

Juillet 1992

CROISSANCE ENDOGENE ET DEVELOPPEMENT :

POINTS DE VUE RECENTS

Jean-Pierre LAFFARGUE

(Centre d'Etudes du Développement, Université de Paris 1)

N° 9 2 0 9

Une version préliminaire de ce texte a été présentée aux Journées de l'AFSE, qui se sont tenues à Clermont-Ferrand les 14 et 15 mai, et un extrait de celle-ci a été exposé au Commissariat Général du Plan le 26 mai. Nous tenons à remercier les participants, et tout particulièrement Pierre-Yves Hénin, pour leurs critiques et commentaires.

## CROISSANCE ENDOGENE ET DEVELOPPEMENT :

### POINTS DE VUE RECENTS

#### RESUME

Ce texte est une revue de la littérature théorique et empirique sur la croissance endogène, du point de vue de son apport pour l'économie du développement. Il examine successivement les travaux portant sur les différences et les convergences des richesses des nations, le rôle du capital humain, puis celui des innovations technologiques, la croissance endogène en économie ouverte, et enfin la multiplicité des équilibres qui apporte un nouvel éclairage aux concepts de "Big Push" et de croissance déséquilibrée.

*MOTS CLES* : Innovations technologiques, Capital humain, Commerce international, Economie du développement, Théorie de la croissance.

*Nombre code JEL* : F 12 011 041 047

## ENDOGENOUS GROWTH AND DEVELOPMENT ECONOMICS

#### ABSTRACT

This paper is a review of the theoretical and empirical literature about endogenous growth, angled towards what it brings to development economics. The first section is devoted to convergence and divergence across countries. Then the role of human capital and technological innovations are investigated. A fourth section takes up interaction between growth and international trade. The last section considers multiple equilibria models, and their link to the Big Push and unbalanced growth.

*KEYWORDS* : Technological innovations, Human capital, International trade, Economic development, Growth theory.

*JEL Code* : F 12 011 041 047

## INTRODUCTION

La littérature sur la croissance endogène a connu un développement considérable au cours des six dernières années. L'enjeu est important si les inefficacités des marchés et les politiques de pis-aller essayant d'en minimiser la portée, n'affectent plus seulement le niveau des richesses, mais aussi son expansion. Il n'est donc pas surprenant que des domaines aussi divers que l'économie de la famille, de la fiscalité, de la protection douanière, de la politique, de la répartition des revenus, du "rent seeking", etc., admettent de plus en plus l'endogénéité du taux de croissance, avec des conséquences importantes pour l'ampleur des évaluations des effets des distorsions et des politiques.

Les tests empiriques des théories de la croissance endogène sont plus récents. Certes de nombreuses études menées de façon détaillée au niveau d'un pays, ou de façon comparative sur un échantillon de nations, ont depuis longtemps essayé d'identifier les facteurs expliquant les performances de croissance. Mais les cadres théoriques utilisés étaient trop succincts ou inadéquats pour que le sens des résultats obtenus soit clairs et précis. Les travaux empiriques les plus récents reposent encore au mieux sur des tests de formes réduites beaucoup plus pauvres que les modèles structurels dont ils sont déduits. Des progrès importants restent à faire à ce niveau.

Quelle est la caractéristique distinctive des modèles de croissance endogène ? Il est parfois répondu que c'est le recours à une fonction de production à rendements constants ou croissants. Il est en effet possible de déduire des formes réduites ayant cette caractéristique. Mais en opérant ainsi on ôte à ces modèles leurs contenus économiques, qui sont souvent subtils et toujours discutables, et on les transforme en simples objets mathématiques. Il nous semble préférable de considérer les analyses de la croissance endogène comme une intégration des progrès récents des théories de la concurrence monopolistique, des rendements croissants et des marchés incomplets, ainsi que de leurs applications à l'économie industrielle, de la recherche et développement et du commerce international, à la théorie de la croissance. Celle-ci bénéficiera ainsi d'un soubassement microéconomique plus élaboré, ce qui va dans le sens de la discipline de plus en plus stricte imposée

aux macroéconomistes depuis une vingtaine d'années, qui est de fonder leurs analyses sur une description précise des comportements et des marchés. Il nous semble donc souhaitable d'accepter que les modèles de croissance endogène soient nombreux et divers. AMABLE et GUELLEC (1992), GROSSMAN et HELPMAN (1991e), et SALAS-I-MARTIN (1990) nous en donnent trois très bonnes revues.

Nous nous sommes fixés plusieurs objectifs dans le texte qui suit : ne retenir de la littérature sur la croissance endogène que ce qui nous semblait le plus intéressant et le plus prometteur pour l'économie du développement, nous limiter aux théories ayant une base empirique claire; combiner considérations théoriques et vérifications empiriques, recourir à une exposition mathématique aussi limitée et simple que possible, et enfin garder un minimum d'unité et de brièveté. Nous avons ainsi éliminé de très nombreux travaux, avec la crainte que notre choix pouvait n'être souvent que subjectif et ne résulter que de notre incompréhension ou ignorance.

Une autre limite, peut-être encore plus discutable, que nous nous sommes fixé, résulte de l'importance du nombre de domaines de notre discipline qui ont introduit des taux endogènes de croissance, et de notre crainte de détruire l'unité de l'exposé tout en l'allongeant démesurément, si nous abordions ces domaines. Certains que nous avons choisis d'ignorer ont cependant des applications importantes pour l'économie du développement. Nous nous bornerons à donner une liste très incomplète d'excellentes références : MURPHY, SHLEIFER et VISHNY (1991) pour les effets du "rent seeking" sur la croissance, PERSSON et TABELLINI (1991), et SAINT-PAUL et VERDIER (1991) pour les effets de l'inégalité des revenus et d'une politique de redistribution démocratiquement décidée sur la croissance, BECKER, MURPHY et TAMURA (1991) et ERHLICH et LUI (1991) pour le lien entre fertilité et éducation et ses implications sur le développement.

La première section essaie de montrer que beaucoup de considérations empiriques sur l'inégalité des productions et des croissances des nations, peuvent être expliquées par le modèle néo-classique de croissance. Celui-ci reste donc une référence solide et sûre. Dans la seconde section nous présentons une première classe d'analyses de la croissance endogène fondées sur l'accumulation du capital humain. Les travaux reposant sur le développement de biens nouveaux font l'objet de la section 3. La

quatrième section examine les rapports entre croissance et échanges internationaux. Dans la dernière section nous présentons les analyses qui sont des élaborations de l'idée de "Big Push" de ROSENSTEIN-RODAN.

### 1. DIFFERENCES ET CONVERGENCE DES RICHESSES DES NATIONS : VALIDITE ET LIMITES DE L'ANALYSE NEO-CLASSIQUE DE LA CROISSANCE

Supposons que le modèle néo-classique de croissance soit une bonne représentation des lois du développement économique, que les technologies et leurs progrès soient les mêmes dans chaque pays, et que les économies soient proches de leurs sentiers de croissance équilibrée. Alors les PIB par tête des nations ne peuvent différer qu'en conséquence des écarts de leurs taux d'investissement. Si les fonctions de production sont heurtées par des perturbations aléatoires telles que leurs différences entre deux nations soient stationnaires, alors les écarts des logarithmes des PIB par tête de ces pays suivent aussi des processus stochastiques stationnaires.

Ces propriétés suggèrent des tests du modèle néo-classique. Ceux-ci ont connu un renouveau important grâce à la construction par SUMMERS et HESTON (1991) d'une base de données internationales de grande qualité. Cette base comprend 138 pays et contient les grands agrégats de l'équilibre des biens et services de 1950 à nos jours, exprimés en dollars, courants et de 1985. La fiabilité des données et la période qu'elles couvrent, peuvent être réduites pour certains pays en voie de développement. Mais la particularité remarquable du travail de ces deux économistes est que les conversions en dollars ont été effectuées à l'aide de taux de change calculés de façon à être compatibles avec la parité des pouvoirs d'achat ; ils varient bien sûr avec l'agrégat considéré. L'obtention de ces taux a évidemment nécessité une lourde collecte de prix d'articles divers dans l'ensemble des nations étudiées.

Le premier paragraphe de la section montre que les écarts de PIB par tête des nations semblent pouvoir être largement expliqués sous nos hypothèses initiales. Celles-ci sont cependant rejetées par les tests les plus puissants. Une raison de ce rejet peut être que certaines économies sont éloignées de leurs sentiers de croissance

équilibrée mais tendent progressivement à s'en rapprocher. Le second paragraphe examine comment certains auteurs ont refait les tests précédents en prenant en compte cette dynamique transitoire. Ils ont mis en évidence son importance, mais ont aussi dégagé un grand nombre de facteurs susceptibles d'expliquer l'évolution de la productivité globale des facteurs, que le modèle néo-classique de croissance considère simplement comme exogène.

Quelques économistes ont directement étudié l'effet de l'investissement sur la croissance, et conclu qu'il était beaucoup plus important que ce que permettait le modèle néo-classique. L'économétrie utilisée pour aboutir à ce résultat est cependant peu satisfaisante, et il est facile de montrer qu'il peut être obtenu avec le modèle néo-classique le plus simple soumis à des chocs technologiques ayant une certaine persistance.

En conclusion les analyses empiriques de cette section montrent que le modèle de croissance néo-classique reste une bonne référence pour expliquer les écarts des performances économiques des nations. Elles mettent aussi en évidence certaines faiblesses de ce modèle, qui justifient les sections suivantes.

### 1.1. Les écarts des sentiers de croissance équilibrée

MANKIW, ROMER et WEIL (1990) essaient d'expliquer les différences des PIB par tête des nations à l'aide d'une version améliorée du modèle néo-classique de croissance de SOLOW, et en supposant que les économies évoluent à proximité de leurs trajectoires de croissance équilibrée.

La fonction de production relie le PIB,  $Y$ , au travail non-qualifié  $L$ , au capital physique  $K$  et au capital humain  $H$  :

$$(1) Y = K^\alpha H^\beta (A L)^{1-\alpha-\beta}$$

$L$ , et la productivité globale des facteurs ou résidu de SOLOW  $A$ , croissent aux taux respectifs exogènes  $n$  et  $g$ . Les investissements bruts en chacun des deux facteurs accumulables, sont des fractions fixes,  $s_K$  et  $s_H$ , de la production. Les deux formes du capital se déprécient à un taux exogène  $\delta$ .

Il est facile d'établir que sur le sentier de croissance équilibrée nous avons :

$$(2) \ln(Y / L) = \ln(A) - [(\alpha + \beta) / (1 - \alpha - \beta)] \ln(n + g + \delta) + [\alpha / (1 - \alpha - \beta)] \ln(s_K) + [\beta / (1 - \alpha - \beta)] \ln(s_H)$$

Les trois auteurs estiment cette équation par régression sur coupe instantanée (un point par pays). La plupart des données utilisées sont fournies par la base de SUMMERS et HESTON : pour un pays donné,  $Y / L$  est le rapport en 1985 du PIB en volume à la population en âge de travailler,  $n$  est le taux de croissance moyen de cette population de 1960 à 1985,  $s_K$  est la moyenne du rapport de la FBCF à  $Y$  sur cette période.  $g + \delta$ , est fixé à une même valeur de 0,05 pour tous les pays : le progrès technologique est assimilé à celui des connaissances qui sont un bien public librement disponible. En revanche  $s_H$  ne peut pas être mesuré directement. Les auteurs l'évaluent par le rapport du nombre d'enfants scolarisés dans l'enseignement secondaire (donnée UNESCO) à la population en âge de travailler. La régression est effectuée sur 98 pays : ceux dont le pétrole constitue l'output principal sont exclus, comme ceux pour lesquels certaines données nécessaires sont manquantes. Les résultats obtenus sont très bons : le  $R^2$  est de 0,78, ce qui est élevé quand on travaille en coupe instantanée, et les paramètres sont estimés avec précision.  $\alpha$  et  $\beta$  sont chacun de l'ordre de  $1 / 3$ , ce qui est compatible avec la constatation empirique que les trois facteurs de production sont rémunérés par des parts approximativement égales du PIB.

Une limite de l'analyse de MANKIW, ROMER et WEIL est qu'elle néglige l'information apportée par la structure temporelle des données. L'économétrie moderne semble établir que pour tous les pays, le logarithme du PIB par tête  $y$ , et celui de la productivité globale des facteurs  $a$ , comportent une tendance déterministe et une autre stochastique, d'ordre 1. Les résultats de MANKIW, ROMER et WEIL, et en particulier leur fort  $R^2$ , tendent à montrer que les réalisations de  $a$  sur vingt-cinq ans ne diffèrent pas beaucoup entre nations. Cela suggère que si on choisit arbitrairement deux pays  $i$  et  $j$ , la différence :  $a_i - a_j$ , suit un processus stationnaire. Si nous supposons que les taux d'investissement présentent aussi cette caractéristique, il en sera alors de même de l'écart :  $y_i - y_j$ , des logarithmes des PIB par tête des deux nations. La moyenne de celui-ci reflètera celles des écarts des taux d'investissement et

des productivités globales des facteurs. Si elle n'est pas nulle les PIB par tête des deux pays tendront à différer dans le long terme dans une proportion fixe.

Dans le langage de l'économétrie des séries temporelles on dit que  $y_i$  et  $y_j$  sont coïntégrés, avec pour vecteur de coïntégration :  $(-1, 1)$ . Si nous raisonnons sur un échantillon de  $J$  pays, une condition pour qu'il en soit ainsi est que les  $y_j$  présentent :  $J - 1$ , tendances déterministes et stochastiques communes.

BERNARD et DURLAUF (1991a) testent la présence de cette propriété. Pour cela ils ont besoin de séries plus longues que celles de SUMMERS et HESTON, et ils ont recours à la base de données annuelles construite par MADDISON (1982 et 1989) pour la période 1900-1987. Cette base ne comprend hélas que 15 pays, tous industrialisés. BERNARD et DURLAUF trouvent que le nombre de tendances communes n'est que de 4 à 6. En se limitant aux seuls pays européens ils n'identifient encore qu'un nombre insuffisant de tendances. Enfin les relations de coïntégration obtenues n'ont pas d'interprétation économique claire.

Ces résultats contredisent ceux de MANKIW, ROMER et WEIL. Une raison de cette différence peut être que les logarithmes des résidus de SOLOW entre deux nations, bien que ne suivant pas des processus stationnaires, n'aient pas le temps de trop diverger en vingt-cinq ans. Une autre explication serait que les taux d'investissement soient corrélés avec les productivités globales des facteurs ; la dispersion géographique de ceux-ci serait partiellement absorbée, dans la régression de MANKIW, ROMER et WEIL, dans celle des taux d'investissement moyens. Enfin les processus  $y_i - y_j$ , pourraient tendre vers des processus stationnaires, mais pas s'être suffisamment rapprochés de ceux-ci, même au terme d'une centaine d'années. La sensibilité du test de BERNARD et DURLAUF à son ignorance de la dynamique transitoire est analysée dans un autre article de ces deux auteurs (1991b). Nous allons nous intéresser maintenant à cette dynamique transitoire.

