

CEPREMAP

FORMALISATION DU LONG TERME :  
UNE REVUE DE LITTÉRATURE (\*)

par

Robert BOYER et Pierre MALGRANGE (CEPREMAP-CNRS)

(Février 1989)

N° 8906

---

(\*) *Ce rapport répond au contrat de programme pour 1988 entre le C.G.P. et le CEPREMAP au titre de la méthodologie de modélisation du long terme (thème 2.1).*

1875

1876

1877

1878

1879

## FORMALISATION DU LONG TERME : UNE REVUE DE LITTÉRATURE.

Robert BOYER et Pierre MALGRANGE

### RESUME

Fondamentalement la formalisation du long terme suppose la mise en évidence de relations croisées entre variables économiques, changements institutionnels, évolutions démographiques et transformations technologiques ainsi qu'écologiques. Il est d'abord montré que le long terme des modèles macroéconométriques a plus une vertu analytique qu'il n'éclaire les décisions à longue portée. Pour leur part, les meilleurs travaux de prospective manifestent une grande prudence méthodologique et combinent une série d'outils, opérant à un niveau suffisamment agrégé pour éviter le piège d'une description à prétention d'exhaustivité. C'est sans doute dans le domaine de la technologie, que les modélisations d'inspiration néo-schumpétérienne ont récemment réalisé des progrès significatifs, susceptibles d'être intégrés dans d'éventuels travaux de prospective. De même, l'économiste pourrait bénéficier des outils forgés par la théorie des systèmes dynamiques et s'inspirer de certains modèles démographiques ou écologiques. Enfin, une réflexion raisonnée sur l'histoire longue et des études en coupe internationale permettent de faire ressortir tout à la fois les continuités mais aussi les changements tant qualitatifs que quantitatifs sans oublier les spécificités de trajectoires nationales. C'est par combinaison de ces divers angles d'approche que pourraient progresser les formalisations du long terme.

## FORMALIZING LONG RUN DYNAMICS: A SURVEY.

Robert BOYER and Pierre MALGRANGE

### ABSTRACT

Basically, the study of the long run aims at formalizing the two sided relationships between economic trends, institutions, demography, technology and ecology. It is first argued that the long run implicit in conventional macroeconomic models is mainly analytical and does not give information relevant for long run decision. The best prospective studies exhibit many methodological caveats and are melting a series of different approaches and tools. The temptation of an exhaustive description of detailed technical changes has to be resisted against: very costly to implement, the related results are generally rather disappointing. During the last decade, neo-schumpeterian models have provided new insights upon technological change, which could be plugged into long run models. Likewise, the economists could benefit from advances in the related areas of mathematical theory of dynamical systems, and consider demographical and ecological models. Finally, studies of the long run history, and relevant cross national analyses, might disentangle between trends and continuities, as well as qualitative and therefore quantitative changes, and exhibit specific national patterns. Mixing all these approaches could help in improving long run formalizations.

**J.E.L. CLASSIFICATION SYSTEM:** 040 - 111 - 112 - 213 - 620 - 720 - 840.

**KEY WORDS:** Economic History, Growth Theory and Models, Demography, Natural Ressources, Technical Change, Mathematical Dynamical Systems, Econometric Models.

**MOTS CLES :** Histoire économique, Théorie et modèles de croissance, Démographie, Ecologie, Changement technique, Théorie des systèmes dynamiques, Modèles économétriques.

