

FRÉDÉRIC DOCQUIER  
HILLEL RAPOPORT<sup>1</sup>

# FUITE DES CERVEAUX ET FORMATION DU CAPITAL HUMAIN

**RÉSUMÉ.** La fuite de cerveaux s'interprète généralement comme une externalité négative imposée à la population restante. La source de cette externalité, selon les auteurs, réside soit dans le préjudice causé aux facteurs de production complémentaires du travail qualifié émigré, soit, d'après les théories de la croissance endogène, dans la réduction du stock de capital humain disponible pour les générations présentes et futures.

Le modèle présenté ici met l'accent sur l'impact des possibilités de migration sur la formation du capital humain et sur la croissance dans une petite économie ouverte en développement. Dans un contexte d'incertitude et d'hétérogénéité des aptitudes individuelles, deux effets de la fuite des cerveaux sont mis en évidence : un « effet d'incitation » à la formation du capital humain, qui joue *ex ante*, et un « effet de fuite » qui se manifeste *ex post* avec le départ effectif des cerveaux. La possibilité d'une fuite des cerveaux globalement bénéfique pour le pays d'origine apparaît quand le premier

effet domine, c'est-à-dire lorsque la population éduquée représente une part de la population totale plus élevée quand l'économie est ouverte aux migrations que lorsque les frontières sont fermées aux flux migratoires.

Il s'agit d'un modèle essentiellement statique, mais dont les prolongements dynamiques sont évidents (l'endogénéisation de la croissance passe par la transmission inter-générationnelle du capital humain moyen d'une génération à l'autre). L'article présente d'abord un modèle d'investissement en capital humain et distingue entre une économie « fermée » (aux migrations) et une économie « ouverte » (aux migrations) où l'acquisition d'un seuil donné d'éducation autorise tous les agents ainsi qualifiés à émigrer vers des pays offrant un rendement supérieur à l'investissement en éducation. L'incertitude liée aux politiques d'émigration des pays d'accueil est ensuite introduite ; l'article décrit enfin les conditions théoriques d'apparition d'une « fuite des cerveaux favorable ».

Classification *JEL* : F22, J24, O15.

1. FRÉDÉRIC DOCQUIER est Maître de Conférences, Centre d'Analyse de la Décision et de la Réglementation Economiques (CADRE), Université de Lille II, et macroéconomiste, Service des Etudes et de la Statistique, ministère de la Région wallonne, Belgique ; e-mail : fdocquier@hp-sc.univ-lille2.fr.

HILLEL RAPOPORT est Maître de Conférences, Centre d'Analyse de la Décision et de la Réglementation Economiques (CADRE), Université de Lille II, et Department of Economics, Bar-Ilan University, Israël ; e-mail : rapoport@hp-sc.univ-lille2.fr.

Le texte a bénéficié de nombreuses remarques lors de présentations au Séminaire Inter-Universitaire de Théorie Economique (SIUTE, Universités de Lille I et II) et aux congrès de l'AFSE, Paris, septembre 1997, et de la European Society for Population Economics, Amsterdam, juin 1998. Les auteurs remercient très sincèrement les deux rapporteurs anonymes de cette revue pour leurs suggestions.

D'un point de vue théorique, le débat sur les effets de la fuite des cerveaux a été amorcé à la fin des années soixante dans le cadre de la théorie du commerce international (Johnson, 1967). Il a gagné en intensité et s'est focalisé sur les conséquences pour les pays d'origine à la suite de l'article de Bhagwati et Hamada (1974). Dans cet article désormais classique, les auteurs développaient la thèse selon laquelle la fuite des cerveaux pouvait s'interpréter comme une externalité négative imposée à la population restante, et préconisaient en conséquence l'instauration de restrictions à la mobilité internationale des cerveaux (notamment la mise en place d'une *tax on brains*). L'idée d'une fuite des cerveaux défavorable au développement a ensuite été réaffirmée, d'abord dans le cadre analytique des théories de la croissance endogène (Miyagiwa, 1991 ; Haque & Kim, 1995) mais aussi en intégrant la complémentarité dans la fonction de production du travail qualifié et du travail non qualifié (Piketti, 1997).