### 1.2. La convergence vers les sentiers de croissance équilibrée

Le paragraphe précédent repose sur l'hypothèse que les économies des nations évoluent au voisinage de leurs trajectoires de

croissance équilibrée. Or quand MANKIW, ROMER et WEIL estiment leurs équations pour les seuls 22 pays industrialisés (de l'OCDE), son résultat se dégrade. Les auteurs reviennent alors sur leur postulat. Une approximation linéaire du modèle de SOLOW au voisinage du sentier de croissance équilibrée conduit à ajouter le terme :  $\lambda \ln(Y_0 / L_0)$ , au membre de droite de l'équation (2), l'indice 0 identifiant l'année 1960. Le résultat de l'estimation sur les pays membres de l'OCDE devient alors très satisfaisante. Notamment  $\lambda$  a un signe négatif qui s'interprète comme le fait que, toutes choses égales par ailleurs, un pays croît d'autant plus rapidement que sa production par tête est faible relativement à sa valeur de croissance équilibrée. Plus précisément les auteurs trouvent que 1,73 % de l'écart entre ces deux rapports est comblé chaque année.

Les nations semblent donc avoir des trajectoires de croissance équilibrée très différentes, et les écarts de celles-ci suffisent à expliquer l'essentiel de ceux de leurs productions par tête. Les sentiers de croissance équilibrée des pays industrialisés sont en revanche beaucoup plus proches les uns des autres ; aussi leurs différences de performances ne peuvent pas être comprises si on néglige leurs situations relatives par rapport à ces sentiers.

BARRO (1991) effectue une étude assez similaire sur les mêmes pays, période, et données, celles-ci complétées par d'autres collectées auprès de diverses sources. Il estime l'équation :

$$(3) \quad (1 / 25) \ln[(Y / L) / (Y_0 / L_0)] = a_0 + a_1 (Y_0 / L_0) + a_2 \text{ SEC60} \\ + a_3 \text{ PRIM60} + \text{etc..}$$

SEC60 et PRIM60 sont les taux de scolarisation dans les enseignements secondaire et primaire en 1960. Cette équation est posée directement et non pas déduite d'un modèle de croissance bien spécifié. Les résultats de son estimation sont très satisfaisants. Le  $R^2$  de la régression est élevé, les paramètres sont estimés avec les bons signes et avec précision.

$a_1$  est négatif et cela de façon très significative. En l'absence des autres variables, tout particulièrement SEC60 et PRIM60, il n'est pas significativement différent de zéro. Ce résultat signifie qu'après correction des différences dans la formation de capital humain (mais pas en l'absence de celle-ci),

plus un pays est pauvre, plus il croît rapidement.  $a_2$  et  $a_3$  sont positifs.

L'équation (3) inclut un ensemble assez hétérogène de variables exogènes. Son estimation montre que le taux de croissance du PIB par tête dépend positivement de l'investissement et négativement de la fertilité, de la consommation des administrations, de l'instabilité politique et de la distorsion des marchés.

En recourant à l'estimation d'autres équations, mais toujours sur le même échantillon de pays, BARRO conclut que la fertilité, corrigée de la mortalité infantile, dépend négativement de GDP60, SEC60 et PRIM60. Le taux d'investissement est relié négativement à GDP60, à la consommation des administrations et à l'instabilité politique, et positivement à SEC60 et PRIM60. AIZENMAN et MARION (1991), EASTERLY (1991), FISCHER (1991), KHAN et VILLANUEVA (1991), KRUEGER et ORSMOND (1990), OTANI et VILLANUEVA (1990) obtiennent des résultats similaires. Ces auteurs mettent aussi en évidence l'importance pour la croissance et l'investissement d'une politique macroéconomique stable et cohérente, et identifient les effets positifs (production et investissement) et négatifs (distorsions fiscales) des activités de l'Etat.

Ces études plus pragmatiques que celles de MANKIW, ROMER et WEIL, contribuent à identifier des facteurs explicatifs des écarts de croissance de la productivité globale des facteurs entre pays. Ils dépassent ainsi le modèle néo-classique et ouvrent un certain nombre de pistes à des modèles théoriques de croissance endogène.

MANKIW, ROMER et WEIL, comme BARRO, identifient un effet négatif du PIB par tête initial sur le taux de croissance : si les nations avaient le même sentier de croissance équilibrée, celles ayant le point de départ le plus bas croîtraient le plus rapidement. BARRO et SALA-I-MARTIN (1991 et 1992) appellent cette propriété la  $\beta$ -convergence, du nom qu'ils donnent au coefficient de  $\ln(Y_0 / L_0)$  dans leurs régressions. Ils étudient celle-ci pour 48 Etats américains de 1880 à 1988, et pour 73 régions de sept pays européens de 1950 à 1985. La justification de leur choix est que ces entités sont suffisamment semblables pour qu'on puisse leur attribuer les mêmes trajectoires de croissance équilibrée, à quelques corrections près concernant par exemple la structure par grands produits de leur output. Les auteurs trouvent qu'environ 2 % de l'écart entre la

situation courante et le sentier de croissance équilibrée est comblé chaque année. Ce taux de rattrapage est stable dans le temps et dans l'espace. Par exemple les deux auteurs déduisent de la régression de BARRO (1991) sur 98 pays, que le taux de convergence annuel qu'elle implique est de 1,84 % . Il convient quand même de remarquer que ce rythme est très lent.

La  $\beta$ -convergence ne suffit pas à impliquer que la dispersion des productions par tête, entre Etats américains, régions d'Europe ou nations, tende à s'amenuiser au cours du temps, propriété que BARRO et SALA-I-MARTIN appellent  $\sigma$ -convergence. En effet les économies peuvent être heurtées à tout instant par des chocs, favorables ou défavorables, mais les affectant à des degrés différents. Par exemple la dépression des années trente a été particulièrement néfaste pour les Etats agricoles des Etats-Unis, et a contribué à augmenter la dispersion des productions par tête de ceux-ci. Cette dispersion a aussi progressé en Europe et aux Etats-Unis lors du second choc pétrolier, qui a bénéficié à certaines régions d'Ecosse, au Texas, etc..

La variabilité au cours du temps de la dispersion des PIB par tête des régions ou des pays continuera à s'observer quand toutes les économies auront finalement rejoint leurs sentiers de croissance équilibrée. Mais on peut estimer que dans la situation antérieure cette dispersion est en moyenne plus ample, et que la  $\beta$ -convergence tend à la réduire. Il n'est donc pas surprenant d'observer qu'elle a baissé entre Etats américains (de 1880 à nos jours si on excepte la détérioration des années trente et des deux chocs pétroliers), régions d'Europe (de 1950 à 1985) et pays industrialisés (de 1950 à 1985), jusqu'à se fixer à proximité de niveaux qui semblent pouvoir s'interpréter comme des états stationnaires. La  $\sigma$ -convergence ne s'observe pas, bien au contraire, pour l'ensemble des nations de 1950 à 1985.

BARRO et SALA-I-MARTIN déduisent d'autres estimations économétriques, que les migrations de main-d'oeuvre entre Etats américains ont été très sensibles à leurs écarts de revenus, mais qu'elles n'ont que peu contribué aux deux types de convergence.

BERNARD et DURLAUF (1991b) donnent une évaluation critique du concept de  $\beta$ -convergence. Si le modèle néo-classique est une bonne représentation de la réalité le  $\beta$  estimé sera négatif, à condition

que la durée de la période sur laquelle les taux de croissance  $g$  sont calculés ne soit pas tellement longue que les économies aient eu le temps de converger. En effet s'il en était ainsi,  $g$  se fixerait à sa valeur tendancielle et serait indépendant du PIB par tête initial, ce qui conduirait à un  $\beta$  nul. BARRO et SALA-I-MARTIN obtiennent une valeur significativement négative de  $\beta$  dans leur étude sur la convergence des Etats américains, effectuée sur 109 années. Ce résultat suggère que la dynamique transitoire est extrêmement longue, ce qui pourrait expliquer le résultat négatif du test de BERNARD et DURLAUF (1991a), bien qu'il ait été mené sur une période de 88 ans.

Ces deux auteurs (1991b) considèrent aussi le cas où les nations riches auraient des taux de croissance de long terme plus élevés que les pays pauvres, mais seraient initialement situées d'avantage à proximité de leurs trajectoires de croissance équilibrée. Alors les Etats les mieux pourvus pourraient croître transitoirement moins vite que les autres, le  $\beta$  estimé serait négatif et nous concluerions à la  $\beta$ -convergence, si les taux de croissance sont calculés sur une durée suffisamment brève.

Les simulations de BERNARD et DURLAUF suggèrent qu'une période de trente années est trop courte pour éviter cette perversion, mais que cent années suffisent. Donc, si BARRO (1991) tombe sous les coups de cette critique, il n'en est pas de même de BARRO et SALA-I-MARTIN (1990 et 1991) quand ils examinent les Etats américains.

BERNARD et DURLAUF remarquent encore que l'adjonction de variables explicatives supplémentaires, telles que les taux d'investissement, accentuera la négativité du  $\beta$  estimé, si elles sont fortement corrélées avec les écarts à la croissance tendancielle. Cette négativité reflètera alors la convergence des nations vers des taux de croissance dont les fortes différences seront prises en compte par ces variables.

BERNARD et DURLAUF (1992) refont la régression de MANKIW, ROMER et WEIL (1990), avec le terme d'ajustement à la croissance équilibrée  $\lambda \ln(Y_0 / L_0)$ , mais en supposant que les estimations des paramètres peuvent différer selon que le pays concerné avait en 1960 une production par tête élevée ou faible, ou un taux d'alphabétisation fort ou bas. Leurs résultats aboutissent à des

valeurs assez différentes pour les paramètres : une part de la rémunération du travail et du capital humain  $(1 - \alpha)$  décroissant, et donc une part de la rémunération du capital croissant, avec le niveau de développement, et une trajectoire de croissance équilibrée des PVD située en dessous de celles des pays industrialisés après correction des différences des taux d'investissement physique et humain.

Les deux auteurs trouvent à l'intérieur des groupes de pays qu'ils identifient une vitesse de convergence plus rapide (approximativement double) que celle identifiée par les auteurs précédents.

Ces résultats qui montrent la dépendance de l'évolution de long terme d'une économie par rapport à sa situation initiale, sont une bonne justification de la construction de modèles théoriques de croissance endogène. Les détails des résultats sont cependant difficiles à interpréter économiquement, et nous n'en sommes pas encore au stade de tests entre modèles théoriques concurrents.

### 1.3. Investissement et progrès technique

DE LONG et SUMMERS (1991) ont utilisé la base de données de SUMMERS et HESTON pour régresser en coupe instantanée, sur la période 1960-1985, le taux de croissance moyen de la production par personne employée sur le taux d'investissement moyen. L'investissement est limité à celui en biens d'équipement (ceux de transport exclus). Statistiquement le prix relatif des biens d'équipement par rapport au déflateur du PIB, est d'autant plus bas que la productivité du travail du pays considéré est élevée. Les taux d'investissement calculés en monnaie nationale sont donc surestimés dans les pays les plus pauvres et sous-estimés chez les plus riches. Cette constatation statistique peut expliquer une part de la contradiction entre le fort taux d'investissement apparent de certains PVD et leur faible croissance : dans le cas de l'Inde par exemple, ce phénomène ne ferait que refléter le coût élevé des biens d'équipement. Un des avantages des données de SUMMERS et HESTON est que les conversions en dollars courants reposant sur le principe de la PPA, permettent de calculer de vrais taux d'investissement, corrigés de ces effets d'inégalité de leurs prix entre nations.

Les deux variables considérées par DE LONG et SUMMERS ont été préalablement purgées des effets du taux de croissance de la main d'oeuvre et du taux d'investissement en biens autres que d'équipement, ainsi que de l'écart en 1960 de la productivité du travail du pays considéré par rapport à celle aux Etats-Unis (c'est-à-dire les deux variables ont été remplacées par les résidus de leurs régressions par rapport à ces trois facteurs). La théorie néo-classique établit un lien nul dans le long terme entre croissance et investissement, la première étant fixée de façon exogène par le progrès technique. Certes une augmentation permanente du taux d'investissement amenant l'économie d'une trajectoire de croissance équilibrée à une autre, a un effet positif transitoire sur le taux de croissance. Mais celui-ci a un ordre de grandeur très inférieur aux résultats qu'obtiennent DE LONG et SUMMERS : pour ces auteurs une hausse du taux d'investissement de 1 point conduirait à une élévation du taux de croissance du PIB par tête de 0,34 points. Ils ajoutent ensuite à leurs régressions les variables explicatives qu'avait considérées BARRO (1991), notamment les taux de scolarisation dans le primaire et le secondaire. Leur influence sur la croissance s'avère non ou peu conséquente.

Ce type de résultat avait déjà été obtenu dans beaucoup d'études empiriques, et a suscité le développement d'une catégorie de modèles de croissance endogène. Pour celle-ci l'élasticité du PIB par rapport au capital est égale à un. La fonction de production nationale, où le travail apparaît aussi comme un facteur, est donc à rendements croissants. Le fonctionnement des marchés en libre concurrence est cependant possible car la fonction de production d'une entreprise, par rapport aux deux facteurs qu'elle emploie, est à rendements constants. Mais l'output d'une firme dépend aussi du capital productif de l'ensemble de l'économie : il y a un effet externe favorable de l'investissement de chacun sur la production de tous. Une entreprise en investissant financerait le progrès technologique incorporé dans les biens d'équipement qu'elle acquiert ou dans leur mise en oeuvre ; une part notable de ce progrès revêtirait la forme d'un bien public non exclusif, dont chacun bénéficierait.

Selon cette idée l'investissement en biens d'équipement serait la cause du progrès technologique. BENHABIB et JOVANOVIC (1991) rappellent les résultats d'études empiriques microéconomiques montrant que l'élasticité de la production par rapport aux dépenses

de recherche et développement (RD) n'est guère plus élevée au niveau de la branche qu'à celui de l'entreprise, ce qui est peu compatible avec l'effet externe important que supposent les auteurs précédents. Ces mêmes études sur données d'entreprises montrent que la RD cause au sens de GRANGER l'investissement, mais que celui-ci ne cause pas la RD. Le paragraphe 3.1 proposera une modélisation théorique de ce résultat.

L'argument principal des deux auteurs repose cependant sur une critique économétrique. Supposons que l'économie d'un pays soit sur sa trajectoire de croissance équilibrée, et qu'elle bénéficie à la date  $t$  d'un choc technologique permanent favorable :  $\ln(A_{t+\tau})$  augmente de 1 % pour :  $\tau \geq 0$ . Cette économie tendra vers un nouveau sentier de croissance équilibrée caractérisé par les mêmes taux de croissance et d'investissement que l'ancien, mais par une production et un capital plus élevés. Durant la transition cependant, les taux de croissance et d'investissement seront accrus. Le parallélisme de ces deux mouvements s'observera clairement si ces taux sont calculés sur longue période, par exemple 25 ans. Nous continuerions à le voir si  $\ln(A_t)$  avait connu un choc permanent défavorable, ou plus généralement s'il suivait une marche aléatoire ou un processus stochastique montrant une certaine persistance.

Supposons que MANKIW, ROMER et WEIL aient préféré estimer l'équation :

$$(4) \ln(Y / Y_0) = \alpha \ln(K / K_0) + \beta \ln(L / L_0) + c + \varepsilon$$

L'indice 0 continue à identifier l'année 1960, et l'absence d'indice 1985.  $\varepsilon$  aurait inclus les chocs technologiques de l'ensemble de cette période. Sa corrélation avec  $\ln(K / K_0)$  aurait conduit à une estimation biaisée par excès. Ce résultat aurait semblé confirmer l'idée que l'élasticité de la production par rapport au capital est supérieure à la part de la rémunération de ce facteur dans la production. BENHABIB et JOVANOVIC citent des estimations de ROMER où  $\hat{\alpha}$  est égal à 0,87 avec un écart-type de 0,04.

