{a_1^2}$$

Donc, puisque $\alpha > 0$ et que $0 \leq p_0 \leq 1/b_1$, la consommation intérieure de B , B^D , décroît toujours avec le prix du pétrole.

Finalement, nous utilisons ce qui précède afin d'étudier le comportement de la production Y en réaction à p_0 . Puisque $r = 0$ lorsque $p_0 = 0$, (15) implique que la production globale est fonction décroissante de p_0 , pour de faibles valeurs de cette variable. Cependant, comme $\partial r / \partial p_0 \geq 0$ pour $p_0 \leq 1/2b_1$, et que $b_1 > 0$, lorsque p_0 dépasse une certaine valeur faible (notée p_0^3), Y est fonction croissante du prix du pétrole. Cela est dû au fait qu'ici, à mesure que p_0 augmente, la valeur de la demande de I , $p_1 I^D = p_1 \beta r^2$ augmente aussi, puisque $\partial r / \partial p_0 \geq 0$ et que $\partial p_1 / \partial p_0 \geq 0$ lorsque

$$p_0 \leq \frac{1}{2b_1} \left(1 + \left(\frac{\gamma - 2a_1}{\gamma} \right)^{1/2} \right) \quad (\text{voir graphique 2}).$$

Comme b_1 est plutôt petit, la hausse de $p_1 I^D$ dans l'équation (15) est plus forte que la baisse de la valeur de la demande pour B , B^D , de sorte que Y augmente avec le prix du pétrole.

Enfin, notons que lorsque p_0 dépasse une certaine valeur, p_0^4 , $\partial Y / \partial p_0$ devient de nouveau négatif, puisque $r = 0$ quand $p_0 = 1/b_1$, que $\partial r / \partial p_0 < 0$ pour $p_0 > 1/2b_1$, que $\partial B^D / \partial p_0 < 0$ et que $r \partial p_1 / \partial p_0$ possède comme limite supérieure $\frac{-M\alpha c_2 b_1}{\beta a_1 a_2} p_0$, en vertu de (10) et (11). On peut donc énoncer le théorème suivant:

Théorème 2: Lorsque le prix initial du pétrole p_0 approche de zéro, une hausse de ce prix abaisse le niveau de la production domestique globale nette de l'économie industrialisée. Après que l'on ait atteint un prix p_0^3 , des hausses additionnelles de ce prix font plutôt augmenter la production globale de cette économie. Cependant, si p_0 dépasse une certaine valeur $p_0^4 > p_0^3$, l'effet du prix du pétrole sur Y reprend ses propriétés initiales, ce qui signifie que des hausses de p_0 font diminuer la production globale. Le niveau global de l'emploi dans l'économie, ainsi que le niveau de la consommation domestique, baissent tous deux avec le prix du pétrole.

Il n'est pas surprenant de constater que l'emploi et la consommation domestiques décroissent de façon monotone avec le prix du pétrole. Ce qui est moins évident, c'est qu'il existe un certain intervalle de prix du pétrole tel que la valeur ajoutée augmente avec p_0 . Comme il a été mentionné auparavant, ceci se produit parce que des hausses de p_0 conduisent, dans un tel intervalle, à la substitution du pétrole par le capital et, par conséquent, à des hausses de la demande et des profits.