Cet article étudie les conditions dans lesquelles une fuite des cerveaux peut au contraire s'avérer favorable à la croissance économique dans le pays d'origine des migrants. Cette approche quelque peu provocante a été développée tout récemment dans différentes contributions, que ce soit dans un cadre dynamique (Mountford, 1997 ; Vidal, 1998) ou statique (Docquier & Rapoport, 1997 ; Stark & *al.*, 1997). Le modèle utilisé est essentiellement statique, bien que ses prolongements dynamiques soient évidents (il suffit, pour endogénéiser la croissance, de supposer une transmission intergénérationnelle du capital humain moyen d'une génération à l'autre). Par opposition à Stark et *al.* (1997), qui renaient trois périodes, il ne retient que deux périodes, l'hétérogénéité des agents est plus grande (il suppose un continuum d'aptitudes individuelles), et l'environnement est caractérisé non par des imperfections d'information mais par de l'incertitude ; enfin, une fuite des cerveaux globalement favorable peut être observée en l'absence de toute migration retour.

L'article présente d'abord un modèle d'investissement en capital humain et distingue entre une économie « fermée » (aux migrations) et une économie « ouverte » (aux migrations) où l'acquisition d'un seuil donné d'éducation autorise tous les agents ainsi qualifiés à émigrer vers des pays offrant un rendement supérieur à l'investissement en éducation. Puis il introduit une incertitude sur les possibilités effectives de migration<sup>2</sup> et décrit les conditions théoriques d'apparition d'une « fuite des cerveaux favorable ».

## L Le modèle

À chaque période de temps, une firme représentative utilise du capital  $K_t$  et du travail  $H_t$  (mesuré en unités efficaces et parfaitement substituables) afin de pro-

2. La justification du contexte d'incertitude peut prendre plusieurs voies possibles. La plus évidente est de considérer que les possibilités de migration sont établies par les autorités d'immigration lors de la délivrance de permis d'entrer. L'acquisition du niveau d'éducation requis est donc une condition nécessaire mais non suffisante pour être autorisé à immigrer.

ET FORMATION DU CAPITAL HUMAIN

duire un bien composite en quantité  $Y_t$ . La fonction de production est caractérisée par des rendements d'échelle constants. L'*output* par unité efficace de travail ( $y_t = Y_t / H_t$ ) peut donc être exprimé comme une fonction du capital par unité efficace de travail ( $k_t = K_t / H_t$ ).

On écrit alors :

$$Y_t = F(K_t, H_t) ; \quad y_t = f(k_t).$$

La firme représentative a un comportement concurrentiel de sorte que les facteurs sont rémunérés à leur productivité marginale. Nous supposons une petite économie ouverte, hypothèse qui nous permet de prendre le taux d'intérêt comme donné, ce qui fixe le degré d'intensité capitaliste et donc le taux de salaire en vigueur dans l'économie. Dans ce cadre, les migrations n'influenceront pas sur la rémunération domestique du capital humain alors qu'en économie fermée cela aurait été le cas.

Chaque agent vit deux périodes. Il hérite en début de première période d'un capital humain, noté  $h_t$ , identique pour tous et égal au niveau de capital humain moyen prévalant dans l'économie à la génération précédente. Durant la première période, les agents peuvent investir une fraction donnée de leur temps en éducation ( $e_t^i = \bar{e}$ ) ou ne pas investir du tout ( $e_t^i = 0$ ). Durant la seconde période, le niveau de capital humain de l'individu,  $h_{t+1}^i$ , dépend d'une fonction technologique  $\varphi^i$  qui est spécifique à chaque agent et prend en compte l'hétérogénéité dans les aptitudes individuelles à apprendre. En normalisant le taux de salaire à l'unité<sup>3</sup>, le revenu de seconde période s'écrit alors :

$$h_{t+1}^i = \varphi^i(e_t^i) h_t = [1 + a^i e_t^{i\beta}] h_t, \quad (1)$$

où  $0 < \beta < 1$  est un paramètre qui assure la décroissance des rendements marginaux de l'éducation et  $a^i \in [\underline{a}, \bar{a}]$ , un continuum d'aptitudes individuelles à apprendre qui sont uniformément distribuées<sup>4</sup>.