En conclusion ces deux auteurs défendent la validité d'un modèle néo-classique de SOLOW, pour lequel les pays auraient la même fonction de production et seraient heurtés par des chocs suivant une même loi. Ils se contentent d'ajouter que ces chocs seraient

spécifiques à chaque nation et présenteraient une grande persistance. A la différence de MANKIW, ROMER et WEIL, ils n'introduisent pas de capital humain, ni de différence du taux d'investissement physique entre nations. Il y a certainement quelque excès à admettre que les écarts entre pays résultent simplement de leurs situations initiales et des hasards de l'histoire des chocs technologiques. La simplicité de leurs résultats, qui complètent ceux de MANKIW, ROMER et WEIL, n'en est pas moins séduisante.

## 2. CROISSANCE ENDOGENE ET CAPITAL HUMAIN

Le modèle de croissance néo-classique du paragraphe 1.1 considère que la production de biens est à rendements constants par rapport aux trois facteurs de production que sont le capital physique, le capital humain et le travail non qualifié. Comme seuls les deux premiers sont reproductibles, ce modèle ne peut générer une croissance endogène. Le premier paragraphe montre que pour en obtenir une, REBELO ajoute une seconde fonction de production pour le capital humain, qui est homogène de degré 1 par rapport aux deux facteurs reproductibles. Dans le second paragraphe nous examinons comment le taux de croissance de long terme est alors affecté par les distorsions des marchés, par exemple celles introduites par la structure de la fiscalité. L'enrichissement que LUCAS apporte au modèle de REBELO, qui est d'introduire un effet externe positif du capital humain employé dans chaque entreprise sur l'output de toutes les firmes, fait l'objet du paragraphe 3. Le taux de croissance d'équilibre n'est plus alors en général optimal. Le paragraphe 4 montre que l'endogénéité du taux de croissance peut être compatible avec une convergence des économies, si par exemple la circulation internationale des connaissances est suffisamment fluide.

### 2.1. Le modèle de REBELO

MANKIW, ROMER et WEIL (1990) supposent implicitement que l'output physique, comme le capital humain, sont produits avec une même technologie, que formalise la fonction de production (1). REBELO (1991) préfère considérer qu'ils résultent de deux technologies différentes ; il en propose la spécification suivante :

$$(5) \dot{C} + \dot{K} + \delta K = Y = A_1 K_1^{1-\gamma} (L_1 H)^\gamma ,$$

$$(6) \dot{H} + \delta H = A_2 K_2^{1-\beta} (L_2 H)^\beta .$$

$C$ ,  $\dot{K} + \delta K$  et  $Y$  désignent la consommation, l'investissement brut et la production de bien physique.  $\dot{H} + \delta H$  représente la production de capital humain. Les deux types de capital se déprécient au rythme exogène  $\delta$ . L'emploi total  $L$  est exogène. Celui-ci et le capital physique disponible  $K$ , sont répartis entre les deux secteurs. Une caractéristique importante de ces équations est qu'elles supposent que le capital humain est incorporé dans le facteur travail. Nous avons les deux égalités comptables :

$$(7) K = K_1 + K_2 ,$$

$$(8) L = L_1 + L_2 .$$

Les fonctions de production (5) et (6) sont homogènes de degré 1 par rapport aux deux facteurs de production reproductibles :  $K$  et  $H$ . Elles sont donc à rendements croissants par rapport à l'ensemble des facteurs. Un équilibre de concurrence parfaite est cependant possible à cause de la parfaite complémentarité entre l'emploi de main d'oeuvre et le capital humain. Plutôt que de fixer des taux d'investissement de façon ad hoc, il est préférable pour un modèle théorique de supposer que les ménages prennent leurs décisions en maximisant une fonction d'utilité intertemporelle :

$$(9) U = \int_0^\infty e^{-\rho t} [C_t^{1-\sigma} / (1 - \sigma)] dt .$$

Il sera commode pour simplifier de supposer que  $L$ ,  $A_1$  et  $A_2$  sont fixes : il n'y a pas d'expansion démographique ni de progrès technique exogène. Un calcul simple montre que cette économie converge vers un sentier de croissance à taux constant. Celui-ci est égal à :

$$(10) g = [\psi A_1^\nu A_2^{1-\nu} L^{1-\nu} - \delta - \rho] / \sigma , \text{ avec :}$$

$$\nu = (1 - \beta) / (1 - \beta + \gamma),$$

$\psi$  fonction croissante de  $\beta$  et  $\gamma$  .

Dans un modèle de croissance néo-classique,  $g$  serait déterminé par un progrès technologique exogène (qui est nul sous nos

hypothèses simplificatrices). Il est fixé maintenant par l'ensemble des mécanismes économiques, et dépend de la quasi-totalité des paramètres du modèle.

Une caractéristique du modèle de REBELO qui résulte des rendements d'échelle constants des technologies par rapport aux facteurs reproductibles, est qu'en croissance équilibrée les rapports entre variables sont déterminés en fonction des paramètres, mais le niveau de celles-ci est indéterminé. Ce sont leurs valeurs initiales qui fixent ce niveau, et qui affectent ainsi éternellement l'économie. Cette mémoire infinie du modèle est opposée à la thèse de la convergence des nations. Ces points peuvent être compris aisément sur une version simplifiée du modèle. Dans celle-ci la production de bien ne dépend que du capital physique et est à rendements d'échelle constants. De plus le taux d'investissement est exogène. Nous avons les équations :

$$(10) Y = A K ,$$

$$(11) \dot{K} + \delta K = s Y .$$

Nous constatons immédiatement que l'économie est toujours située sur une trajectoire de croissance équilibrée d'équation :

$$(12) Y_t = Y_0 (s A - \delta)^t .$$

Le taux de croissance ne dépend que des paramètres du modèle, mais le niveau de la trajectoire dépend des conditions économiques initiales. Supposons maintenant que  $\ln(s A - \delta)$  ne soit plus une constante, mais suive un processus stochastique stationnaire, noté  $\varepsilon_t$ . Nous avons alors :

$$(13) \ln(Y_t) = \ln(Y_0) + \sum_{\tau=1}^t \varepsilon_{\tau} .$$

$\ln(Y_t)$  suit un processus intégré d'ordre 1, et la situation de l'économie à un instant quelconque dépend de toute l'histoire des chocs qu'elle a subis. BENHABIB et JOVANOVIC (1991) raisonnaient avec un modèle néo-classique de croissance et des chocs technologiques persistants. Dans le modèle de REBELO les chocs n'ont pas besoin de cette propriété, la persistance étant générée par le modèle lui-même.

COHEN (1991) estime en coupe instantanée, sur les données de SUMMERS et HESTON, l'équation (6). La fonction de production (1), avec les valeurs des paramètres proposées par MANKIW, ROMER et WEIL, sert à calculer le montant de capital humain. L'investissement physique est supposé dépendre seulement des montants initiaux des deux capitaux. COHEN trouve que la production de capital humain est à rendements croissants par rapport aux deux facteurs reproductibles. Ce résultat est plus radical que les hypothèses de REBELO puisque, avec la fonction de production de bien physique (1) et celle d'investissement physique un peu particulière choisie, et sous l'hypothèse d'une répartition fixe de la main d'oeuvre entre les deux secteurs, il conduit à une croissance endogène à taux croissant.

Le modèle de REBELO a des implications qui peuvent être testées sur séries temporelles longues :

les deux variables de capital, H et K, sont coïntégrées;

H n'a pas une évolution autonome, c'est-à-dire il est causé par K au sens de GRANGER;

un choc exogène permanent sur un niveau (par exemple une élévation de la part du PIB consacrée aux dépenses militaires) a un effet permanent sur le taux de croissance.

BEAN (1991) effectue ces tests pour le Royaume-Uni de 1855 à 1987. Si la première proposition n'est pas acceptée de façon aussi nette qu'il aurait été souhaitable, les deux autres le sont de façon très marquée.

## 2.2. Non-neutralité de la fiscalité et croissance

Quand des distorsions durables dans le fonctionnement des marchés conduisent à une accumulation sous-optimale du capital, cela affecte dans un modèle néo-classique, le niveau mais pas le taux de croissance du PIB. Dans le modèle de cette section tous deux diminuent. REBELO examine cette question en introduisant une fiscalité assise sur les revenus, ou ce qui revient au même dans son

modèle sur les productions ou sur les dépenses. L'argent collecté est ensuite redistribué forfaitairement aux ménages.

Un impôt à taux fixe sur la consommation ne fait que diminuer la richesse des ménages, d'un montant que compense exactement la valeur actualisée de la redistribution forfaitaire par l'Etat. Il n'a donc aucun effet sur les décisions des agents, ni sur l'équilibre économique. Le même impôt sur les deux investissements incite les ménages à accumuler moins, ce qui conduit à freiner durablement la croissance. Ce résultat théorique peut expliquer pourquoi BARRO (1991) avait obtenu une influence négative sur la croissance, de la consommation des administrations : celle-ci serait un indicateur de l'ampleur de la distorsion fiscale. AIZENMAN et MARION (1991) mettent en évidence un effet négatif sur la croissance de l'incertitude des dépenses publiques, qu'ils interprètent comme mesurant la probabilité d'une fiscalité future élevée sur des investissements irréversibles.

Si seul le capital physique est taxé nous avons le même résultat, car une moindre disponibilité de ce facteur réduit le rythme de production de capital humain. Cependant si celle-ci ne nécessite pas d'input physique ( $\gamma = 1$ ), comme chez LUCAS (1988), le prix relatif du capital humain diminue, il n'y a pas de redéploiement de main d'oeuvre entre les deux secteurs, et le taux de croissance :  $g = A_2 L_2$ , est inchangé. Evidemment le niveau des différents agrégats physiques baisse.

Dans les deux cas l'intensité capitaliste physique du processus productif diminue, et avec elle la productivité marginale et la rémunération du travail. Celle-ci est affaiblie aussi de façon directe par la substitution de transferts de l'Etat à une rémunération des facteurs. La première de ces baisses, au moins, peut-être une incitation à l'émigration de la main d'oeuvre.

Le modèle de REBELO est aisément généralisable. En fait ce qui est nécessaire pour avoir une croissance endogène du type analysé par cet auteur, est qu'il existe un "coeur" de biens de capital (physiques ou autres) qui soit produit avec des rendements constants et sans recours direct ni indirect à des facteurs non reproductibles. Taxer la production de biens de capital qui ne sont pas dans cet ensemble n'a aucun effet sur la croissance de long terme. Chez REBELO ce coeur comprend les deux biens (celui physique

et le capital humain). Chez LUCAS il se réduit au seul capital humain. GLACHANT (1992) donne un traitement clair et complet de ces questions.

L'effet d'une fiscalité non neutre sur la croissance économique a fait l'objet de nombreux travaux prolongeant l'apport de REBELO (par exemple BUITER et KLETZER (1991), JONES, MANUELLI et ROSSI (1991), LUCAS (1990), KING et REBELO (1990), REBELO et STOKEY (1991)). Ces articles présentent souvent des maquettes chiffrées, dont les propriétés sont étudiées en partie par simulation, et qui incluent des améliorations telles qu'une structure sectorielle ou fiscale plus riche, des fonctions de production CES, une offre de travail endogène, des générations imbriquées, etc.. Ces travaux ont une portée très importante. Les modèles d'équilibre général calculable, utilisés pour étudier les effets des distorsions des marchés dans les PVD, attribuent souvent à une libéralisation commerciale importante ou à un mouvement vers une fiscalité plus neutre, un gain en bien être assez réduit. Une raison de ce résultat semble être que ces modèles ne prennent pas en compte, sauf peut-être d'une façon très ad hoc, les gains dynamiques d'une telle mesure. Les maquettes des huit auteurs précédents ont ouvert une voie féconde pour améliorer ces modèles.

EASTERLY (1991) construit un modèle de croissance endogène très simple, avec deux trajectoires de croissance équilibrée : la première a un taux d'expansion nul (piège de pauvreté), la seconde un taux de croissance positif. Quand le taux de fiscalité est raisonnable la seconde trajectoire est stable, quand il est excessif le piège de pauvreté le devient. Ces auteurs obtiennent ainsi une explication convaincante de l'effet négatif des distorsions introduites par la politique économique, sur la croissance.

### 2.3. L'apport de LUCAS

Le modèle de LUCAS (1988) diffère de celui de REBELO à deux niveaux. D'abord, comme nous l'avons vu, la production de capital humain ne dépend plus que de ce seul facteur ( $\beta = 1$ ). Ensuite, l'output d'une entreprise fabriquant du bien physique, dépend du capital humain et physique qu'elle utilise, mais aussi du niveau moyen du capital humain par travailleur dans l'économie. Les rendements d'échelle sont constants par rapport aux deux premiers

facteurs (privés) et croissants par rapport à l'ensemble des trois. Cette spécification est semblable à celle que nous évoquons dans le paragraphe 1.3 après la présentation des travaux de DE LONG et SUMMERS, sauf que le capital humain remplace le capital physique.

La présence de cet effet externe implique qu'à l'équilibre de libre concurrence les agents accumulent insuffisamment de capital humain, et que le taux de croissance est sous-optimal. Une subvention à la formation du capital humain apparaît alors justifiée. De plus la productivité marginale, et donc la rémunération, du travail (capital humain incorporé inclus) est plus faible dans un pays pauvre que dans un pays riche (où le montant de capital humain moyen est plus élevé). Cette inégalité, peut inciter à des migrations de main d'oeuvre des premiers pays vers les seconds ; il est bien sûr de l'intérêt des salariés de ces derniers de freiner ce mouvement, qui détériore leurs rémunérations en abaissant la qualité moyenne du capital humain de leur société.

LUCAS (1990) utilise des données d'Anne KRUEGER sur la qualité moyenne de la main d'oeuvre par nation, pour montrer que la rémunération du facteur travail (capital humain incorporé inclus) est beaucoup plus faible dans un PVD que dans un pays industrialisé. Selon la logique néo-classique, si les migrations de main d'oeuvre sont impossibles, le capital fixe devrait cesser de s'investir dans ces dernières nations pour se diriger vers les premières. LUCAS estime que l'effet externe de son modèle (qu'il chiffre à un niveau élevé, l'élasticité de la production par rapport au niveau moyen de capital humain serait, toutes choses égales par ailleurs, de l'ordre de 0,36) permet d'expliquer pourquoi il n'en est pas ainsi.

LUCAS propose aussi d'autres explications. Selon la logique néo-classique, lors du développement d'un pays la balance des paiements passe par deux étapes. Dans la première le pays bénéficie d'un transfert net du reste du monde sous forme d'une entrée de capital, et la balance commerciale est déficitaire. Dans la seconde le reste du monde bénéficie d'un transfert net : la balance commerciale est excédentaire afin d'assurer le paiement de la charge de la dette. Evidemment il semble de l'intérêt du pays de nationaliser les actifs étrangers et de se mettre en défaut à la fin de la première étape. Aussi, durant celle-ci, l'anticipation de cette décision décourage les capitaux extérieurs de venir s'investir.