5 Conclusion.

Nous avons présenté un modèle simple d'équilibre général d'un pays consommateur de pétrole, que nous avons ensuite utilisé pour analyser les réactions macroéconomiques d'un tel pays à des modifications du prix du pétrole. Nous avons alors pu étudier le comportement des niveaux de production, de prix, de profits et de consommation dans ce pays, et démontrer que ce comportement dépend des valeurs des paramètres ainsi que du prix du pétrole. Un certain nombre de conclusions s'imposent presque d'elles-mêmes: entre autres, la diminution de l'emploi et de la consommation de B lorsque le prix du pétrole augmente. D'autres conclusions, cependant, sont moins évidentes, ce qui indique que le plein effet d'une augmentation du prix du pétrole constitue un phénomène d'une grande complexité. Ainsi, la profitabilité commence par augmenter pour ensuite diminuer au fur et à mesure qu'augmente le prix. Cela reflète des changements de prépondérance entre l'effet de revenu et celui de substitution. La substitution du pétrole par le capital fait grimper le rendement de ce dernier, mais, au-delà d'un certain point, ce phénomène est dominé par la réduction de la demande que provoquent des prix plus élevés du pétrole. Il n'est pas non plus évident que, dans certaines régions, une hausse du prix du pétrole puisse effectivement faire augmenter la valeur ajoutée totale dans l'économie qui utilise cette ressource. Cela peut se produire parce qu'on assiste alors à une hausse de la profitabilité, comme il a été mentionné ci-dessus, et donc, dans certains cas, à une hausse de la demande.

On retiendra de tout ceci qu'il existe certaines situations dans lesquelles une hausse des prix du pétrole peut faire augmenter la profitabilité et la production dans l'économie industrialisée, même si l'emploi et la consommation chutent. En d'autres situations, ces quatre variables diminueront toutes lors d'une augmentation du prix du pétrole. Dans le premier cas, on ne peut pas affirmer sans ambiguïté qu'une hausse des prix du pétrole est dommageable: en effet, si l'on utilise de façon conventionnelle le PNB en tant qu'indice du bien-être collectif, on la jugera plutôt bénéfique.

Un autre point que nous avons examiné concerne le comportement des exportations de biens industriels vers le pays producteur de pétrole. Ce comportement peut être plutôt complexe, les exportations réelles en tant que fonction des prix du pétrole pouvant posséder un ou deux maxima. Cela implique que la fonction de demande à laquelle est confronté l'exportateur de pétrole d'un équilibre à l'autre peut être très différente des fonctions simples souvent utilisées dans les applications et dans les études dynamiques. Nous avons donc décrit de manière précise la façon dont l'élasticité varie avec le prix du pétrole.

Une implication intéressante de ces conclusions est qu'il peut exister des situations où une hausse (ou baisse) du prix du pétrole bénéficie à la fois aux exportateurs de pétrole, en faisant augmenter leurs revenus réels, et aux importateurs, en faisant hausser leurs profits et leur PNB. Il s'ensuit que ces deux groupes ne sont pas toujours engagés dans un jeu à somme nulle.

Appendice

A.1 Relations existant entre p_0 et les valeurs d'équilibre des variables endogènes

Notons d'abord qu'à partir des fonctions de production (1) et (2), on obtient des équations décrivant la demande de facteurs (L, K et θ) à chaque niveau de production, lorsque ces facteurs sont utilisés de façon efficace:

$$(17) \quad L^D = B^S a_1 + I^S a_2$$

$$(18) \quad K^D = B^S c_1 + I^S c_2$$

$$(19) \quad \theta^D = B^S b_1 + I^S b_2$$

Les équations (10) et (11) impliquent que, dans le cas d'une utilisation efficace des facteurs, on ait:

$$(20) \quad B^S = (c_2 L - a_2 K) / D$$

et

$$(21) \quad I^S = (a_1 K - c_1 L) / D$$

où D est le déterminant de la matrice $\begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ c_1 & c_2 \end{bmatrix}$. On peut considérer les équations de prix (3) et (4) comme un système de deux équations à deux inconnues, w et r , lorsque p_0 est une constante. De ces équations, on obtient:

$$(22) \quad w = \frac{(p_B - b_1 p_0) c_2 - (p_1 - b_2 p_0) c_1}{D}$$

et

$$(23) \quad r = \frac{a_1 (p_1 - b_2 p_0) - a_2 (p_B - b_1 p_0)}{D p_1}$$

En substituant dans (20) K et L que l'on obtient de (5) et (6), puis w et r tirés de (22) et (23), on arrive aux valeurs d'équilibre de l'offre de biens de consommation I, exprimées en fonction uniquement de leur prix p_1 :