Les agents maximisent leur revenu de cycle de vie,  $h_t(1 - e_t^i) + \frac{h_{t+1}^i}{1+r}$ , où  $r$  indique leur taux de préférence pour le présent (identique pour tous). Le taux de croissance,  $g_{t+1}$ , est donné par l'accroissement relatif du niveau moyen de capital humain prévalant dans l'économie, qui est lui-même une fonction de la proportion des agents éduqués au sein de la population adulte résidente :

$$g_{t+1} = \frac{h_{t+1} - h_t}{h_t} = f[P(e_t^i = \bar{e})] \quad (2)^5.$$

3. Ce qui revient à fixer le facteur d'échelle de façon adéquate dans la fonction de production.

4. A transformer un temps donné investi en éducation en qualifications productives.

5. On notera que nous ignorons les effets de taille liés aux mouvements migratoires et que notre capital humain moyen n'est pas une moyenne des niveaux individuels mais une fonction de la proportion d'éduqués au sein de la population adulte résidente. La définition usuelle ne modifie pas l'essence des résultats mais induit un coût de notation élevé.

Les individus choisissent d'investir en éducation si cela leur permet d'accroître leur revenu de cycle de vie. En l'absence de perspectives de migration, ce sera le cas si :

$$h_i(1-\bar{e}) + \frac{[1+a^i\bar{e}^\beta]h_i}{1+r} \geq h_i + \frac{h_i}{1+r} \quad (3.1).$$

La part de la population qui choisit d'investir en éducation peut alors aisément être dégagée en caractérisant l'agent critique indifférent entre investir ou non. Plus précisément, les agents qui décident d'investir sont tels que :

$$a_i \geq a_F \equiv \bar{e}^{1-\beta}(1+r) \quad (4.1),$$

où  $a_F$  est l'aptitude de l'agent critique, indifférent entre investir ou non en l'absence de perspectives de migrations. La part de la population éduquée dans la population adulte résidente est alors donnée par (cf. également GRAPHIQUE 1.A., ANNEXE) :

$$P_F(e_i^i = \bar{e}) = \text{Max} \left\{ 0, \frac{\bar{a} - a_F}{\bar{a} - \underline{a}} \right\} \quad (5.1).$$

Dans une économie ouverte aux migrations, les individus tiennent compte dans leur décisions d'investissement, du rendement de leur investissement à l'étranger. Nous supposons que le capital humain hérité est rémunéré, net de tous coûts de migration, de la même façon à l'étranger que dans le pays d'origine (par exemple, il autorise simplement la survie). Au contraire, le capital humain acquis se voit attribuer un différentiel positif que nous exprimons sous la forme d'un rendement relatif noté  $w$ ,  $w > 1$ . En univers certain (lorsque l'acquisition du seuil requis d'éducation garantit l'obtention du visa d'immigration), la condition d'investissement devient :

$$h_i(1-\bar{e}) + \frac{[1+wa^i\bar{e}^\beta]h_i}{1+r} \geq h_i + \frac{h_i}{1+r} \quad (3.2),$$

et les agents qui choisissent d'investir en éducation sont tels que :

$$a_i \geq a_M \equiv \frac{\bar{e}^{1-\beta}(1+r)}{w} = \frac{a_F}{w} \quad (4.2),$$

où  $a_M$  est l'aptitude de l'agent critique, indifférent entre investir ou non dans l'économie ouverte aux migrations en univers certain.

Sachant que les perspectives de migration accroissent le rendement espéré de l'investissement, la part de la population qui s'engage dans des projets de formation est désormais au moins aussi grande qu'en l'absence de migrations ( $a_M < a_F$ ). Néanmoins, puisque tous les agents qui ont acquis en première période le niveau requis d'éducation migrent effectivement en seconde période, la part des éduqués dans la population adulte résidente tombe à zéro (cf. également GRAPHIQUE 1.B.) :

$$P_M(e_i^i = \bar{e}) = 0 \quad (5.2).$$

Dans un tel contexte, la fuite des cerveaux ne peut que s'avérer défavorable à la croissance à moins de supposer qu'en l'absence de migration, l'économie est bloquée dans une « trappe de pauvreté »<sup>6</sup>.