Supposons que le pays décrit par les équations (10) et (11) puisse bénéficier d'un financement extérieur au taux :  $r < A - \delta$ , et que l'investissement ait un coût d'installation croissant (afin d'empêcher un taux de croissance infini). En l'absence de risque de défaut ce pays croîtrait plus rapidement qu'en autarcie, mais l'éventualité d'une répudiation des engagements à l'égard de l'extérieur décourage celui-ci d'investir dans cette nation, ce qui la condamne à croître sur ses seules ressources. COHEN (1989) et COHEN et MICHEL (1991) approfondissent cette analyse.

Cette explication a peut-être une certaine validité de nos jours. Mais il n'y a pas si longtemps que les PVD étaient colonisés, et donc dans l'impossibilité de commettre la répudiation précédente. LUCAS remarque que si la colonie est dominée par un monopole de la métropole, pour maximiser son profit celui-ci doit limiter ses investissements et maintenir ainsi les salaires à un bas niveau. Il remarque que les capitalistes d'un pays indépendant peuvent agir de la même façon ; pour conserver leur rente ils doivent bien sûr interdire les investissements étrangers, quitte à donner des motivations nationalistes à cette décision.

#### 2.4. Croissance endogène et convergence des nations

Une variante de la spécification de REBELO (1991) montre qu'il est possible d'obtenir un résultat de convergence de la richesse des nations avec un modèle de croissance endogène. Considérons deux pays I et II, dont les populations sont fixes et identiques, et qui n'échangent ni marchandises ni capitaux. Remplaçons les équations (5) et (6) par :

$$(5') C_i = A_1 L_{ii} H_i ,$$

$$(6') \dot{H}_i = A_2 [(H_I H_{II})^{1/2} / H_i]^\delta H_i L_{2i} , \quad i = I, II , \delta > 0.$$

Le seul facteur de production est maintenant le capital humain. Sa productivité dans le secteur dont il constitue l'output est plus élevée dans la nation mal dotée en ce facteur que chez son partenaire : nous supposons que les connaissances circulent internationalement, et qu'il est plus facile d'acquérir celles qui

ont déjà été développées ailleurs, que d'en concevoir de nouvelles. Les deux pays sont identiques à tous égards, sauf en ce qui concerne leurs dotations initiales, qui vérifient :  $h_{I0} < h_{II0}$ .

Supposons, dans un but de simplification, que le comportement optimal des ménages revient pour ceux-ci à affecter une proportion fixe de leur temps à l'amélioration de leur capital humain [on peut montrer qu'il en est ainsi si leur utilité est logarithmique, c'est-à-dire si :  $\sigma = 1$ , dans l'équation (9)]. Alors nous avons :  $L_{2I} = L_{2II}$ , fixe. En notant le logarithme d'une grandeur par la lettre minuscule associée, nous pouvons réécrire (6') :

$$(6'') \dot{h}_i = a_2 l_2 + \delta (h_I + h_{II} - 2 h_i) / 2, \quad i = I, II.$$

Nous en déduisons :

$$(6''') \dot{h}_I - \dot{h}_{II} = -\delta (h_I - h_{II}), \quad \text{d'où :}$$

$$h_I - h_{II} = (h_{I0} - h_{II0}) e^{-\delta t}.$$

Les deux économies convergent vers un même niveau de capital humain, et donc de revenu et de consommation. TAMURA (1991) élabore cette idée. La limite de sa démarche est que le contenu économique exact du concept de capital humain est assez ambigu, et qu'il en est de même de celui de diffusion de ce facteur à travers les frontières. Nous verrons dans la section 4 que le recours à un cadre plus précis permet une réflexion économique plus approfondie (mais les travaux que nous présenterons alors n'aborderont pas le problème de la convergence).

### 3. CROISSANCE ENDOGENE ET PROGRES TECHNIQUE

Notre présentation du modèle de REBELO contenait un certain nombre d'imprécisions, dues notamment à ce que nous n'avions pas exposé les mécanismes de marché qui le sous-tendent. Dans ce modèle H peut être le mieux interprété comme le niveau des connaissances dans la société, et l'équation (6) comme la fonction de production des entreprises de recherche et développement (RD) qui étendent ce

niveau. Ces connaissances sont vendues à un système éducatif qui les incorpore, sans autre coût mais en échange d'un paiement, dans la main d'oeuvre, ce qui accroît la productivité de celle-ci. Une partie de cette main d'oeuvre travaille dans le troisième secteur de l'économie, qui fabrique le bien physique.

Nous voulons maintenant que les connaissances soient incorporées dans le capital physique. Il nous faut bien sûr distinguer ces connaissances A, du capital humain H qui peut être interprété au mieux maintenant comme l'emploi qualifié, L devenant alors l'emploi non qualifié. Nous continuons à considérer trois secteurs : celui qui développe les connaissances, celui qui les incorpore dans le capital physique et celui qui fabrique le bien final. ROMER (1990) modélise ces différents aspects d'une façon suffisamment détaillée pour être féconde pour l'analyse, sans être trop compliquée. Nous présentons sa spécification dans le premier paragraphe. Le second regroupe quelques tests empiriques de celle-ci.

### 3.1. Le modèle de ROMER

Celui-ci comporte trois facteurs de production. Les quantités disponibles dans la société des deux premiers, le capital humain H et le travail non qualifié L, sont exogènes et fixes. Le troisième facteur regroupe les biens d'équipement différenciés. Ceux-ci sont indexés par les points de l'axe réel positif :  $i \in \mathbb{R}^+$ . A un instant donné seuls les biens d'équipement dont les indices appartiennent au segment  $(0, A)$ , sont disponibles. A représente simultanément le nombre de variétés de biens d'équipement et le niveau des connaissances technologiques.

Le premier secteur regroupe les entreprises qui fabriquent un bien physique indifférencié. Elles sont en libre concurrence. Leur fonction de production est :

$$(14) Y = H_Y^\alpha L^\beta \int_0^A x_i^{1-\alpha-\beta} di, \quad 0 < \alpha, \beta, \alpha + \beta < 1.$$

$H_Y$  est l'emploi de capital humain dans ce secteur. Celui-ci utilise une quantité  $x_i$  de bien d'équipement  $i$ ,  $i \in (0, A)$ . Une fonction de production traditionnelle substituerait à l'intégrale du membre de droite de (14) l'expression :  $(\int_0^A x_i di)^{1-\alpha-\beta}$ . La

spécificité de la formalisation de ROMER est qu'elle suppose que les biens d'équipement sont imparfaitement substituables. Mais plus précisément elle impose que la productivité marginale d'un bien d'équipement ne dépende pas des niveaux utilisés des autres. Avec la spécification usuelle elle diminue quand ces niveaux augmentent. La fonction de production (14) est homogène de degré 1 par rapport aux trois facteurs de production, dont deux ne sont pas reproductibles. Une croissance à taux constant de l'output est cependant possible parce que Y est homogène de degré 1 par rapport au nombre de variétés de biens d'équipement, A.

Nous ne considérons dans ce paragraphe qu'un équilibre qui soit symétrique par rapport aux biens d'équipement, et en croissance équilibrée. Nous avons ainsi :  $x_i = x$ , pour tout i et toute date à partir de laquelle le bien i est disponible. La fonction de production (14) se réécrit alors :

$$(14') Y = A H_Y^\alpha L^\beta x^{1-\alpha-\beta}.$$

La production de bien indifférencié est répartie entre la consommation C et l'investissement K. Nous avons :

$$(15) Y = C + \dot{K}.$$

Le bien d'équipement i est fabriqué par une firme en situation de monopole. Celui-ci est assuré par le fait qu'elle détient le "design" de ce bien, qui lui permet de transformer sans autre coût une unité de bien indifférencié en  $\eta$  unités de bien i. Les biens d'équipement ne se déprécient pas. Si K désigne le capital physique (c'est-à-dire le cumul des investissements  $\dot{K}$ ), nous avons :

$$(16) K = \eta \int_0^A x_i di = \eta A x.$$

Cette relation permet de réécrire l'équation (14) sous la forme :

$$(14'') Y = (A H_Y)^\alpha (A L)^\beta K^{1-\alpha-\beta} \eta^{\alpha+\beta-1}.$$

Les équations (14'), (15) et celle-ci montrent qu'en croissance équilibrée la production Y, la consommation C et le capital K, doivent croître au même taux g que A, c'est à dire que le

développement des connaissances et de la gamme des biens d'équipement disponibles. En revanche le montant utilisé de chaque bien d'équipement  $x$ , ainsi que le capital humain employé dans la production de bien indifférencié  $H_Y$  restent fixes au cours du temps.

Le développement de nouveaux designs est le fait d'entreprises de RD, en concurrence parfaite. Elles n'utilisent que du capital humain pour un montant total  $H_A$ , et le parc de connaissances  $A$ . Leur fonction de production est :

$$(17) \dot{A} = \delta A H_A$$

La productivité du capital humain dans le secteur de RD est donc une fonction linéaire croissante des connaissances disponibles.

Chaque nouveau design est vendu au prix  $P_A$  à une entreprise fabriquant le bien d'équipement associé. Une entreprise de RD conçoit ainsi un bien privé qu'elle vend, le plan d'une nouvelle machine par exemple. Mais ce faisant elle contribue au développement général des connaissances, qui sont un bien public accessible gratuitement à tous.

Le capital humain  $H$  est réparti entre les secteurs du bien indifférencié d'une part, et de RD d'autre part. Nous avons l'équilibre comptable :

$$(18) H = H_Y + H_A .$$

Notons par  $w_H$  le taux de rémunération du capital humain en unités de bien indifférencié. Il est égal aux productivités marginales de ce facteur dans les deux secteurs où il est utilisé, mesurées dans de mêmes unités :

$$(19) w_H = \partial Y / \partial H_Y = \alpha A H_Y^{\alpha-1} L^\beta x^{1-\alpha-\beta} = P_A \partial A / \partial H_A = P_A \delta A .$$

L'entreprise fabriquant le bien d'équipement  $i$  loue celui-ci aux firmes produisant le bien indifférencié, au prix  $p$ . Celui-ci est indépendant de  $i$  et constant au cours du temps, sur l'équilibre symétrique de croissance équilibrée auquel nous limitons notre analyse. Ces firmes déterminent leur demande de ce bien de façon à maximiser leur profit :  $Y - p x A$ , sous la contrainte de leur

fonction de production (14'). Nous obtenons ainsi la fonction de demande inverse de bien d'équipement différencié :

$$(20) p(x) = (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta x^{-\alpha-\beta} .$$

Le fabricant monopoleur d'un bien d'équipement acquiert le design de celui-ci, dès qu'il est disponible, au prix  $P_A$ . Il en produit aussitôt le montant  $x$  en utilisant la quantité  $x / \eta$  de bien indifférencié. Si le taux d'intérêt, supposé constant en croissance équilibrée, est  $r$ , le profit actualisé de ce fabricant est :  $p(x) x / r - x / \eta - P_A$ . Le premier terme de cette expression est la valeur actualisée des loyers perçus. Ce profit est maximisé sous la contrainte de la fonction de demande pour le bien d'équipement (20). Nous obtenons le taux de location de ce bien :

$$(21) p = r \eta / (1 - \alpha - \beta) .$$

La valeur actualisée des loyers perçus,  $p / r$ , est égale au produit du coût marginal  $\eta$  par le taux de marge de monopole :  $1 / (1 - \alpha - \beta)$ .

La libre entrée dans le secteur de RD implique que le profit actualisé de ses firmes soit nul. De cette condition et des équations (20) et (21) nous déduisons :

$$(22) P_A = (\alpha + \beta) p x / r = (\alpha + \beta) (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta x^{1-\alpha-\beta} / r .$$

D'après l'équation (17) le taux de croissance  $g$  est égal à  $\delta H_A$ . Nous avons ainsi l'équation :

$$(23) g = \dot{C} / C = \dot{Y} / Y = \dot{K} / K = \dot{A} / A = \delta H_A .$$

Le taux de croissance est d'autant plus élevé que le capital humain employé dans le secteur de RD est élevé. La répartition de ce facteur entre les deux secteurs se déduit des équations (19) et (22). Nous obtenons :

$$(24) H_Y = \Lambda r / \delta , \text{ avec : } \Lambda = \alpha / [(1 - \alpha - \beta)(\alpha + \beta)] .$$

Le coût d'opportunité du capital humain est le revenu salarial qui peut être gagné au même instant dans le secteur fournissant le

bien indifférencié. Le rendement du capital humain dans la RD est un flux de revenu net que l'innovation génère dans le futur. Si le taux d'intérêt  $r$  augmente, la valeur actualisée de ce flux devient plus faible, on consacre moins de capital humain à la RD, et le taux de croissance diminue. Nous déduisons alors des équations (18) et (24) :

$$(25) \quad g = \delta H - \Lambda r .$$

Il nous reste à introduire les comportements des consommateurs. Ceux-ci maximisent la fonction d'utilité intertemporelle (9), ce qui conduit à la relation suivante entre les taux d'intérêt, de croissance de la consommation et d'impatience des ménages  $\rho$  :

$$(26) \quad r = \sigma \dot{C} / C + \rho = \sigma g + \rho .$$

Si le taux de croissance de la consommation devient plus élevé, les ménages souhaitent substituer de la consommation courante à de la consommation future, et sont prêts à emprunter plus cher. En substituant l'expression du taux d'intérêt que donne l'équation (26) dans la relation (25), nous obtenons le taux de croissance d'équilibre :

$$(27) \quad g = (\delta H - \Lambda \rho) / (1 + \Lambda \sigma) .$$

Ce modèle considère que les marchés présentent deux imperfections. D'abord les firmes fabriquant des biens d'équipement ont des rendements croissants et sont en concurrence monopolistique. Ensuite l'output des firmes de RD génère un effet externe par sa contribution au développement général de connaissances accessibles gratuitement par tous. Une de ses grandes qualités est qu'il explique la croissance par la répartition d'un facteur non reproductible, le capital humain, entre l'output de bien final et le développement des connaissances. Cela introduit une substitution entre niveau de production et taux de croissance.

Il est facile de montrer que le taux d'investissement  $\dot{K} / Y$  est égal à :  $(1 - \alpha - \beta)^2 g / (\sigma g + \rho)$ , et est une fonction croissante du taux d'expansion des connaissances  $g$ . On comprend ainsi la corrélation mise en évidence dans le paragraphe 1.3 entre taux d'investissement et gain de productivité, ainsi que la causalité du premier vers le second.

Les deux imperfections de marché expliquent que la proportion du capital humain disponible affectée à la RD est insuffisante, et que le taux de croissance d'équilibre est sous-optimal. ROMER (1990) donne l'expression du taux de croissance optimal :

$$(28) \ g^* = (\delta H - \Theta \rho) / (1 - \Theta + \Theta \sigma) , \text{ avec : } \Theta = \Lambda / (1 - \alpha - \beta) .$$

La comparaison des expressions (27) et (28) montre que  $g^*$  est plus grand que  $g$  pour deux raisons. D'abord  $\Theta$  est supérieur à  $\Lambda$  en proportion du taux de marge de monopole du secteur fabriquant les biens d'équipement. Ensuite, au dénominateur, le 1 de (27) est remplacé par  $(1 - \Theta)$  dans (28), ce qui résulte de l'effet externe de l'activité de RD.

Une subvention à l'investissement, financée par impôt forfaitaire, équivaut à une baisse du paramètre  $\eta$  pour les firmes, et n'affecte pas le taux de croissance. Cette subvention en effet augmente la quantité  $x$  de chaque bien d'équipement utilisé dans la production de bien indifférencié, et en conséquence la productivité marginale du capital humain dans ce secteur. Mais la plus forte demande de biens d'équipement accroît indirectement la rentabilité de la recherche et donc la productivité marginale du capital humain dans cet autre secteur. Ces deux effets se compensent avec la spécification choisie, et la répartition du capital humain entre les secteurs qui l'utilisent n'est pas altérée.