1914

1914

1914

1914

1914

1914

1914

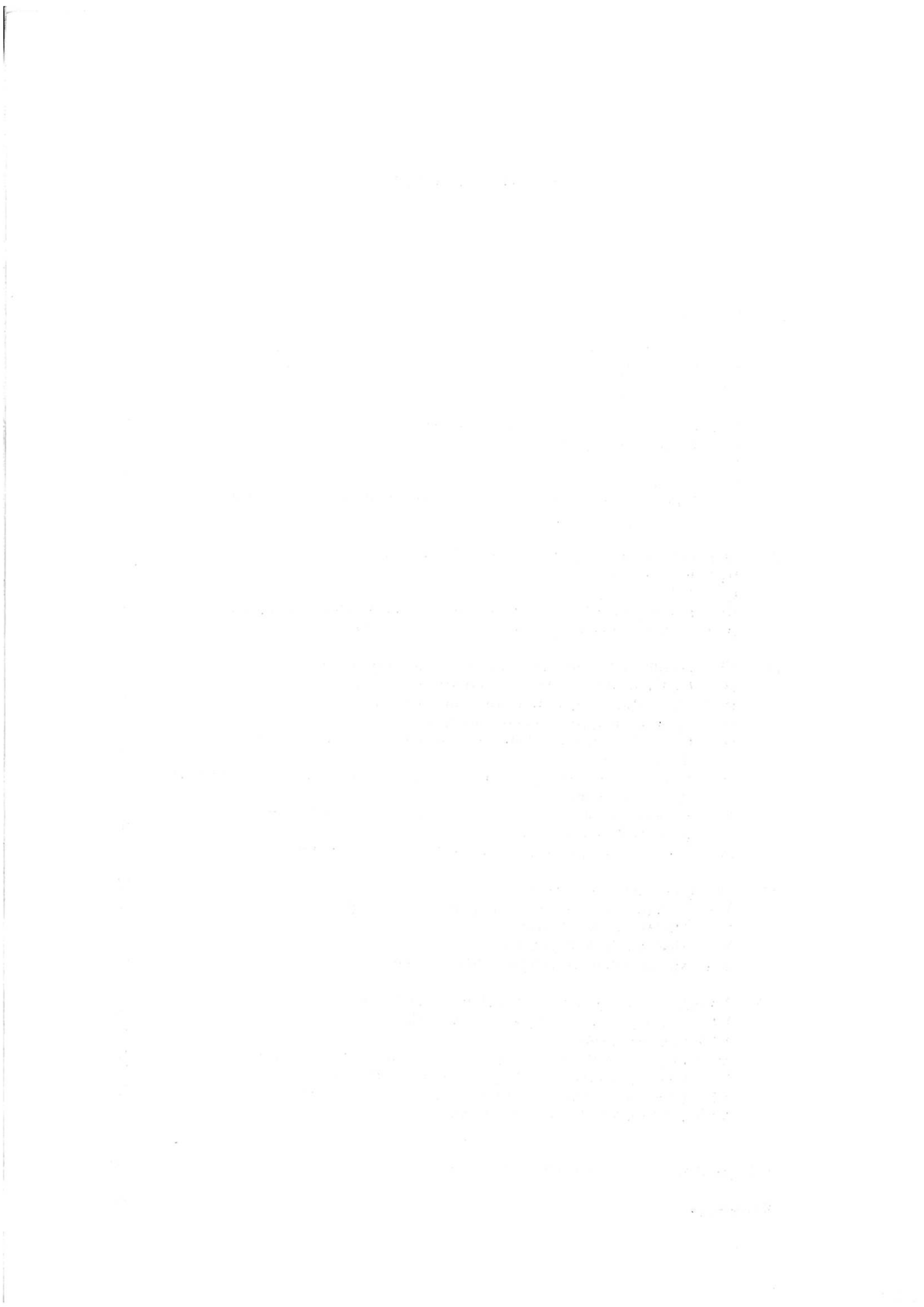
1914

1914

1914

## TABLE DES MATIERES

I.	Introduction	1
	I.1 Objet	1
	I.2 Nécessité du dépassement de l'autonomie de l'économie	2
	I.3 La formalisation du long terme est-elle un projet raisonnable ?	2
	I.4 Annonce de plan	5
II.	Le point des approches actuellement utilisées	6
	II.1 Le point de départ	6
	II.2 Travaux INTERFUTURS	7
	II.3 Travaux IIASA	9
	II.4 L'intérêt d'une comparaison prévisions-réalisations pour quelques grandes projections passées	10
III.	Le long terme des modèles macroéconométriques	12
	III.1 Introduction	12
	III.2 Méthodologie	12
	III.3 Résolution et Interprétation statistique du système de long terme	14
	III.4 Analyse économique du système de long terme	15
IV.	Changements techniques et modèles néo-Schumpétériens	17
	IV.1 Un thème délaissé par les modèles keynésiens	17
	IV.2 Les problématiques des néo-schumpétériens	18
	IV.3 Modèles de diffusion et de rattrapage	20
	IV.4 Endogénéisation du changement technique par la RD et ses déterminants	24
	IV.5 Incorporation dans les équipements, les infrastructures, le savoir-faire de la main-d'oeuvre	27
	IV.6 Phénomènes d'apprentissage et modèles dynamiques d'établissement de nouvelles techniques	29
	IV.7 Un chantier à ouvrir pour la modélisation du long terme	31
V.	Les apports potentiels d'autres domaines	32
	V.1 Théorie mathématique des systèmes dynamiques	32
	V.2 Modèles cybernétiques	33
	V.3 Modèles de démographie	34
	V.4 Modélisation écologique et bio-économique	37
VI.	Modèles "historiques" sur séries longues et cliométrie	39
	VI.1 Les approches en coupe internationale	39
	VI.2 Les ondes longues	41
	VI.3 Les tests de maquettes sur séries conjoncturelles du passé	42
	VI.4 Unicité ou variété des régimes et modes de régulation ?	44
	VI.5 Le rôle des facteurs socio-politiques et institutionnels	46
	VI.6 Les modèles de dynamique longue	47
VII.	Conclusion.: un chantier ardu mais essentiel	49
	Références	51