## Le rôle de l'incertitude

Introduisons maintenant une incertitude sur l'effectivité de la migration, incertitude qui s'exprime par le fait que l'agent éduqué fait désormais face à une probabilité  $p$  de migrer et à une probabilité  $(1-p)$  de demeurer au pays. Avec des agents neutres au risque, la condition d'investissement devient alors<sup>7</sup> :

$$h_t(1-\bar{e}) + \frac{p[+wa^i\bar{e}^\beta]h_t}{1+r} + \frac{(1-p)[+a^i\bar{e}^\beta]h_t}{1+r} \geq h_t + \frac{h_t}{1+r} \quad (3.3).$$

Nous obtenons ici une condition similaire à la condition (3.2), si ce n'est que le rendement relatif de l'éducation,  $w$ , a été remplacé par son espérance,  $\phi(p, w) \equiv 1 + p(w-1)$ , avec  $1 < \phi(p, w) < w$ . Les agents qui décident d'investir sont ceux pour lesquels :

$$a_i \geq a_E \equiv \frac{\bar{e}^{1-\beta}(1+r)}{\phi(p, w)} = \frac{a_F}{\phi(p, w)} \quad (4.3),$$

où  $a_E$  est l'aptitude de l'agent critique, indifférent entre investir ou non, dans l'économie ouverte aux migrations en univers incertain.

La part de la population éduquée dans la population adulte résidente est désormais donnée par (cf. également GRAPHIQUE 1.C.) :

$$P_E(e_i = \bar{e}) = \text{Max} \left\{ 0, \frac{(1-p)(\bar{a} - a_E)}{a_E - \underline{a} + (1-p)(\bar{a} - a_E)} \right\} \quad (5.3).$$

Nous nous concentrons en premier lieu sur les solutions intérieures, lorsque  $a_M < a_E < a_F < \bar{a}$  (soit lorsque la part de la population éduquée dans la population adulte résidente est strictement positive dans tous les cas). Evidemment, si tous les individus éduqués quittent le pays, la fuite des cerveaux est clairement défavorable à la croissance puisque le pays aurait connu une croissance supérieure en l'absence de toute migration. Mais si une part des personnes éduquées demeurent au pays, la possibilité d'une fuite des cerveaux favorable émerge et se matérialise quand la part des gens éduqués dans la population adulte résidente est plus forte dans l'économie avec migration, en univers incertain, qu'en l'absence de migration. Analytiquement, ce cas de figure implique<sup>8</sup> :

6. Situation caractérisée ici par le fait qu'en l'absence de perspectives de migration, nul n'investit en éducation, pas même l'agent le plus apte :  $\bar{a} > a_F$ .

7. L'aversion au risque réduirait simplement l'ampleur des résultats, sans modification qualitative notable.

8. Pour une analyse graphique de cette question, voir le graphique 1 et les commentaires associés en ANNEXE.

$$\frac{(1-p)(\bar{a}-a_E)}{a_E-\underline{a}+(1-p)(\bar{a}-a_E)} > \frac{\bar{a}-a_F}{\bar{a}-\underline{a}} \quad (6).$$

Sans perte de généralité, nous posons  $\underline{a} = 0$  et réécrivons la condition (6) comme suit :

$$Z(\bar{e}, p, w) = \frac{\bar{e}^{1-\beta}(1+r)}{2-w+p(w-1)} > \bar{a} \quad (7).$$

Une analyse de statique comparative révèle immédiatement que la valeur critique pour  $Z$  a d'autant plus de chances d'être atteinte (en d'autres termes, qu'une fuite des cerveaux favorable est d'autant plus probable) que le coût privé de l'éducation est élevé (que le temps nécessaire à l'acquisition du seuil d'éducation nécessaire est long), que le différentiel entre les rendements domestiques et étranger de l'éducation est élevé, et que la probabilité de migration est faible. En réalité, ce dernier point est plus complexe puisque deux mécanismes sont simultanément à l'œuvre : d'une part, les perspectives de migration dopent l'investissement en capital humain (c'est « l'effet d'incitation ») ; d'autre part, le départ de tout ou partie de la population éduquée est défavorable à la croissance, toutes choses égales par ailleurs (c'est « l'effet de fuite »). La mise en évidence de ces deux effets peut être poussée plus avant à travers une distinction entre probabilités objectives et subjectives de migration.