En revanche une subvention du taux d'intérêt a un effet favorable pour la croissance, en rendant la RD plus rentable. Une subvention directe de l'emploi qualifié dans le secteur de la RD, équivaut à une hausse de  $\delta$ , et est bénéfique pour la croissance.

Nous avons vu dans le paragraphe 1.3 que DE LONG et SUMMERS expliquaient principalement la croissance par l'investissement physique, et que des modèles de croissance endogène étaient fondés sur cette idée directrice. Le modèle de ROMER suggère que ces travaux pourraient reposer sur une confusion entre le niveau du parc de capital  $K$ , et sa qualité, mesurée par exemple par la diversité de la gamme de biens d'équipement. Cette confusion aurait alors le gros inconvénient d'attribuer des vertus équivalentes à une subvention à l'investissement et à une baisse du taux d'intérêt, alors que seule la seconde politique bénéficierait à la croissance.

L'équation (27) montre que le taux de croissance est d'autant plus fort que le niveau de capital humain initial est élevé. Si nous interprétons les taux de scolarisation initiaux PRIM60 et SEC60 de la régression (3) du paragraphe 1.2, comme des indicateurs du stock de capital humain, les résultats empiriques de BARRO (1991) sont en accord avec ceux théoriques de ROMER [BARRO propose une interprétation en ce sens (p. 409)].

L'équation (27) montre aussi que si le capital humain  $H$  est inférieur à  $\Lambda \rho / \delta$ , alors le modèle bute sur la contrainte de la non négativité des montants de ce facteur employés dans chaque secteur, et :  $H_Y = H$ ,  $H_A = g = 0$ . En dessous d'un certain niveau de capital humain, l'effort de RD et la croissance sont nuls. Les taux de croissance possibles de  $A$  sont alors trop faibles par rapport au taux d'impatience  $\rho$ , pour justifier le sacrifice de la production courante qu'ils requièrent. Ce piège de pauvreté peut contribuer à expliquer la croissance quasiment nulle de certains pays très pauvres.

Interprétons  $H$  comme l'emploi qualifié, et  $L$  comme celui non qualifié. Nous constatons que ce dernier n'a aucun effet sur la croissance. Mais si nous altérons la fonction de production (14) de façon à avoir une élasticité de substitution entre les deux facteurs travail inférieure à 1, nous avons un effet négatif. En effet une élévation de la main d'oeuvre non qualifiée disponible  $L$ , nécessite alors qu'une plus grande proportion de celle qualifiée soit affectée à la production de bien indifférencié, afin d'assurer l'encadrement requis. L'effort de RD et le taux de croissance diminuent en conséquence. Cette constatation permettrait d'expliquer pourquoi les Etats-Unis connaissent simultanément une forte expansion de la population active disponible et une faible progression de leur productivité, alors que l'Europe est dans la situation opposée. Elle peut être confirmée par l'attrait qu'auraient aux Etats-Unis les fonctions de cadre de gestion, de juriste, etc.. qui contribuent à l'organisation de la production, par rapport à celles d'ingénieurs qui développent des techniques et produits nouveaux. La situation opposée semble prévaloir en Europe. En suivant cette ligne de raisonnement, on peut se demander si une intégration économique des Etats-Unis avec le Mexique ne conduirait pas à réduire encore plus le taux de croissance américain de la productivité.

### 3.2. Vérfications empiriques

ROMER (1990a et b) effectue plusieurs tests de son modèle :

-Pour les Etats-Unis de 1840 à 1980, il calcule les taux de croissance de la population active et de la productivité par heures travaillées, sur des périodes de 20 années successives, et cela afin d'éliminer les composantes cycliques de ces grandeurs. Il observe alors une élasticité de l'ordre de -1 de la seconde variable par rapport à la première.

-Il cite des études sur l'histoire économique des Etats-Unis au dix-neuvième siècle, qui montrent que le nombre de brevets déposés était plus élevé dans les régions desservies par des voies navigables, ou que ce nombre augmentait dans une région quand un canal y était construit. Les moyens de transport avaient pour conséquence d'élargir la taille des aires économiques et donc celle du capital humain disponible. Selon l'analyse ci-dessus les activités de RD devaient augmenter et la croissance avec.

-Selon le modèle théorique, une variation du taux d'investissement a un effet plus fort sur la croissance, quand il résulte d'un progrès technologique que lorsqu'il traduit une simple élévation du niveau de capital à qualité de celui-ci inchangée. ROMER utilise les données de SUMMERS et HESTON en coupe instantanée de 1960 à 1985. Il suppose que l'investissement résulte d'abord du progrès technique et incorpore celui-ci, et au delà d'un simple élargissement du parc de capital. Le taux de croissance devrait donc augmenter moins que linéairement avec le taux d'investissement, ce qu'il observe sur ses données. Celles-ci montrent de plus que la force de cette liaison augmente avec le degré d'ouverture de l'économie, mais que celui-ci n'a pas d'effet direct sur la croissance. Ce résultat est en accord avec l'idée que les nations très ouvertes sur le reste du monde connaissent un progrès technique supérieur aux autres.

JOVANOVIC et LACH (1990) partent de l'équation (14), mais supposent que le nombre de biens d'équipement disponibles  $A$  a une évolution exogène, la même pour tous les pays du monde ; leur modèle n'a donc pas pour ambition d'expliquer les écarts de taux de croissance entre les nations. Ils supposent que les pays adoptent

les nouveaux biens d'équipement progressivement et à des rythmes différents. Ils essaient alors d'évaluer empiriquement la contribution de la vitesse à laquelle se diffusent les innovations dans les nations, à l'inégalité de leurs PIB par tête. En dépit des difficultés résultant de la rareté de données statistiques adéquates, leurs résultats suggèrent l'importance de ce lien. GROSSMAN et HELPMAN (1991e, p. 63-65, et 78-81) étendent le modèle de croissance endogène du paragraphe 3.1 en introduisant une dissémination progressive du progrès technique dans l'économie. Ils démontrent que, toutes choses égales par ailleurs, plus celle-ci est lente plus le taux de croissance est bas. LIPPI, MATHIS et REICHLIN (1992) développent cette idée de façon intéressante, et l'appliquent aux cinq grands pays industriels sur longue période [les données sont de MADDISON (1991)]. Ils concluent que les vitesses auxquelles se diffusent les innovations dans ces nations sont fortes et similaires, ce qui est en accord avec la concordance de leurs PIB par tête.

#### 4. CROISSANCE ENDOGENE ET ECHANGES INTERNATIONAUX

Le modèle de ROMER (1990) fournit un moyen fécond pour introduire l'endogénéité de la croissance dans des modèles de commerce extérieur. Des spécifications à deux pays mettent en évidence de nouveaux gains de l'échange, et permettent d'étendre la théorie d'HECKSCHER-OHLIN et celle des avantages comparatifs de RICARDO, comme le montrent les paragraphes 1 et 2. Le paragraphe 3 utilise le cadre d'analyse du petit pays face au reste du monde pour examiner des questions comme les liens entre les transferts de technologie et les échanges de marchandises, ou la déformation de la structure de la production au cours du processus de croissance.

Le paragraphe 4 examine le problème d'un Nord qui développe de nouveaux produits et d'un Sud qui conçoit des copies de ceux-ci. Il est ainsi possible de générer un modèle du cycle du produit à la VERNON, et d'étudier les interactions entre innovations et imitations. Dans le paragraphe 5 nous utilisons le cadre plus simple du modèle d'apprentissage pour aborder le cas où les échanges extérieurs conduisent un PVD à se spécialiser dans le secteur où il détient certes un avantage statique, mais qui a un faible potentiel

de croissance. Il met en évidence des inefficacités dynamiques, telle celle par exemple de l'industrie dans l'enfance.

Il existe un grand nombre de travaux empiriques établissant de façon convaincante que le protectionnisme est néfaste pour la croissance des PVD, comme le montre le paragraphe 6. Nous ne disposons pas en revanche de tests des modèles théoriques de cette section, qui évaluent les mécanismes économiques conduisant à cette conclusion, et qui la qualifient quelque peu.

#### 4.1. Commerce extérieur entre pays aux techniques de production identiques

Deux articles de RIVERA-BATIZ et ROMER (1991 a et b) abordent cette question dans le cas de deux nations aux caractéristiques identiques et conformes à celles définies par ROMER (1990).

L'intégration totale des deux pays équivaut à les remplacer par une nation d'une taille deux fois supérieure. A répartition inchangée du capital humain entre la production du bien indifférencié et la RD, celle-ci dispose d'un montant deux fois supérieur de ce facteur. Le rythme d'expansion des connaissances, qui détermine le taux de croissance, double en conséquence [équation (17)]. Mais à terme, les connaissances développées par chacun des pays seront rigoureusement différentes et le niveau de celles-ci sera le double de celui qui aurait prévalu en situation d'autarcie. Il en sera de même de la productivité marginale du capital humain dans la RD. Cette évolution encouragera un transfert de main d'oeuvre vers ce secteur au dépens de celui fabriquant le bien indifférencié, ce qui augmentera encore davantage le rythme d'expansion des connaissances et le taux de croissance. L'équation (27) confirme que celui-ci fait plus que doubler. L'effet bénéfique pour la RD d'une intégration économique de régions ou pays antérieurement séparés, est conforme aux constatations empiriques de ROMER sur l'histoire des Etats-Unis au dix-neuvième siècle, rappelées dans la section précédente.

Une simple libéralisation des échanges de marchandises entre les deux nations, vivant préalablement en autarcie, a pour effet de les obliger à développer des biens d'équipement, et donc des connaissances, différents, c'est-à-dire de supprimer les redondances

dans l'effort de RD. Chaque pays disposant d'une variété deux fois plus large de biens d'équipement, verra la productivité marginale de son capital humain dans le secteur produisant le bien indifférencié, doubler [équation (14)]. Mais les firmes de RD, confrontées à un marché deux fois plus large, pourront vendre leurs licences deux fois plus cher, ce qui accroîtra dans la même proportion la productivité marginale du capital humain qu'elles utilisent. La répartition de ce facteur entre les branches ne sera donc pas altérée. En conséquence le niveau de la production de bien indifférencié doublera, mais le taux de croissance restera inchangé.

Supposons maintenant que la libéralisation des marchandises soit accompagnée d'une libre circulation des idées, c'est-à-dire que les connaissances de chaque pays, qui étaient jusqu'à présent un bien public gratuit à la disposition de ses nationaux, soient également accessibles par son partenaire. Nous obtenons alors les mêmes résultats que dans le cas d'une intégration totale, et cela sans qu'il y soit besoin d'autoriser la circulation du capital humain ou du travail non qualifié entre les deux pays, ni les échanges internationaux de licences attachées aux designs des biens d'équipement.

RIVERA-BATIZ et ROMER (1991b) examinent deux libéralisations partielles.

1°) Les deux auteurs partent d'une situation de liberté des échanges de marchandises et de circulation des idées. Ils introduisent alors une taxe douanière à l'importation dans chacun des pays, et ils augmentent progressivement son taux qui est le même dans les deux nations. Ils obtiennent deux effets dans chacune d'entre elles. D'une part les exportations de biens d'équipement diminuent, ce qui rend plus étroit le marché duquel la RD extrait son profit de monopole, et réduit la productivité marginale du capital humain dans cette branche. D'autre part le secteur produisant le bien indifférencié utilise moins de biens d'équipement importés, ce qui diminue la productivité marginale du capital humain dans cette branche. Quand le tarif augmente, au début le premier effet est le plus puissant, du capital humain est transféré de la RD vers la production de bien indifférencié, et le taux de croissance diminue. Quand le droit de douane devient élevé, le second effet l'emporte et le taux de croissance se remet à augmenter, et tend vers une limite qui reste quand même inférieure à sa valeur de libre

échange.

2°) Il y a maintenant libre circulation des idées, mais le premier pays interdit l'importation d'une proportion  $q$  fixe des biens d'équipement déjà produits ou développés par son partenaire. Les entreprises de la nation 1 copient les "designs" de ces biens à un coût moindre que celui de RD supporté par le pays 2, puis en assurent la fabrication pour le marché local. La politique commerciale restrictive a deux effets négatifs sur la croissance. D'abord le capital humain affecté à l'activité de copiage ne contribue pas à l'élévation du niveau mondial des connaissances. Ensuite les développeurs du pays 2 savent qu'ils ont une probabilité  $q$  de voir le bien d'équipement nouveau dont ils vont concevoir le design, interdit du marché étranger. Cela décroît la rentabilité de la RD chez eux, et en conséquence la part du capital humain employée dans ce secteur.

Ainsi nous constatons que les échanges internationaux affectent la croissance à trois niveaux : ils découragent les redondances dans l'effort de RD, ils permettent une meilleure exploitation des rendements croissants de ce secteur, ils affectent la répartition du capital humain entre la production de bien indifférencié et la RD.

GROSSMAN et HELPMAN (1991c) ont développé un modèle de croissance endogène qui diffère significativement à certains égards de celui de ROMER (1990). Les produits différenciés s'interprètent maintenant comme des biens intermédiaires et sont en nombre fixe. Leur fabrication ne requiert que du capital humain, et ils interviennent dans la production du bien indifférencié à côté du travail non qualifié. Une entreprise de RD effectuant des recherches à la date  $t$ , a une probabilité  $\lambda z dt$  que celles-ci aboutissent sur l'intervalle de temps  $(t, t + dt)$  ;  $z$  représente la quantité de capital humain qu'elle emploie. Une innovation améliore la qualité d'un bien intermédiaire. La firme qui réussit à en concevoir un fabrique ensuite ce produit et le vend à un prix légèrement inférieur au coût marginal de l'ancien producteur (c'est-à-dire l'invention ne permet pas de percevoir l'intégralité de la rente de monopole). Cette entreprise est protégée par une patente empêchant des concurrents de copier l'innovation, mais elle n'a pas la possibilité de céder une licence de celle-ci, par exemple à l'ancien producteur qui serait alors en mesure d'acquérir la totalité de la rente de monopole. A un instant donné les biens intermédiaires ont

des qualités différentes dont il est possible de calculer la distribution.

Ce modèle a une forme réduite très voisine de celle du modèle de ROMER et permet d'obtenir des résultats semblables. Il a cependant la particularité nouvelle que l'équilibre peut être caractérisé par des dépenses excessives de RD, avec un rythme d'innovation et une croissance trop rapides du point de vue du bien-être social. La raison est que si l'innovateur ne prend en compte qu'une partie du gain qu'il crée, comme chez ROMER, il néglige aussi la perte sociale que représente l'obsolescence du mode de production de l'ancien bien intermédiaire, qui avait nécessité un coût de RD en son temps.

Les deux auteurs étendent alors leur modèle, en juxtaposant deux pays identiques à tous égards sauf dans leurs dotations en travail qualifié et non qualifié. Ils supposent que l'effort de RD aboutissant à l'amélioration d'un bien intermédiaire et la fabrication de ce produit de meilleure qualité, doivent avoir lieu non seulement dans la même entreprise, mais aussi dans le même pays : une firme ne peut pas délocaliser sa production à l'étranger. Il est possible de cibler un programme de RD sur un bien fabriqué dans l'autre nation [cette hypothèse correspond à la libre circulation des idées chez RIVERA-BATIZ et ROMER (1991a) et assure l'égalité des taux d'innovation des deux pays].