$$(24) \quad B^S = (c_2 \alpha w - a_2 \beta r) / D \\ = \frac{\alpha c_2}{D^2} (c_2 + p_0 N - c_1 p_1) \\ + \frac{\beta a_2}{D^2} \left(\frac{p_0}{p_1} M + \frac{a_2}{p_1} - a_1 \right)$$

$$\text{où} \quad M = a_1 b_2 - a_2 b_1 \text{ et } N = c_1 b_2 - b_1 c_2$$

De façon semblable, après substitution à K, L, w et r de leurs valeurs respectives, on obtient:

$$(25) \quad I^S = \frac{\beta a_1}{D^2} \left(a_1 - \frac{p_0}{p_1} M - \frac{a_2}{p_1} \right) + \frac{\alpha c_1}{D^2} (p_1 c_1 - c_2 - p_0 N)$$

Or, la relation de demande (7), $B^D = wL$, et l'identité comptable (9) nous donnent, à l'équilibre:

$$(26) \quad I^D = rK$$

Par conséquent, à partir des relations d'équilibre $B^S = B^D$ et $I^S = I^D + X$, on obtient de (24), (25) et (26), lorsque $p_B = 1$:

$$(27) \quad \alpha c_2 (c_2 + p_0 N - c_1 p_1) + \beta a_2 \left(\frac{p_0}{p_1} M + \frac{a_2}{p_1} - a_1 \right) \\ = \alpha [(1 - b_1 p_0) c_2 - (p_1 - b_2 p_0) c_1]^2$$

et

$$(28) \quad \beta a_1 \left(a_1 - \frac{p_0}{p_1} M - \frac{a_2}{p_1} \right) + \alpha c_1 (p_1 c_1 - c_2 - p_0 N) \\ = \frac{\beta}{p_1^2} (a_1 (p_1 - b_2 p_0) - a_2 (1 - b_1 p_0))^2 + X$$

Étant donné l'équation (9), les équations (27) et (28) ne sont pas indépendantes à l'équilibre. En vertu du théorème des fonctions implicites, on peut obtenir à partir de (27), du moins localement, une fonction $p_1 = p_1(p_0)$. Donc, comme p_0 est donné, il est possible

d'arriver à une valeur de p_1 d'équilibre, ce qui permet d'obtenir, par (24) et (25), les offres respectives d'équilibre de B et I, B_S et I_S . De (22) et (23), on obtient les salaires w et les profits r , puis de (5) et (6), l'utilisation des *inputs* K et L à l'équilibre. Ceci détermine I_D à partir de (26), de sorte que l'on connaît également le volume des exportations X, et l'on peut donc calculer les importations de pétrole à l'aide de (8i). Par conséquent, le modèle est « fermé », en ce sens que ses équilibres sont déterminés (et localement uniques) lorsque p_0 est donné. Si p_0 varie, les valeurs d'équilibre de toutes les variables endogènes varient également. Plus particulièrement, les exportations X ainsi que leur prix p_1 sont modifiés. La prochaine étape est donc d'établir la relation existant entre ces variables d'un équilibre à l'autre. Afin de simplifier les calculs, nous émettons certaines hypothèses sur la technologie, lesquelles sont discutées dans le texte :

- I $M = a_1 b_2 - a_2 b_1 > 0$, c'est-à-dire que B utilise relativement plus de main-d'œuvre et I, plus de pétrole;
- II $c_1 = 0$, c'est-à-dire que B n'exige pas d'*input* en capital;
- III b_1 est faible, c'est-à-dire que B ne requiert que peu d'*input* en pétrole.