Il est évident que les probabilités subjectives (les croyances des agents sur leurs chances de migration) sont déterminantes lorsqu'il s'agit de prendre la décision de s'engager ou non dans un projet d'investissement en capital humain ; à l'inverse, ce sont les probabilités objectives qui importent pour la détermination du nombre effectif de migrants. En distinguant les probabilités subjectives,  $P_s$ , des probabilités objectives,  $P_0$ , on peut ainsi mettre en lumière le rôle quelque peu ambigu des possibilités de migration sur la croissance. En effet, alors que la caractérisation de l'agent critique indifférent entre investir ou non ne dépend que des probabilités subjectives :

$$a_E \equiv \frac{\bar{e}^{1-\beta}(1+r)}{1+p_s(w-1)},$$

la proportion d'éduqués dans la population adulte résidente dépend de la probabilité objective :

$$P_E(e_i^j = \bar{e}) = \text{Max} \left\{ 0, \frac{(1-p_0)(\bar{a}-a_E)}{a_E-\underline{a}+(1-p_0)(\bar{a}-a_E)} \right\}.$$

En utilisant les mêmes calculs et notations que ci-dessus, il découle qu'une fuite des cerveaux favorable sera observée si :

$$Z'(\bar{e}, p_s, p_0, w) = \frac{\bar{e}^{1-\beta}(1+r)}{1 - \left( \frac{1-p_0}{p_0} \right) p_s(w-1)} > \bar{a} \quad (7').$$

Sachant que  $(1 - p_0)/p_0$  est une fonction décroissante de  $P_0$ , il ressort que la condition (7') a d'autant plus de chance d'être vérifiée que  $P_0$  est faible et que  $P_s$  est élevé ; de façon peu surprenante, la possibilité d'une fuite de cerveaux (compte tenu de l'effet d'incitation à la formation du capital humain) qui soit favorable à la croissance dans le pays d'origine des migrants tient en partie à l'écart existant entre les croyances des agents quant à leurs chances de migration et leurs chances effectives d'être autorisés à migrer.

## Conclusion

Cet article étudie l'impact de la fuite des cerveaux sur la formation du capital humain et la croissance dans les pays d'origine des migrants. Nous nous attachons à saisir toute la portée du phénomène, ce qui nous a conduit à mettre en évidence, à côté du traditionnel effet de fuite souligné par la littérature, un effet d'incitation à l'investissement en éducation qui ne doit pas être négligé. Ce faisant, nous avons défini les conditions théoriques sous lesquelles une fuite des cerveaux pouvait *in fine* se traduire globalement par un effet total positif du point de vue du pays d'émigration.

Le modèle présenté donne lieu à de nombreuses implications testables. En premier lieu, « l'effet d'incitation » prédit une corrélation positive entre flux d'émigration et niveaux de capital humain. De plus, sachant que cet effet est potentiellement plus fort dans des pays qui sont déjà en transition (où  $a_F < \bar{a}$ )<sup>9</sup>, cette corrélation devrait y apparaître significativement plus forte que dans des pays à niveaux de revenu comparables mais bloqués dans ce qu'il est convenu d'appeler des trappes de pauvreté (situation que nous avons caractérisé par  $\bar{a} < a_F$ ). En second lieu, une fuite des cerveaux favorable a d'autant plus de chances de se produire que le différentiel d'éducation entre la population éduquée et la population non éduquée est grand (plus  $\bar{e}$  est grand), que le taux de préférence pour le présent ( $r$ ) est élevé, et que le différentiel de rendement de l'investissement en éducation est élevé entre le pays d'origine et le pays étranger (plus  $w$  est élevé)<sup>10</sup>. Enfin, et comme le suggère Vidal (1998), le niveau du capital humain devrait différer moins entre régions à bas salaires et régions à hauts salaires au sein d'un même pays (lorsqu'il n'y a pas de barrières à la mobilité du travail) qu'entre régions de pays différents.

D'un point de vue empirique, la possibilité d'une fuite des cerveaux favorable au pays d'émigration semble, au vu de premiers résultats préliminaires, constituer un cas de figure plausible (Beine & al., 1998). Ceci nous autorise à poser la question des implications de l'analyse en termes d'inégalités et de politique économique. S'agissant des inégalités, nous avons montré que la prise en compte des migrations effectives et potentielles rend plus complexe la mise en évidence de

9. Dans le cas d'une économie en trappe de pauvreté, et selon notre définition, même l'individu le plus apte n'investit pas en éducation. L'ouverture aux migrations ne garantit alors pas le démarrage de la croissance, sachant que l'on peut très bien avoir  $\bar{a} < a_E < a_F$ .