GROSSMAN et HELPMAN déterminent alors le domaine des dotations de facteurs non reproductibles tel que dans celui-ci la libre échange des marchandises converge vers la trajectoire de croissance équilibrée associée à l'intégration totale des deux économies. Ils obtiennent un théorème d'HECKSHER-OHLIN : la nation relativement bien dotée en travail qualifié se spécialise relativement en RD et en biens intermédiaires, c'est-à-dire dans les activités relativement intensives en ce facteur ; elle est aussi un exportateur net de produits intermédiaires et importe du bien indifférencié. Comme chacun des deux pays exporte une partie des biens intermédiaires qu'il produit, le modèle génère un commerce intrabranche. La raison de celui-ci est que le développement d'un produit de qualité supérieure requiert un coût fixe, et est donc analogue à celle qui est donnée dans les modèles statiques de commerce international avec biens différenciés.

Il existe un domaine des dotations de facteurs plus large pour lequel nous obtenons les mêmes résultats, si nous autorisons la délocalisation des opérations de production.

GROSSMAN et HELPMAN (1991e, chapitre7) établissent des résultats similaires dans un cadre voisin de celui de ROMER (1990), avec libre circulation des idées. Ils montrent que la libre circulation des capitaux n'altère pas de façon fondamentale ces conclusions. L'expérience du Japon leur semble fournir une confirmation empirique de leur modèle. Ce pays a accumulé un capital humain important de 1965 à 1987. Simultanément sa production et ses exportations ont progressivement concerné des produits de haute technologie, et la part des dépenses de RD dans le PIB a augmenté. En revanche les nations disposant d'une main d'oeuvre non qualifiée abondante (PVD) ou de ressources naturelles (Australie) restent relativement spécialisées dans la production et les exportations de biens courants (agricoles ou textiles).

#### 4.2. Commerce extérieur entre pays différenciés par leurs techniques de production

GROSSMAN et HELPMAN ont aussi développé un second modèle qui ne diffère que légèrement de celui de ROMER (1990). Il ne comporte qu'une seule catégorie de travail. Celui-ci est le seul facteur nécessaire à la production des biens différenciés qui s'interprètent encore comme des biens intermédiaires. Ceux-ci sont les seuls inputs dans la production du bien indifférencié, qui ne peut être que consommé. Le travail est ainsi réparti entre le secteur de la RD et celui des biens intermédiaires, et non plus entre la RD et le bien indifférencié comme chez ROMER.

GROSSMAN et HELPMAN (1990a) utilisent cette spécification dans un modèle à deux pays qui diffèrent par leurs productivités du travail dans les secteurs de la RD et des biens intermédiaires. La situation de référence étudiée est celle du libre échange des marchandises et des capitaux, avec libre circulation des idées. Mais ni les migrations de main d'oeuvre ni les exportations de designs, ne sont autorisées.

Les deux pays ont les mêmes taux de croissance équilibrée. Le

raisonnement est effectué en unités de capital humain effectif, c'est-à-dire divisé par la productivité de ce facteur dans l'activité de RD du pays où il se situe. La nation ayant un avantage relatif dans la RD affecte une part plus forte de sa main d'oeuvre à ce secteur, que son partenaire. Si la quantité de ce facteur augmente parallèlement dans chaque pays, il en est de même du taux de croissance mondial pour les raisons identifiées par ROMER. Si un transfert de main d'oeuvre est opéré du pays qui a un désavantage relatif dans la RD vers son partenaire, le taux de croissance mondial augmente. En combinant ces deux résultats nous remarquons qu'une élévation de la population active dans le pays ayant un avantage relatif dans la RD, augmente le taux de croissance mondial ; elle a en revanche un effet ambigu sur ce taux si elle a lieu dans l'autre nation.

Si un pays instaure un tarif douanier à l'importation, ou une subvention à l'exportation, pour le bien indifférencié, la fabrication de celui-ci devient plus rentable, et la part de cette nation dans la production mondiale de biens intermédiaires et de RD diminue. Aussi si ce pays est celui qui a un désavantage (avantage) relatif en RD, le taux de croissance mondial augmente (diminue). Cela suggère qu'une protection douanière de la part des PVD peut bénéficier au développement mondial. De même une aide publique de la RD a un effet bénéfique sur la croissance mondiale si elle est accordée dans le pays ayant un avantage relatif dans cette activité. Si les autorités de l'autre nation subventionnent le RD, le rythme de l'expansion mondiale sera freiné.

#### 4.3. Commerce extérieur d'un pays avec le reste du monde

GROSSMAN et HELPMAN (1991b) utilisent leur seconde spécification générale, comme dans le paragraphe précédent, pour modéliser un petit pays ouvert sur le reste du monde. Ses échanges de marchandises sont limités à deux biens de consommation indifférenciés : celui qu'il produit et celui qu'il importe. Les biens intermédiaires qu'il emploie ne peuvent être fabriqués que nationalement, et il n'y a pas d'échanges de capitaux. Son parc de connaissances  $A$  augmente avec la largeur de la gamme des biens intermédiaires, mais aussi avec la valeur cumulée des échanges extérieurs. Quand ceux-ci sont plus intenses, les contacts avec le reste du monde et l'accès à ses connaissances deviennent plus

importants. Le pays est dans la mesure d'innover davantage, d'élargir plus rapidement sa gamme de biens intermédiaires et en conséquence de croître plus vite. Une restriction des échanges extérieurs, par une taxe à l'importation par exemple, freine la croissance pour deux raisons. D'abord parce que les contacts internationaux et l'accès au parc de connaissances du reste du monde est réduit. Ensuite parce que la rentabilité du secteur produisant le bien de consommation domestique devient plus élevée, ce qui déplace une partie de la main d'oeuvre vers les biens intermédiaires, au dépens de la RD.

GROSSMAN et HELPMAN (1991e, chapitre 6) étendent cette analyse au cas où le pays produit les deux biens de consommation et utilise deux types de travail, qualifié et non qualifié. La RD n'emploie que de la main d'oeuvre qualifiée. Limitons-nous au cas où le parc de connaissances A ne dépend plus des échanges extérieurs. Si le libre échange rend le pays exportateur net du bien intensif en travail qualifié, c'est-à-dire s'il a un avantage comparatif statique dans ce bien, nous avons une baisse de l'effort de RD et du taux de croissance. Dans ce cas un droit de douane réduisant les échanges extérieurs aura un effet dynamique bénéfique en élevant la croissance. Mais il génèrera une inefficience statique s'il accroît la distorsion des prix entre biens de consommation (en environnement de libre concurrence) et biens intermédiaires (en concurrence monopolistique).

FUNG et ISHIKAWA (1992) complètent et améliorent le modèle précédent. Le petit pays fabrique maintenant deux biens finals. Le premier ne requiert pour sa fabrication que du travail et est caractérisé par des rendements décroissants. La production du second ne nécessite que des biens intermédiaires, et présente des rendements constants par rapport aux niveaux utilisés de ces biens et par rapport au nombre de leurs variétés. Les biens intermédiaires continuent à ne pouvoir être fabriqués que nationalement ; mais le développement des connaissances, et la conception de designs de nouveaux produits, ne dépendent plus maintenant que de l'effort de RD national, et ne bénéficient d'aucun apport du reste du monde. Les deux auteurs identifient un piège de pauvreté : en deça d'un certain seuil de connaissances il n'y a pas de croissance. Au delà, celle-ci est positive, avec un taux augmentant jusqu'à une limite finie. La croissance est accompagnée d'un transfert de main d'oeuvre du secteur produisant le premier bien final vers ceux des biens

intermédiaires et la RD. Le nombre de variétés et la production du second bien final augmentent, alors que celle de l'autre bien final diminue. Si le pays est pris dans le piège de pauvreté, une politique transitoire élevant suffisamment le niveau de connaissances, pourra l'en sortir. Ce pourra par exemple être une taxation du bien final non capitalistique, ou une subvention à l'emploi dans la RD.

#### 4.4. Le commerce Nord-Sud : innovation et imitation

GROSSMAN et HELPMAN (1991a) introduisent leur seconde spécification générale dans un modèle à deux pays, le Nord et le Sud, avec libre échange des marchandises et des capitaux, et libre circulation des idées. Le Nord innove dans son secteur de RD. Nous avons :

$$(29) \dot{A} / A = g ,$$

où  $A$  représente la largeur de la gamme de biens de intermédiaires disponibles et le niveau mondial des connaissances ;  $g$  est le taux de croissance mondial.

Le Sud copie des biens qui ont été développés dans le Nord, selon une fonction de production analogue à (17). La mise au point de la copie d'un design a un coût moindre que celui de son développement. Un bien copié peut être exporté vers le Nord. Il cesse alors d'être fabriqué dans ce pays.  $A_N$  et  $A_S$  désignent les gammes respectives de biens intermédiaires produits respectivement dans les deux pays. L'amplitude de l'activité de copie est mesurée par le paramètre  $\mu$  défini par :

$$(30) \dot{A}_S = \mu A_N .$$

En croissance équilibrée les proportions respectives des variétés de biens intermédiaires fabriqués dans le Nord et dans le Sud sont donc respectivement :  $g / (g + \mu)$ , et :  $\mu / (g + \mu)$ .

Les imitateurs du Sud choisissent aléatoirement dans le parc de produits fabriqués dans le Nord, ceux qu'ils vont copier puis fabriquer. Un bien est ainsi développé et produit dans le Nord, pour

être ultérieurement copié et fabriqué dans le Sud, ce qui est une formalisation d'un aspect du cycle du produit de VERNON.

L'activité d'imitation crée une inefficience au niveau mondial : l'effort des chercheurs dans ce secteur est redondant et serait mieux utilisé au développement de produits nouveaux. En réduisant l'espérance de la durée sur laquelle le développeur d'un tel produit pourra bénéficier de sa rente de monopole, elle rend la RD dans le Nord moins rentable, ce qui peut conduire à un transfert de travail de ce secteur vers l'autre. Mais en délocalisant une partie de la production de biens différenciés vers le Sud, elle libère dans le Nord de la main d'oeuvre employée dans ce secteur, diminue le coût du travail et accroît la production de chaque bien intermédiaire qui continue à être fabriqué. Ces évolutions encouragent la RD. Finalement les profits de cette activité sont plus éphémères, mais aussi plus élevés. Si ce dernier effet l'emporte, l'emploi dans le secteur de la RD augmente, et le taux de croissance mondial aussi.

GROSSMAN et HELPMAN (1991d) abordent le même problème en utilisant leur première spécification générale, présentée dans le paragraphe 4.1. Ils supposent que l'entreprise qui a conçu la version la plus moderne d'un bien intermédiaire (le "leader"), dispose d'un avantage compétitif dans la RD orientée vers l'amélioration de ce produit par rapport aux autres firmes du Nord (les "followers"). Cet avantage n'est pas suffisamment net pour décourager les "followers" d'essayer d'innover. Deux situations sont possibles :

1) Le bien est produit dans le Nord par le "leader", qui est menacé par une innovation d'un "follower" du Nord ou par la copie d'une entreprise du Sud;

2) Le bien est fabriqué par une entreprise du Sud, qui en a préalablement copié le "design" ; celle-ci est menacée par une innovation du "leader" ou d'un "follower" du Nord.

Une subvention à la RD dans le Nord augmente le rythme des innovations et donc le taux de croissance. Elle diminue le niveau de l'activité de copie dans le Sud, qui est partiellement découragée par la concurrence plus forte qu'exercent maintenant les "followers" du Nord.

Une subvention à l'imitation dans le Sud augmente le rythme des copies. Elle diminue le niveau de RD dans le Nord, et donc le taux de croissance, en décourageant partiellement l'effort pour innover chez les "followers".

Les deux auteurs considèrent aussi le cas où l'avantage de la firme du Nord qui a développé un produit intermédiaire est tel qu'aucune autre entreprise de cette région ne s'engagera dans un effort de RD pour améliorer ce produit. Seuls les "leaders" essaient d'améliorer les biens existants, et ceci dès qu'ils commencent à être imités et fabriqués dans le Sud. On remarque que la possibilité d'imitation par cette région est la force qui incite à innover. Les "followers" disparaissent de l'analyse qui devient plus simple, et les résultats sont altérés. Maintenant une aide à la recherche, comme à la copie, entraîne une élévation des rythmes d'innovation et d'imitation.

#### 4.5. Libéralisation commerciale et freinage de la croissance

1) La spécification plus simple que celles de ROMER ou de GROSSMAN et HELPMAN, du modèle d'apprentissage, se prête bien à l'examen de cette question. LUCAS (1988) considère un petit pays produisant deux biens finals en n'utilisant que du travail, selon les fonctions de production :

$$(31) Y_i = H_i u_i L, \quad i=1, 2.$$

$Y_i$  est la production du secteur  $i$ ,  $H_i$  sa productivité,  $L$  la population active disponible et  $u_i$  la part de celle-ci employée dans la branche  $i$ .  $H_i$  augmente avec l'effort  $u_i$  consacré à la fabrication du produit  $i$  :

$$(32) \dot{H}_i = \delta_i H_i u_i.$$

$\dot{H}_i$  est une production jointe de l'output  $Y_i$ . Chez REBELO (1990) il était en concurrence avec cet output dans l'affectation des facteurs [équations (5) et (6)]. Nous ne restreignons pas la généralité de l'étude en indexant par 1 le secteur ayant la croissance potentielle la plus forte :  $\delta_1 > \delta_2$ .

Quand le pays est en autarcie les productions finales sont consommées. La fonction d'utilité instantanée des ménages est :

$$[\alpha_1 C_1^{-\rho} + \alpha_2 C_2^{-\rho}]^{-1/\rho}, \alpha_i \geq 0, \alpha_1 + \alpha_2 = 1, \rho > -1.$$

$\sigma = 1 / (1 + \rho)$ , est l'élasticité de substitution entre les deux biens. Appelons  $q$  le prix de l'output 2 en terme de bien 1. Les conditions du premier ordre pour les ménages donnent :

$$(33) \quad q = (\alpha_2 / \alpha_1) (C_2 / C_1)^{-1/\sigma}.$$

Les entreprises de chaque secteur sont en libre concurrence, et maximisent leurs profits sans prendre en compte l'amélioration de la productivité de l'ensemble de leur branche à laquelle contribuent leurs activités individuelles. Nous avons :

$$(34) \quad q C_2 / C_1 = u_2 / u_1.$$

Des équations (31) et (34) nous déduisons :

$$(35) \quad q = H_1 / H_2.$$

En prenant la dérivée logarithmique de cette équation, et en utilisant (32) nous obtenons :

$$(35) \quad \dot{q} / q = (\delta_1 + \delta_2) u_1 - \delta_2.$$

Les équations (31), (33) et (35) permettent le calcul de  $u_1$ . Nous obtenons finalement :

$$(37) \quad \dot{q} / q = (\delta_1 + \delta_2) [1 + (\alpha_2 / \alpha_1)^\sigma q^{1-\sigma}]^{-1} - \delta_2.$$

Limitons-nous au cas où les deux biens sont fortement substituables :  $\sigma > 1$ . L'équation différentielle (37) a un état stationnaire unique  $\bar{q}$  qui est instable. Cela signifie que si à l'instant initial le rapport entre les productivités dans les deux secteurs vérifie :  $\bar{q} < (H_1 / H_2)_0$ , alors le pays se spécialisera progressivement dans la production du bien 1 qui est porteur d'une forte croissance. Si :  $(H_1 / H_2)_0 < \bar{q}$ , le pays se spécialisera dans

le bien 2.