À partir de (27), en utilisant l'hypothèse II, on obtient une expression explicite pour $p_1 = p_1(p_0)$:

$$(29) \quad p_1 = \frac{a_2 + p_0 M}{\gamma b_1 p_0 (b_1 p_0 - 1) + a_1}$$

$$\text{où } \gamma = \frac{\alpha}{\beta} \frac{c_2^2}{a_2} \text{ et } M = a_1 b_2 - a_2 b_1$$

Considérons maintenant l'intervalle possible de variation de p_0 . À partir de l'équation de prix (3), puisque $c_1 = 0$, $w \geq 0$ implique que $1/b_1 \geq p_0 \geq 0$. De l'équation (29), on tire :

$$(30) \quad \text{lorsque } p_0 = 0, p_1 = \frac{a_2}{a_1}$$

$$(31) \quad \text{lorsque } p_0 = \frac{1}{b_1}, p_1 = \frac{b_2}{b_1}$$

Il est à remarquer que, puisque $M > 0$, $\frac{a_2}{a_1} < \frac{b_2}{b_1}$.

Nous pouvons maintenant étudier le changement dans le prix du bien industriel, p_1 , lorsque le prix du pétrole augmente:

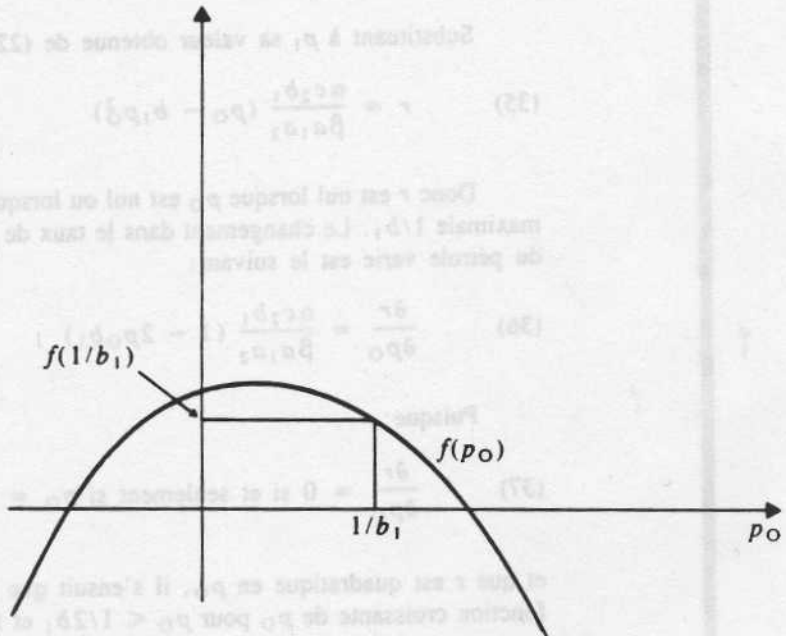
$$(32) \quad \frac{\partial p_1}{\partial p_0} = \frac{M(a_1 + \gamma b_1 p_0 (b_1 p_0 - 1)) - (a_2 + p_0 M) \gamma b_1 (2 p_0 b_1 - 1)}{(a_1 + \gamma b_1 p_0 (b_1 p_0 - 1))^2}$$

$$= \frac{f(p_0)}{(a_1 + \gamma b_1 p_0 (b_1 p_0 - 1))^2}$$

Le signe de (32) est par conséquent celui de la fonction quadratique suivante:

$$f(p_0) = -(M\gamma b_1^2) p_0^2 - (2a_2\gamma b_1^2) p_0 + a_1 M + a_2 \gamma b_1$$

laquelle est illustrée ci-dessous:



On peut aisément constater que $f(p) = 0$ ne possède qu'une seule racine positive p_0^* . Afin que $\frac{dp_1}{dp_0}$ soit positif pour tout p_0 situé entre 0 et $1/b_1$, il est nécessaire et suffisant que $f(1/b_1) > 0$. Mais $f(1/b_1) = -M\gamma - \gamma a_2 b_1 + M a_1 > 0$, et $b_1 < \frac{b_2(\beta a_1 a_2 - \alpha c_2^2)}{\beta a_2^2}$

si et seulement si $M > b_2 \gamma$.