10. Stark et al. (1997) parviennent à des conclusions proches dans un cadre analytique totalement différent.

relations claires entre inégalités et croissance et ce, quel que soit le sens de la causalité retenu (Docquier & Rapoport, 1999). Quant aux implications de politique économique, il convient sans doute de reconsidérer les politiques d'émigration et d'éducation du pays d'origine à la lumière des mécanismes théoriques décrits.

F. D. & H. R.

ANNEXE

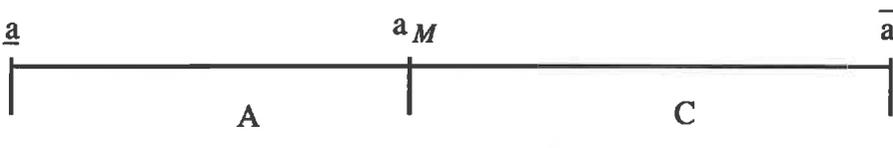
GRAPHIQUE 1

La répartition de la population en différentes catégories

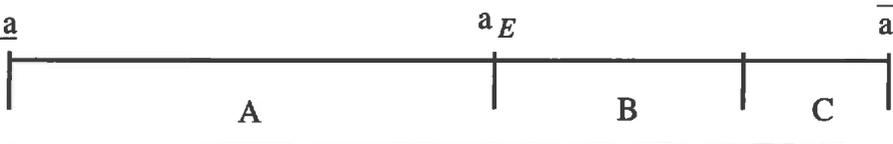
1.A : En l'absence de migrations



1.B : Avec migrations certaines



1.C : Avec migrations incertaines



Le groupe A est composé d'agents qui n'investissent pas en capital humain. Le groupe B est composé d'agents qui investissent en capital humain et demeurent au pays. Enfin, le groupe C est composé d'agents qui investissent en capital humain et émigrent (pour des raisons de commodité graphique uniquement, ils sont représentés dans la partie 3.C. du graphique par les individus les plus aptes, ce qui n'est pas nécessairement le cas puisque les migrants sont en quelque sorte tirés au sort parmi les adultes éduqués). Le taux de croissance économique dépend de la part des éduqués dans la population adulte résidente, soit du ratio  $B / A + B$ . Il apparaît clairement que ce ratio peut être plus grand dans le troisième cas que dans le premier.

## RÉFÉRENCES

- Beine M., F. Docquier & H. Rapoport (1998), *Brain Drain and Economic Development: Theory and Evidence*, SES Discussion Paper n° 98-5, Jambes, ministère de la Région wallonne.
- Docquier F. & H. Rapoport (1997), *La fuite des cerveaux, une chance pour les pays en développement ?*, communication au congrès de l'AFSE, Paris, septembre.
- \_\_\_\_\_ (1999), « Croissance, inégalité et redistribution dans un modèle de fuite des cerveaux », *Revue Economique*, vol. 50, n° 3, pp. 499-510.
- Bhagwati J.N. & K. Hamada (1974), « The Brain Drain, International Integration of Markets for Professionals and Unemployment: a Theoretical Analysis », *Journal of Development Economics*, 1, 1 : 19-42.
- Haque N.U. & S.-J. Kim (1995), « 'Human Capital Flight': Impact of Migration on Income and Growth », *IMF Staff Papers*, vol. 42, n° 3, pp. 577-607.
- Johnson H. (1967), « Some Economic Aspects of Brain Drain », *Pakistan Development Review*, vol. 7, n° 3, pp. 379-411.
- Miyagiwa K. (1991), « Scale Economies in Education and the Brain Drain Problem », *International Economic Review*, vol. 32, n° 3, pp. 743-759.
- Mountford A. (1997), « Can a Brain Drain Be Good for Growth in the Source Economy? », *Journal of Development Economics*, vol. 53, n° 2, pp. 287-303.
- Piketty N. (1997), « Immigration et justice sociale », *Revue Economique*, vol. 48, n° 5, pp. 1291-1309.
- Stark O., C. Helmenstein & A. Prskawetz (1997), « A Brain Gain with a Brain Drain », *Economics Letters*, n° 55, pp. 227-234.
- Vidal J.-P. (1998), « The Effect of Emigration on Human Capital Formation », *Journal of Population Economics*, vol. 11, n° 4, pp. 589-600.