En situation de libre échange des marchandises,  $q$  est fixé par le marché international. Supposons-le constant. Si à un instant donné :  $q < H_1 / H_2$ , le pays ne produira à cette date que du bien 1, le seul qui est rentable.  $H_1$  augmentera et l'inégalité continuera à être satisfaite. Ainsi si à l'instant initial le rapport des productivités dans les deux secteurs vérifie :  $q < (H_1 / H_2)_0$ , le pays se spécialisera immédiatement et définitivement dans le bien porteur d'une forte croissance. Il fera le choix opposé si :  $(H_1 / H_2)_0 < q$ .

Nous pouvons maintenant identifier les deux situations où le libre échange conduit à une spécialisation et une croissance différentes de l'autarcie.

a) Si :  $\bar{q} < (H_1 / H_2)_0 < q$ , le pays se spécialise dans le bien à forte croissance en autarcie, et dans celui à faible croissance en libre échange. S'il maintient suffisamment longtemps le régime d'autarcie, le rapport  $H_1 / H_2$  augmentera jusqu'à dépasser  $q$ , et il pourra alors opter pour le libre échange sans dommage. Nous avons ainsi une justification du protectionnisme en terme d'industrie dans l'enfance.

b) Si :  $q < (H_1 / H_2)_0 < \bar{q}$ , le pays se spécialise dans le bien à faible croissance en autarcie, et dans celui à forte croissance en libre échange. S'il maintient trop longtemps le régime d'autarcie, le rapport  $H_1 / H_2$  baissera en dessous de  $q$ , et le libre échange cessera de l'orienter vers la bonne spécialisation. Un protectionnisme temporaire aura détruit durablement son potentiel de croissance.

2) Nous allons maintenant considérer une variante du modèle précédent dans laquelle la productivité de chaque secteur augmente de façon exogène. Cette hypothèse peut être interprétée comme le cas limite d'un modèle d'apprentissage avec diffusion du progrès technique d'un secteur vers l'autre. Alors l'équation (32) est remplacée par :

$$(32') H_i = \delta_i H_i, \quad i = 1, 2, \quad \delta_1 > \delta_2.$$

En autarcie, en prenant la dérivée logarithmique de (35), nous obtenons l'équation qui remplace (36) :

$$(36) \dot{q} / q = \delta_1 - \delta_2 > 0 .$$

Alors le prix relatif du bien 2 en terme de bien 1 est :

$$(38) q = (H_1 / H_2)_0 \exp[(\delta_1 - \delta_2) t] \xrightarrow[t \rightarrow \infty]{} + \infty,$$

et la part de l'emploi affecté dans le secteur 1 est :

$$(39) u_1 = [1 + (\alpha_2 / \alpha_1)^\sigma q^{1-\sigma}]^{-1} \xrightarrow[t \rightarrow \infty]{} 1.$$

Le pays tend à se spécialiser dans la production du bien à forte croissance.

En libre échange notons par  $q^*$  le prix relatif du bien 2 en terme de bien 1, et supposons que le reste du monde soit semblable au PVD étudié, mais plus avancé et d'une taille très supérieure. Alors la dynamique de  $q^*$  est donnée par :

$$(40) \dot{q}^* = (H_1^* / H_2^*)_0 \exp[(\delta_1 - \delta_2) t] , (H_1^* / H_2^*)_0 > (H_1 / H_2)_0 .$$

L'écart de profit par unité de main d'oeuvre employée, entre les secteurs 2 et 1, est :  $q^* H_2 - H_1$ . Il est toujours positif et le PVD se spécialise dans le secteur à faible croissance, alors que le reste du monde plus développé fait le choix contraire. YOUNG (1991) développe un modèle qui approfondit ce raisonnement.

Dans les paragraphes 4.1 et 4.2 les connaissances se diffusaient librement et instantanément entre les deux pays. Il n'en est pas ainsi dans ce paragraphe, et cette hypothèse est la raison principale des phénomènes d'hystérésis qu'il met en évidence : la situation initiale d'un pays détermine la nature de sa spécialisation dans le long terme, et celle-ci peut être altérée par une politique temporaire. GROSSMAN et HELPMAN (1991e, chapitre 8) examinent cette question dans le même cadre que celui que nous avons rappelé à la fin du paragraphe 4.1, sauf qu'ils supposent que les idées ne peuvent circuler que nationalement, que les capitaux circulent librement, qu'il n'existe qu'un seul type de main d'oeuvre, et que les nations ne peuvent différer que par le montant

de celle-ci. Ils montrent alors que la RD finira par être concentrée dans un seul pays, dont le choix dépendra de son avantage initial en celle-ci et de sa taille, et que le bien indifférencié sera produit par son partenaire, et éventuellement par lui-même si sa taille est beaucoup plus grande. Ils démontrent qu'une aide temporaire à la RD dans l'autre pays peut renverser cette spécialisation.

#### 4.6. Vérifications empiriques

Les travaux empiriques essayant de relier le degré d'ouverture d'une économie à ses performance de croissance, sont très nombreux. EDWARDS (1991) est une bonne référence sur cette question. Il utilise les données de SUMMERS et HESTON pour 30 PVD, en coupe instantanée, sur la période 1970-1982. Il explique le taux de croissance d'un pays par son taux d'investissement, son PIB initial par tête et son degré d'ouverture. Celui-ci est mesuré d'une façon originale et satisfaisante. LEAMER (1988) avait construit un modèle empirique d'HECKSCHER-OHLIN avec 9 facteurs de production, 183 biens et 50 pays. Il avait alors proposé des indicateurs de barrières (et d'encouragements) aux échanges extérieurs fondés sur l'écart entre les flux de commerce international prévus par le modèle et ceux effectivement observés. EDWARDS utilise ces indicateurs.

Les régressions obtenues s'avèrent satisfaisantes. Les variables d'ouverture sont significatives, avec les signe attendus, et ont une forte influence sur les différences de performances de croissance. EDWARDS utilise aussi des mesures plus classiques de la protection commerciale, par exemple : la décôte de la monnaie sur le marché noir des devises, le tarif douanier moyen, l'indice (subjectif) d'ouverture publié par la Banque Mondiale, le pourcentage de biens soumis à des barrières non tarifaires. Tous ces indicateurs ont les signes et la significativité attendue, sauf le dernier. Celui-ci, il est vrai, ne prend pas en compte la sévérité des barrières qu'il identifie.

LEAMER (1992) donne une revue et une évaluation excellente des travaux portant sur les liens entre ouverture et croissance. Il remarque que dans des régressions en coupe instantanée, semblables à celles effectuées par EDWARDS, le degré d'ouverture a été souvent mesuré par le taux de croissance des exportations ou par le rapport de celles-ci au PIB. Cette dernière variable peut en fait dépendre

de beaucoup de facteurs autres que le degré de protectionnisme choisi par l'Etat, par exemple la taille du pays ou la structure de ses avantages comparatifs. Celle-ci peut d'ailleurs influencer directement la croissance. Sa déformation au cours du temps affecte le taux de croissance des échanges internationaux, indépendamment de toute politique commerciale.

Deux conclusions de LEAMER sont particulièrement intéressantes. D'abord il estime que les études détaillées de pays, effectuées par exemple dans le cadre des projets dirigés par BHAGWATI (1978) et KRUEGER (1978), constituent la démonstration la plus convaincante de l'effet favorable de l'ouverture d'une économie sur ses performances de croissance. Ces études lui semblent aussi proches qu'il est possible en économie des expériences contrôlées de la physique. Ensuite il remarque que si cet effet favorable est établi, les voies par lesquelles il s'exerce restent obscures. Il n'y a pas encore de test convaincant permettant de départager les nombreux modèles théoriques évoqués dans cette section.

## 5. EQUILIBRES MULTIPLES ET "BIG PUSH"

Le concept de "Big Push" de ROSENSTEIN-RODAN n'a donné lieu à une formalisation satisfaisante que récemment. Le premier paragraphe présente celle-ci et montre qu'elle repose sur l'hypothèse de concurrence monopolistique et d'imperfections des marchés. L'approche utilisée est cependant largement statique. Des extensions dynamiques sont exposées dans le paragraphe 2.

### 5.1 Le modèle de MURPHY, SHLEIFER et VISHNY (1988)

Ces auteurs ont construit un modèle donnant un contenu économique rigoureux au concept de "Big Push". Ils considèrent une économie avec un grand nombre de secteurs, chacun produisant un bien de consommation spécifique. La fonction d'utilité d'un ménage est égale à la somme des logarithmes de sa consommation en chacun de ces biens, ce qui implique qu'ils représentent une même part dans la dépense totale de cet agent. Le seul facteur de production est le travail ; le taux de salaire est choisi comme numéraire.

Dans chaque secteur il peut exister un grand nombre d'entreprises traditionnelles en concurrence parfaite, qui produisent une unité de bien avec une unité de travail. Il peut exister une entreprise moderne, qui a un coût fixe positif  $F$ , et une productivité marginale du travail  $\alpha$  supérieure à 1. Les entreprises traditionnelles ne peuvent vendre qu'au prix de 1. L'entreprise moderne, ou bien vendra à un prix très légèrement inférieur à 1 et capturera tout le marché, ou bien n'entrera pas sur celui-ci. Elle ne choisira pas un prix plus bas car, avec une élasticité-prix de la demande de  $-1$ , un monopole a intérêt à vendre aussi cher qu'il le peut. Chaque branche produit alors une même quantité  $y$ , indépendamment de la structure de sa production.

Soit  $n$  la proportion de secteurs dominés par une entreprise monopoliste moderne. La part relative de ceux-ci dans l'emploi total est :  $n (y / \alpha + F)$ . Celle des branches constituées d'entreprises traditionnelles est :  $(1 - n) y$ . Notons par  $L$  la population active disponible divisée par le nombre de secteurs. L'équilibre du marché de l'emploi s'écrit :

$$(41) \quad L = n (y / \alpha + F) + (1 - n) y .$$

Nous en déduisons la production de chaque bien :

$$(42) \quad y = (L - n F) / (1 - n a) , \text{ avec : } a = 1 - 1 / \alpha .$$

Le profit d'une entreprise moderne est alors :

$$(43) \quad \begin{aligned} \pi &= y - y / \alpha - F \\ &= a (L - n F) / (1 - n a) - F \\ &= (a L - F) / (1 - na) . \end{aligned}$$

Le cas intéressant est celui où :  $F < L$ , c'est-à-dire où le coût fixe n'est pas trop élevé. Alors deux situations sont possibles. Si :  $1 - 1 / \alpha < F / L$ , alors  $\pi$  est négatif quel que soit  $n$ , et la totalité de la production nationale est effectuée par le secteur traditionnel. Dans le cas contraire,  $\pi$  est positif pour tout  $n$ , et tous les biens sont produits par des entreprises modernes en monopole.

Ce résultat va à l'encontre de l'intuition de ROSENSTEIN-RODAN.

Si initialement toute la production est assurée par des entreprises traditionnelles, et s'il n'est pas profitable pour une firme moderne d'entrer dans un secteur, une coordination d'un grand nombre de ces entrées, sous l'égide de l'Etat par exemple, ne les rendront pas plus profitables. Une politique d'industrialisation générale ne crée pas les marchés requis pour son succès. En effet si une entreprise moderne s'empare d'un secteur, le pouvoir d'achat distribué nationalement représente la somme d'une masse salariale inchangée et d'un profit négatif. Le revenu total et donc la dépense des ménages diminuent, et il en est de même des tailles de tous les marchés et de la profitabilité des autres firmes modernes. Ainsi s'il est non rentable pour une firme moderne de se créer, il l'est davantage pour plusieurs.

Il suffit cependant d'amender ce modèle très légèrement pour obtenir une justification d'un "Big Push". Par exemple supposons que le salaire dans une entreprise moderne requis pour déplacer un travailleur du secteur traditionnel, doive être supérieur à la rémunération dans ce dernier secteur :  $1 + \nu$ ,  $\nu > 0$ , au lieu de 1.  $\nu$  peut représenter par exemple l'indemnisation d'un coût de migration de la campagne vers la ville. Pour que le profit marginal d'une firme moderne soit positif, ce coût salarial supplémentaire doit être inférieur à l'excédent de productivité du travail dans cette entreprise :  $\nu < \alpha - 1$ . Nous prenons maintenant le taux de salaire dans le secteur traditionnel comme numéraire. Le profit d'une entreprise moderne s'écrit :

$$\begin{aligned}
 (43') \quad \pi &= y - (1 + \nu) y / \alpha - (1 + \nu) F \\
 &= \{ [1 - (1 + \nu) / \alpha] L - (1 + \nu - \nu n) F \} \\
 &\quad / [1 - n (1 - 1 / \alpha)] .
 \end{aligned}$$

Supposons que  $\pi$  soit négatif quand :  $n = 0$ , ce qui équivaut à :

$$(44) \quad F > L (\alpha - 1 - \nu) / [\alpha (1 + \nu)] .$$

Il existe un équilibre tel que la production soit entièrement assurée par des firmes traditionnelles. Il ne sera pas profitable alors pour une entreprise moderne de s'emparer d'un secteur.

$\pi$  augmente avec la proportion  $n$  de branches modernes dans l'économie. Supposons que  $\pi$  soit positif quand :  $n = 1$ , ce qui équivaut à :

$$(46) F < L (\alpha - 1 - \nu) / \alpha .$$

Alors il existe un second équilibre tel que la production soit entièrement assurée par des entreprises modernes. Si celles-ci prévoient qu'une proportion du marché supérieure à  $\bar{n} = \{F(1 + \nu) - L(\alpha - 1 - \nu) / \alpha\} / (\nu F)$  adoptera finalement la technologie avancée, elles concluent que la demande pour leurs produits sera suffisante pour assurer leur rentabilité, et en conséquence elles s'empareront de la totalité des secteurs.

Maintenant quand une entreprise moderne remplace des firmes traditionnelles, la masse salariale distribuée augmente, ce qui contribue à élargir le revenu des ménages, la taille de chaque marché et leur profitabilité pour les firmes modernes. Cependant si nous partons de l'équilibre où tout l'output est produit par des firmes traditionnelles, nous ne passerons à l'autre équilibre que si chaque entrepreneur moderne est convaincu qu'au moins une proportion  $\bar{n}$  de l'économie s'industrialisera. Cela nécessite une coordination entre ces entreprises qui peut justifier une politique industrielle de l'Etat.

MURPHY, SHLEIFER et VISHNY développent d'autres variantes de leur modèle de base conduisant encore à la coexistence de deux équilibres, et à la nécessité d'une coordination des agents pour que l'économie s'installe sur le plus favorable. Dans l'une de ces variantes ils raisonnent sur deux périodes. Une entreprise moderne supporte un coût fixe  $F$  dans la première et bénéficie d'une situation de monopole dans la seconde. Dans celle-ci la taille des marchés dépend du nombre de firmes modernes qui sont créées durant la première période. Ainsi une décision par une telle entreprise de s'emparer d'un secteur, ne sera rentable que si un nombre minimum d'autres firmes modernes font le même choix dans d'autres branches. Ce modèle capture l'idée qu'une juxtaposition d'investissements individuellement non rentables peut conduire à les rendre profitables.