Par conséquent, $dp_1/dp_0 > 0$ si et seulement si :

$$\frac{\beta a_1 a_2}{\alpha c_2^2} > 1 \text{ et } b_1 < \frac{b_2(\beta a_1 a_2 - \alpha c_2^2)}{\beta a_2^2}$$

c'est-à-dire le cas 1 ($\alpha c_2^2 < \beta a_1 a_2$) et b_1 petit.

De (3), on tire :

$$(33) \quad w = \frac{1 - b_1 p_0}{a_1}$$

Donc, (4) implique :

$$(34) \quad r = \frac{1}{c_2} - \frac{a_2 + p_0 M}{a_1 c_2 p_1}$$

Substituant à p_1 sa valeur obtenue de (22), on obtient :

$$(35) \quad r = \frac{\alpha c_2 b_1}{\beta a_1 a_2} (p_0 - b_1 p_0^2)$$

Donc r est nul lorsque p_0 est nul ou lorsque p_0 prend sa valeur maximale $1/b_1$. Le changement dans le taux de profit lorsque le prix du pétrole varie est le suivant :

$$(36) \quad \frac{\partial r}{\partial p_0} = \frac{\alpha c_2 b_1}{\beta a_1 a_2} (1 - 2p_0 b_1)$$

Puisque :

$$(37) \quad \frac{\partial r}{\partial p_0} = 0 \text{ si et seulement si } p_0 = \frac{1}{2b_1}$$

et que r est quadratique en p_0 , il s'ensuit que le taux de profit est fonction croissante de p_0 pour $p_0 < 1/2b_1$ et fonction décroissante pour $p_0 > 1/2b_1$.

Comme r atteint un maximum lorsque $p_0 = 1/2b_1$, ce maximum est:

$$(38) \quad r_{\max} = \frac{1}{4} \frac{\alpha c_2}{\beta a_1 a_2}$$

Cette conclusion n'utilise, en fait, que la condition II énoncée ci-dessus, c'est-à-dire $c_1 = 0$.

Nous analysons ensuite le comportement du volume des exportations de biens industriels lorsque varie le prix du pétrole. Puisque $X = I^S - I^D$, on tire de (6), (21) et (26):

$$(39) \quad X = \beta \left(\frac{a_1 r}{D} - r^2 \right)$$

Par conséquent:

$$(40) \quad \frac{\partial X}{\partial p_0} = \beta \left(\frac{a_1}{D} - 2r \right) \frac{\partial r}{\partial p_0}$$

Notons que $r_{\max} > \frac{a_1}{2D}$ si et seulement si:

$$(41) \quad \frac{1}{4} \alpha c_2^2 > 2\beta a_1 a_2$$

A.2 Preuve du théorème 1

Considérons d'abord le cas où $\alpha c_2^2 < 2\beta a_1 a_2$. r possède toujours $\frac{a_1}{2D}$ comme limite supérieure. En ce cas, le signe de $\partial X / \partial p_0$

est le même que celui de $\partial r / \partial p_0$, de par (40). De plus, $\partial r / \partial p_0 \geq 0$ pour $p_0 \leq 1/2b_1$ et $\partial r / \partial p_0 < 0$ pour $p_0 > 1/2b_1$ (voir (35) à (38)).

Ici, lorsque le taux de profit augmente, l'offre de biens industriels s'accroît toujours proportionnellement plus que leur demande interne dans le pays industrialisé, puisque $I^S = \frac{a_1}{D} \beta r$ et $I^D = \beta r^2$, selon (6),

(21) et (26), et que $\frac{a_1}{D} > r$, de sorte que $\frac{\partial}{\partial r} (I^S - I^D) = \beta \left(\frac{a_1}{D} - 2r \right) > 0$.

Par conséquent, puisque $X = I^S - I^D$ et que, de par (40), $\frac{\partial X}{\partial p_0}$

$= \beta \left(\frac{a_1}{D} - 2r \right) \frac{\partial r}{\partial p_0}$, le volume des exportations de biens industriels

à l'équilibre X augmente lorsqu'il y a hausse du prix du pétrole, pour $p_0 < 1/2b_1$. Cependant, lorsque $p_0 > 1/2b_1$, la relation est inverse,

en ce sens qu'une telle hausse diminue plutôt le volume d'exportations de biens industriels d'un équilibre à l'autre. Dans les deux cas, la variation dans la réaction des exportations X à des hausses du prix du pétrole p_0 dépend du changement dans la réponse du taux de profit à de telles hausses. Cela est illustré au graphique 1.