## FORMALISATION DU LONG TERME : UNE REVUE DE LITTÉRATURE

### I. INTRODUCTION

#### I.1 **Objet : Suggérer des enrichissements de la modélisation**

Il est bien connu que la formalisation du long terme est un domaine particulièrement inconfortable. En effet, il est bien souvent nécessaire de sortir du champ d'investigation de la formalisation économique usuelle, pour tenter de prendre en compte des phénomènes dont l'influence est ressentie comme essentielle à échéance lointaine. Cette investigation de certains faubourgs de l'économie est souvent réalisée d'une manière quelque peu arbitraire (voire même parfois fumeuse) en raison du manque de références solides ou du moins consensuelles sur la manière de les traiter en périphériques de l'économie. L'objet de cette revue de littérature est ainsi de balayer un certain nombre de domaines sans se limiter au cadre de l'économie, pour tenter d'en extraire des éléments de formalisation non standards dans la modélisation traditionnelle. Nous tenterons certes dans la mesure du possible d'évaluer la pertinence économique de ces éléments.

Il convient tout d'abord dans cette introduction de lever une ambiguïté liée au concept de long terme. Il faut soigneusement distinguer en effet entre le "long terme" des théoriciens qui se réfère au comportement asymptotique d'une représentation formalisée donnée, que ce soit un mécanisme isolé (ex.: propension à consommer de long terme) ou un ensemble cohérent de relations économiques (ex. : long terme du modèle MicroDMS), et la recherche de formalisation de ce qui pourrait arriver dans quinze à trente ans. Dans le second cas, l'analyse du long terme est un projet particulièrement ambitieux, puisque l'on cherche alors à anticiper le plus rationnellement possible ce que la réalité nous réservera dans "longtemps" et quel sera le champ des possibles, alors que la première approche vise seulement à élucider le devenir lointain d'un système formel donné. C'est évidemment l'avenir concret qui intéresse le praticien, c'est-à-dire la deuxième optique. Autrement dit, la modélisation du long terme le concerne classiquement comme élément intégré dans une démarche prospective beaucoup plus large. Toutefois un point important, qui fait justement l'objet d'un chapitre, consiste à montrer que l'étude des propriétés à long terme d'un modèle macroéconomique traditionnel apporte des informations utiles sur les forces et les

faiblesses de ce dernier, particulièrement quant-à ses fondements théoriques et son aptitude à fédérer les réflexions quantitatives diverses relevant de la longue période.