Cette variante est enrichie si nous ajoutons l'hypothèse que des investissements d'infrastructure doivent être effectués au cours de la première période pour que les entreprises modernes fonctionnent efficacement dans la seconde. Or ces investissements

n'apparaîtront rentables à un entrepreneur privé que s'il est assuré que suffisamment de firmes modernes vont se créer. Une coordination entre tous ces agents apparaît encore nécessaire.

La principale caractéristique du "Big Push" est qu'une entreprise ne capture dans son profit qu'une part de la contribution de son investissement au profit de la totalité des firmes. Chez MURPHY, SHLEIFER et VISHNY cette complémentarité opère par des effets sur les tailles des marchés en présence de rendements croissants. L'approche de ces auteurs est essentiellement statique. Elle a cependant inspiré des modèles de croissance endogène caractérisés par une multiplicité de trajectoires d'équilibre dont les taux de croissance diffèrent significativement. Ces modèles s'écartent cependant de ceux de MURPHY, SHLEIFER et VISHNY en ne supposant plus que l'externalité passe par de subtils mécanismes de marché, mais qu'elle est simplement d'ordre technologique.

## 5.2 Extensions dynamiques

1) En simplifiant de façon notable, l'idée générale d'AZARIADIS et DRAZEN (1990) peut être formalisée comme suit. Considérons la version du modèle de REBELO ayant pour fonctions de production :

$$(5') C = A L_1 H .$$

$$(6'') \dot{H} / H = \gamma(L_2) L_2 .$$

L'économie est constituée d'agents identiques qui répartissent leur temps entre les deux branches, pour des durées respectives  $L_1$  et  $L_2$ . La productivité du temps alloué dans le secteur développant le capital humain croît avec l'effort général que lui consacre la société : le coefficient  $\gamma(L_2)$  est une fonction non décroissante de  $L_2$ . Nous avons donc une externalité dans cette branche (qui n'est bien sûr pas internalisée lors des prises de décision individuelles qui s'opèrent en considérant  $\gamma$  exogène).

Supposons que  $\gamma(L_2)$  ne puisse prendre que deux valeurs :  $0 < \gamma_1 < \gamma_2$ , la première pour :  $0 < L_2 < L_2^*$ , la seconde pour :  $L_2 > L_2^*$ , où  $L_2^*$  est exogène et fixe. Supposons aussi, pour

simplifier, que le choix individuel du temps affecté à l'amélioration du capital humain, soit une fonction croissante de la production de ce secteur :  $L_2(\gamma)$ . Nous avons à l'équilibre :

$$(46) L_2 = L_2[\gamma(L_2)].$$

Cette équation a deux solutions si :  $0 < L_2(\gamma_1) < L_2^* < L_2(\gamma_2)$ . Il existe alors deux sentiers d'équilibre, de taux de croissance respectifs  $\gamma_1$  et  $\gamma_2$ . Si l'économie évolue sur celui dont l'expansion est la plus faible, il lui est possible de sauter instantanément sur l'autre, si suffisamment d'agents décident simultanément d'accroître le temps qu'ils consacrent au développement du capital humain, de  $L_2(\gamma_1)$  à  $L_2(\gamma_2)$ . Il est évidemment désavantageux pour un agent de prendre cette décision isolément. Nous avons donc un problème de coordination similaire à ceux analysés par MURPHY, SHLEIFER et VISHNY.

2) DURLAUF (1991a, b et c) considère une économie produisant un bien unique non stockable, dans un grand nombre de secteurs, composés eux-mêmes d'une multitude d'entreprises. Les firmes d'une même branche disposent de la même technologie, mais celle-ci diffère entre les secteurs.

A chaque période une branche doit choisir entre deux techniques de production, une moderne et une traditionnelle. Elles n'utilisent comme input que de la consommation intermédiaire de bien produit durant la période précédente. La première technique a une productivité marginale plus élevée que la seconde, mais implique en revanche un coût fixe. Sa productivité augmente avec la proportion de branches voisines l'ayant utilisée durant la période précédente, et bien sûr si la branche considérée l'a employée alors.

Il est de l'intérêt général que tous les secteurs utilisent la technique moderne. Mais la décision d'une branche dépend de ses prévisions sur les choix des techniques des secteurs voisins. Il peut exister ainsi plusieurs équilibres en l'absence d'une coordination explicite.

Si initialement, la technique traditionnelle est la seule utilisée, il est possible que l'économie introduise le mode de fabrication moderne d'abord dans quelques branches. Cela diffuse un gain de productivité vers les secteurs qui leur sont proches, et

incite ceux-ci à opter pour cette technique. Cette propagation de la technologie moderne se poursuit jusqu'à son adoption par tous les producteurs. Nous obtenons ainsi une dynamique déséquilibrée de la croissance qui évoque celle de HIRSCHMAN.

Les articles de DURLAUF sont mathématiquement difficiles, traitent plus du cycle que de la croissance endogène, et ont un contenu économique qui n'est pas toujours transparent.

## BIBLIOGRAPHIE

- AIZENMAN Joshua et Nancy MARION (1991) - "Policy uncertainty, Persistence and Growth", NBER Working Paper n° 3848.
- AMABLE Bruno et Dominique GUELLEC (1992) - "Un panorama des théories de la croissance endogène", Revue d'Economie Politique, à paraître.
- AZARIADIS Costas et Allan DRAZEN (1990) - "Threshold Externalities in Economic Development", The Quarterly Journal of Economics, 105, p. 501-526.
- BARRO Robert J. (1991) - "Economic Growth in a Cross Section of Countries", Quarterly Journal of Economics, 106, p. 407-443.
- BARRO Robert J. et Xavier SALA-I-MARTIN (1991) - "Convergence across States and Regions", Brookings Papers on Economic Activity, n° 1, p. 107-158.
- BARRO Robert J. et Xavier SALA-I-MARTIN (1992) - "Convergence", Journal of Political Economy, 100, p. 223-251.
- BEAN Charles R. (1990) - "Endogenous Growth and the Procyclical Behaviour of Productivity", European Economic Review, 34, p. 355-363.
- BECKER Gary S., Kevin M. MURPHY et Robert TAMURA (1990) - "Human Capital, Fertility, and Economic Growth", Journal of Political Economy, 98, p. S12-S37.
- BENHABIB Jess et Boyan JOVANOVIC (1991) - "Externalities and Growth Accounting", The American Economic Review, 81, p. 82-113.
- BERNARD Andrew B. et Steven N. DURLAUF (1991a) - "Convergence of International Output Movements", NBER Discussion Paper n° 3717.

- BERNARD Andrew B. et Steven N. DURLAUF (1991b) - "Interpreting Tests of the Convergence Hypothesis", ronéotypé, MIT, Cambridge, Ma., août.
- BHAGWATI Jagdish (1978) - Foreign Trade Regimes and Economic Development : Anatomy and Consequences of Exchange Control Regimes, Ballinger, Cambridge, Ma.
- BUITER Willem H. et Kenneth M. KLETZER (1991) - "Persistent Differences in National Productivity Growth Rates with a Common Technology and Free Capital Mobility : The Roles of Private Thrift, Public Debt, Capital Taxation and Policy Towards Human Capital Formation", NBER Working Paper, n° 3637.
- COHEN Daniel (1989) - "Slow Growth and Large LDC Debt in the Eighties", ronéotypé CEPREMAP, Paris, novembre.
- COHEN Daniel (1991) - "Tests of the "Convergence Hypothesis" : A Critical Note", ronéotypé CEPREMAP, Paris, septembre.
- COHEN Daniel et Philippe MICHEL (1991) - "Laissez-faire and Expropriation of Foreign Capital in a Growing Economy", European Economic Review, 35, p. 527-534.
- DE LONG J. Bradford et Lawrence SUMMERS (1991) - "Equipment Investment and Economic Growth", Quarterly Journal of Economics, 106, p. 445-502.
- DURLAUF Steven N. (1991a) - "Multiplia Equilibria and Persistence in Aggregate Fluctuations", The American Economic Review, 81, p. 70- 74.
- DURLAUF Steven N. (1991b) - "Path Dependence in Aggregate Output", NBER Working Paper, n° 3718.
- DURLAUF Steven N. (1991c) - "Nonergodic Economic Growth", NBER Working Paper, n° 3719.
- DURLAUF Steven N. et Paul JONHSON (1992) - "Local versus Global Convergence across National Economies", NBER Working Paper, n° 3996.

- EDWARDS Sebastian (1991) - "Trade Orientation, Distortion and Growth in Developing Countries", NBER Working Paper, n° 3716.
- EASTERLY William (1991) - "Economic Stagnation, Fixed Factors, and Policy Tresholds", communication au colloque Nouvelles Théories de la Croissance, Marrakech, 8-9 avril 1992.
- ERLICH Isaac et Francis T. LUI (1991) - "Intergenerational Trade, Longevity, and Economic Growth", Journal of Political Economy, 99, p. 1029-1059.
- FISCHER Stanley (1991) - "Growth, Macroeconomics, and Development", NBER Working Paper, n° 3702.
- FUNG Ka-yiu Michael et Jota ISHIKAWA (1992) - "Dynamic Increasing Returns, Technology and Economic Growth in a Small Open Economy", Journal of Development Economics, 37, p. 63-87.
- GLACHANT Jérôme (1992) - "Coeur de croissance dans une économie log-linéaire", communication au colloque Nouvelles Théories de la Croissance, Marrakech, 8-9 avril 1992.
- GROSSMAN Gene M. et Elhanan HELPMAN (1990a) - "Comparative Advantage and Long-Run Growth", The American Economic Review, 80, p. 796-815.
- GROSSMAN Gene M. et Elhanan HELPMAN (1991a) - "Endogenous Product Cycles", The Economic Journal, 101, p. 1214-1229.
- GROSSMAN Gene M. et Elhanan HELPMAN (1991b) - "Trade, Knowledge Spillovers, and Growth", European Economic Review, 35, p. 517-526.
- GROSSMAN Gene M. et Elhanan HELPMAN (1991c) - "Quality Ladders in the Theory of Growth", Review of Economic Studies, 58, p. 43-61.
- GROSSMAN Gene M. et Elhanan HELPMAN (1991d) - "Quality Ladders and Product Cycles", The Quarterly Journal of Economics, 106, p. 557-586.

- GROSSMAN Gene M. et Elhanan HELPMAN (1991e) - Innovation and Growth in the Global Economy, The MIT Press, Cambridge, Mass.
- JOVANOVIC Boyan et Saul LACH (1990) - "The Diffusion of Technology and Inequality Among Nations", ronéotypé.
- KHAN Moshin S. et Delano VILLANUEVA (1991) - "Macroeconomic Policies and Long-Term Growth : A Conceptual and Empirical Review", communication au colloque Nouvelles Théories de la Croissance, Marrakech, 8-9 avril 1992.
- KING Robert G. et Sergio REBELO (1990) - "Public Policy and Economic Growth : Developing Neoclassical Implications" Journal of Political Economy, 98, p. S126-S150.
- KRUEGER Anne O. (1978) -Foreign Trade Regimes and Economic Development : Liberalization Attempts and Consequences, Ballinger, Cambridge, Ma.
- KRUEGER Anne O. et David ORSMOND (1990) - "Impact of Government on Growth and Trade", NBER Working Paper n° 3545.
- JONES Larry E., Rodolfo E. MUNUELLI et Peter ROSSI (1991) - "Optimal Taxation in Models of Endogenous Growth", communication au colloque Nouvelles Théories de la Croissance, Marrakech, 8-9 avril 1992.
- LEAMER Edward E. (1988) - "Measures of Openness", dans Robert E. BALDWIN éd., Trade Policy and Empirical Analysis, University of Chicago Press, Chicago.
- LEAMER Edward E. (1992) - "Testing Trade Theory", NBER Working Paper, n° 3957.
- LIPPI Mario, Alexandre MATHIS et Lucrezia REICHLIN (1992) - "Does Diffusion of Technical Change Matter ? An Analysis of the Historical Statistics of the Largest Industrial Countries", communication au colloque Nouvelles Théories de la Croissance, Marrakech, 8-9 avril 1992.

- LUCAS Robert E., Jr. (1988) - "On the Mechanics of Economic Development", Journal of Monetary Economics, 22, p. 3-42.
- LUCAS Robert E., Jr. (1990a) - "Why Doesn't Capital Flow from Rich to Poor Countries ?" The American Economic Review, 80, p. 92-96.
- LUCAS Robert E., Jr. (1990b) - "Supply-Side Economics : An Analytical Review", Oxford Economic Paper, 42, p. 293-316.
- MADDISON Angus (1982) - Phases of Capitalist Development, Oxford University Press, Oxford.
- MADDISON Angus (1989) - The World Economy in the 20th Century, Centre de Développement de l'OCDE, Paris.
- MADDISON Angus (1991) - Dynamic Forces in Capitalist Development. A Long-Run Comparative View, Oxford University Press, Oxford.
- MANKIW Gregory, David ROMER et David N. WEIL (1990) - "A Contribution to the Empirics of Economic Growth", NBER Discussion Paper n° 3541.
- MURPHY Kevin M., Andrei SHLEIFER et Robert VISHNY (1988) - "Industrialization and the Big Push", NBER Working Paper, n° 2708.
- MURPHY Kevin M., Andrei SHLEIFER et Robert VISHNY (1991) - "The Allocation of Talent : Implications for Growth", The Quarterly Journal of Economics, 106, p. 503-530.
- OTANI Ichiro et Delano VILLANUEVA (1990) - "Long-Term Growth in Developing Countries and Its Determinants : An Empirical Analysis", World Development, 18, p. 769-783.
- PERSSON Torsten et Guido TABELLINI (1991) - "Is Inequality Harmful for Growth ? Theory and Evidence", NBER Working Paper n° 3599.
- REBELO Sergio (1991) - "Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth", Journal of Political Economy, 99, p. 500-521.
- REBELO Sergio et Nancy L. STOCKEY (1991) - "Growth Effects of

Flat-Rate Taxes", ronéotypé, 13 octobre.

RIVERA-BATIZ Luis A. et Paul M. ROMER (1991a) - "Economic Integration and Endogenous Growth", Quarterly Journal of Economics, 106, p. 531-555.

RIVERA-BATIZ Luis A. et Paul M. ROMER (1991b) - "International Trade with Endogenous Technological Change", European Economic Review, 35, p. 971-1004.

ROMER Paul M. (1990a) - "Endogenous Technological Change", Journal of Political Economy, 98, p. S71-S102, traduction en français dans Annales d'Economie et de Statistique, n° 22, p. 1-32.

ROMER Paul M. (1990b) - "Capital, Labor, and Productivity", Brookings Papers on Economic Activity. Microeconomics, p. 337-367.

SAINT-PAUL Gilles et Thierry VERDIER (1991) - "Education, Democracy, and Growth", Document de Travail du DELTA n° 9127, Paris.

SALA-I-MARTIN Xavier (1990) - "Lecture Notes on Economic Growth (I) : Introduction to the Literature and Neoclassical Models ; (II) : Five Prototype Models of Endogenous Growth", NBER Working Papers n° 3563 et 3564.

SUMMERS Robert et Alan HESTON (1991) - "The Penn World Table (Mark5) : An Expanded Set of International Comparisons, 1950-1988", Quarterly Journal of Economics, 106, p. 327-368.

TAMURA Robert (1991) - "Income Convergence in an Endogenous Growth Model", Journal of Political Economy, 99, p. 522-540.

YOUNG Alwyn (1991) - "Learning by Doing and the Dynamic Effects of International Trade", Quarterly Journal of Economics, 106, p. 369-405.