Considérons maintenant le cas où $\alpha c_2^2 > 2\beta a_1 a_2$. Dans ce cas, $r > \frac{a_1}{2D}$ pour des valeurs de p_0 se rapprochant de $1/2b_1$. Lorsque $r > \frac{a_1}{2D}$, $\frac{\partial I^S}{\partial r} < \frac{\partial I^D}{\partial r}$, de sorte que les hausses de l'offre de biens industriels sont ici dépassées par celles de leur demande interne à mesure que le taux de profit augmente: l'effet de revenu s'exerçant d'un équilibre à l'autre est plus fort que l'effet de prix (ou de substitution). En ce cas, la réaction du volume des exportations à des variations du prix du pétrole, $\frac{\partial X}{\partial p_0}$, dépend à la fois du signe des changements dans le taux de profit r , $\frac{\partial r}{\partial p_0}$, et du signe de $\frac{a_1}{D} - 2r$. De fait, $\frac{\partial X}{\partial p_0} = 0$ si et seulement si $\frac{\partial r}{\partial p_0} = 0$, ou $\frac{a_1}{D} = 2r$. Ce dernier cas survient lorsque $p_0 = \frac{1}{2b_1} (1 \pm \left(\frac{\gamma - 2a_1}{\gamma}\right)^{1/2})$. Il s'ensuit que nous nous trouvons confrontés à quatre cas successifs à mesure que p_0 augmente, passant de 0 à $\frac{1}{b_1}$:

$$\text{I} \quad \frac{\partial r}{\partial p_0} \geq 0 \text{ et } r \leq \frac{a_1}{2D}, \text{ c'est-à-dire } \frac{\partial X}{\partial p_0} \geq 0$$

$$\text{II} \quad \frac{\partial r}{\partial p_0} \geq 0 \text{ et } r > \frac{a_1}{2D}, \text{ c'est-à-dire } \frac{\partial X}{\partial p_0} \leq 0$$

$$\text{III} \quad \frac{\partial r}{\partial p_0} \leq 0 \text{ et } r > \frac{a_1}{2D}, \text{ c'est-à-dire } \frac{\partial X}{\partial p_0} \geq 0$$

$$\text{IV} \quad \frac{\partial r}{\partial p_0} \leq 0 \text{ et } r \leq \frac{a_1}{2D}, \text{ c'est-à-dire } \frac{\partial X}{\partial p_0} \leq 0$$

Ces cas sont illustrés au graphique 2. Cela complète la preuve du théorème.

A.3 Comportement de l'élasticité de la demande à laquelle est confronté l'exportateur de pétrole

Notons d'abord que le revenu « réel » de l'exportateur de pétrole est $\frac{p_0}{p_1} \theta$, ce qui, à l'équilibre, dans un marché international, égale X.

Or, par définition, l'élasticité réelle de la demande de pétrole est donnée par l'expression suivante:

$$\eta = \frac{\partial \left(\frac{\theta}{p_1} \right)}{\partial p_0} \cdot \frac{p_0 p_1}{\theta}$$

Si R représente les revenus réels, on a, d'un équilibre à l'autre:

$$R = \frac{\theta}{p_1} (p_0) \cdot p_0$$

Il s'ensuit que:

$$\frac{\partial R}{\partial p_0} = \frac{\partial \left(\frac{\theta}{p_1} \right)}{\partial p_0} p_0 + \frac{\theta}{p_1} (p_0) = \frac{\theta}{p_1} (\eta + 1)$$

Par conséquent, $\frac{\partial R}{\partial p_0} > 0$ si et seulement si $\eta > -1$, ou $|\eta| < 1$ pour $\eta < 0$, et $\frac{\partial R}{\partial p_0} < 0$ si et seulement si $\eta < -1$, ou $|\eta| > 1$ pour $\eta < 0$. Comme $R = p_0 \frac{\theta}{p_1} = X$, alors $\eta > -1$ lorsque $p_0 < \bar{p}_0$ et $\eta < -1$ lorsque $p_0 > \bar{p}_0$.