## I.2 Nécessité du dépassement de l'autonomie de l'économique

Intuitivement, à l'idée de long terme est associée celle d'*interdépendance générale* et c'est peut-être ce qui rend le projet de le quantifier si ambitieux et en même temps si fragile. En effet, n'est plus tenable l'hypothèse, fructueuse dans le court terme, d'autonomie de l'économique par rapport aux autres disciplines, ou plus précisément de hiérarchisation positionnant certains domaines en amont, exogènes, comme le démographique ou le social, et d'autres en aval tel l'écologique, sans effet en retour sur les mécanismes économiques. C'est la raison pour laquelle le long terme suscite souvent l'élaboration de modèles de grande taille voire une démarche de type "prospectif" réunissant une variété de spécialistes pour qui les prévisions formalisées ne sont qu'un "élément du dossier", un cadre de réflexion fort utile mais partiel.

On en déduit qu'il est judicieux, tout en conservant une démarche d'économiste, de ne considérer aucune variable ou mécanisme *a priori* comme étant pré- ou post-déterminé à long terme, et de considérer l'économique comme immergé dans un champ plus vaste, sauf à avoir de bonnes raisons de penser que certains domaines peuvent être en pratique hiérarchisés. Ainsi par exemple, l'exogénéité, le caractère "amont", des variables relevant de l'avancement des techniques, de l'évolution de la démographie, des relations sociales...ne s'impose pas plus automatiquement à long terme que la passivité, en "aval" de l'écologique assistant sans réagir à la logique de l'exponentiel en matière d'exploitation des ressources naturelles.

Cet argument d'interdépendance, il faut certes l'appliquer également à l'intérieur du domaine économique. Il est bien connu qu'un modèle macroéconomique standard possède de nombreuses variables exogènes dont le choix est quelque peu arbitraire ou part d'un *a priori* tendancieux. L'exemple prototype est le traitement largement exogène de l'Etat, démarche compréhensible pour un instrument d'aide à la politique économique, mais intenable dans une optique d'investigation à longue échéance.

## I.3 La formalisation du long terme est-elle un projet raisonnable ?

### I.3.1 Incertitude

Il convient de s'interroger dans cette introduction sur la pertinence de la prétention à la modélisation macroéconomique du long terme. Tout d'abord, l'incertitude sur l'ampleur des chocs ainsi que sur la stabilité des mécanismes économiques, même ceux



qui semblent les plus robustes, est tellement forte à une telle échéance qu'il n'est pas possible de la négliger comme à court ou moyen terme. Les spécialistes tentent la plupart du temps de la prendre en compte par l'élaboration de "scénarios" alternatifs du futur, coups de sonde dans l'univers des possibles. Toutefois, l'expérience -et le bon sens- montrent que ces scénarios, aussi sophistiqués et diversifiés soient-ils, ne sont finalement que des projections, éventuellement caricaturées, de problèmes datant du moment de leur élaboration. Comme le disent Lesourne et Malkin (1979, p.4), "*...De même, comme tentatives rationnelles d'éclairer l'avenir pour mieux le maîtriser, prévision et prospective sont-elles datées. Leurs concepts, leurs méthodes, leur validité, sont, dans une certaine mesure, liées aux conditions concrètes de l'organisation économique et sociale prévalant pendant la période de leur émergence, par les systèmes de représentation de cette organisation et par les problèmes spécifiques auxquels sont confrontées (ou pensent être confrontées) les sociétés .*"

De plus, à ces scénarios n'est en général associée aucune évaluation de plausibilité. En fait pour avoir une meilleure perception quantitative de l'incertitude, l'idéal serait de disposer de confrontations systématiques entre projections à long terme et réalisations, de la même manière que sont effectuées des comparaisons entre prévisions et réalisations macroéconomiques à échéance du trimestre ou de l'année. Les leçons de ces dernières peuvent être résumées par les trois observations retrouvées dans toutes les études :

- (i) Les erreurs des prévisions ex ante (c.a.d. simulations prospectives sur le futur) atteignent en moyenne quadratique 2 % sur le niveau du PIB et des prix, à échéance d'une année; celles sur le taux de chômage, un point environ.
- (ii) Ces prévisions ex ante sont les fruits des efforts du couple indissociable "modèle-prévisionniste" et la contribution du modèle dans le résultat est en général bien inférieure à la moitié.
- (iii) Les prévisions ex post quant-à-elles (simulations rétrospectives du passé) qui ne sollicitent que le modèle puisque les éléments exogènes sont par définition connus, exhibent une précision plutôt inférieure à celle des simulations ex ante.