Liste des ouvrages cités

- BERNDT, E.R. and D.O. WOOD (1979) « Engineering and Econometric Interpretations of Energy-Capital Complementarity. » *American Economic Review* 69, 342-54
- BUITER, W. (1978) « Short Run and Long Run Effects of External Disturbances under a Floating Exchange Rate. » *Economica* 65, 251-72
- CHICHILNISKY, G. (1977) « Development Patterns and the International Order. » *Journal of International Affairs* 31, 275-304
- (1981) « Terms of Trade and Domestic Distribution: Export Led Growth with Abundant Labour. » *Journal of Development Economics* 8, 163-92
- CHICHILNISKY, G. and S. COLE (1981) « Expansion of the North and Exports and Development of the South. » Development Discussion Paper, Cambridge, Harvard Institute for International Development
- CHICHILNISKY, G. and G.M. HEAL (1982) « Capital-Energy Substitution: A General Equilibrium Interpretation. » Economics Discussion Paper, New York, Columbia University
- CHICHILNISKY, G., G.M. HEAL and A.H. SEPAHBAN (1983) « Non Conflicting Resource Pricing Policies in an Interdependent World. » *OPEC Review* VII, 330-56
- CORDEN, W.H. (1971) *Inflation, Exchange Rates and the World Economy* (Chicago: University of Chicago Press)
- DASGUPTA, P.S. and G.M. HEAL (1979) *Economic Theory and Exhaustible Resources* (New York: Nisbet/Cambridge University Press)
- DIXIT, A. (1981) « A Model of Trade in Oil and Capital. » Working Paper, Princeton, Princeton University
- DJAJIC, S. (1980) « Intermediate Inputs and International Trade. » Working Paper 394, Kingston, Queen's University
- FINDLAY, R. « Oil Supplies and Employment Levels: A Simple Macro Model. » À paraître dans un volume à la mémoire de E. Sohmen, J.S. CHIPMAN et C. P. KINDLEBERGER (eds)
- FINDLAY, R. and RODRIGUEZ, C. (1977) « Intermediate Imports and Macroeconomic Policy under Flexible Exchange Rates. » *Canadian Journal of Economics* X, 208-17
- HAHN, F. (1977) « Exercises in Conjectural Equilibria. » *Scandinavian Journal of Economics* 79, 210-26
- HARKNESS, J. (1980) « OPEC Versus a Large Open Economy: A Stochastic Equilibrium Model. » Discussion Paper 406, Kingston, Queen's University
- HART, O. (1982) « A Model of Imperfect Competition with Keynesian Features. » *Quarterly Journal of Economics* 97, 109-38
- PEARCE, I. (1953) « Total Demand Curves and General Equilibrium. » *Review of Economic Studies* XX, 216-27

- (1956) « Total Demand Curves: A Reply. » *Review of Economic Studies* XXIII(2), 153-62
- SACHS, J. (1980) « Energy and Growth Under Flexible Exchange Rates: A Simulation Study. » Working Paper 582, National Bureau of Economic Research Inc. In BHANDARI and PUTNAM, eds. (1982) *The International Transmission of Economics Disturbances Under Flexible Exchange Rates* (Cambridge, Mass.: MIT Press)
- STIGLITZ, J. (1974) « Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Paths. » *Review of Economic Studies* Symposium, 123-37
- (1976) « Monopoly and the Rate of Extraction of Exhaustible Resources. » *American Economic Review* LXVI, 655-61
- SWEENEY, J.L. (1977) « Economics of Depletable Resources: Market Forces and Intertemporal Bias. » *Review of Economic Studies* XLIV(1), 125-41