Malheureusement , très peu de comparaisons systématiques entre projections à long terme et réalisations ont été effectuées, ne serait-ce qu'à cause du caractère épisodique de ces travaux de prévision longue. Il convient de citer cependant Dubois (1985) concernant les projections effectuées en 1970 pour l'horizon 1985 dont la conclusion principale est que, malgré les chocs intervenus durant cette période, les erreurs n'ont pas été si importantes sur un certain nombre de points fondamentaux. L'auteur remarque cependant que cette apparente bonne qualité cache des erreurs importantes dans les hypothèses qui se sont compensées. Il pourrait être fructueux de faire l'inventaire de ces quelques travaux de confrontation, de les compléter dans la

mesure des projections à long terme réalisées dans le passé et dont l'horizon appartient maintenant également au passé, enfin de comparer ces résultats à ceux concernant le court et le moyen terme.

### I.3.2. Calculabilité

Une autre limite à la modélisation de la longue période que nous voudrions mettre en avant ici est liée aux découvertes récentes concernant la dynamique des systèmes qui ont totalement bouleversé la conception de l'évolution temporelle hors équilibre de ces derniers. Le concept le plus fort de cette nouvelle théorie mathématique dite de la "dynamique complexe" ou "dynamique non linéaire" est incontestablement celui de "*sensibilité aux conditions initiales*". Un système dynamique vérifie cette propriété si une perturbation des conditions initiales d'une trajectoire associée à ce système, si faible soit-elle, génère des écarts croissant exponentiellement avec le temps à tel point que, passé un certain délai, la simulation de départ et la simulation perturbée paraissent sans aucun lien. L'occurrence d'un tel comportement est très fréquente et on la rencontre dans toutes les disciplines, en particulier en physique, en météorologie et en biologie. De plus, elle n'est pas liée à la taille du système -il est bien connu qu'elle commence dès l'ordre 1 pour les systèmes à temps discret-, mais à sa non-linéarité. La conséquence directe de la sensibilité aux conditions initiales pour ce qui concerne la formalisation du long terme, si cette occurrence est à prendre au sérieux en économie, est immense puisqu'alors la moindre erreur sur les données de l'année de base peut provoquer une prévision sans rapport avec celle correspondant aux données de base exactes. L'image la plus parlante et la plus connue est probablement celle des prévisions météo qui, malgré une bonne connaissance des lois fondamentales -thermodynamique-, de relativement bonnes à court terme -les heures à venir-, deviennent rapidement fantaisistes à échéance de quelques jours. et *a fortiori* à long terme -quelques semaines-. Il est clair que dans cette éventualité la formalisation du long terme ne pourrait plus consister en le prolongement des méthodes du court et moyen terme et serait complètement à revoir.

Une autre éventualité récemment découverte, cette fois-ci spécifique à l'économie et plus spécialement l'économétrie des séries temporelles, aurait, si elle se confirmait, pratiquement les mêmes conséquences que la précédente. De nombreux travaux récents tendent à accréditer l'idée que les séries historiques macro-économiques se comportent plus comme si elles résultaient d'une promenade aléatoire que d'une évolution tendancielle lourde sur laquelle se superposeraient des fluctuations purement transitoires comme il est implicitement supposé dans les modèles économétriques de prévision, de facture traditionnelle. De la même manière, le prolongement de ces derniers jusqu'à des

horizons lointains s'avérerait complètement illusoire car entaché d'un biais et d'une incertitude considérables.

#### I.4 Annonce de plan : champs couverts

Il est donc clair que la formalisation du long terme est un thème couvrant une littérature énorme et des sujets très divers, bien souvent mal investigués et/ou "à risque". Ambitionner une revue complète de cette littérature serait évidemment aussi vain que prétentieux. Aussi nous sommes-nous limités à l'examen d'un certain nombre de pistes susceptibles d'enrichir la modélisation traditionnelle par la prise en compte de mécanismes non standards et relevant typiquement de la longue période. Nous avons regroupé, de manière quelque peu arbitraire, les réflexions autour de cinq thèmes faisant l'objet des chapitres II à VI.

Le deuxième chapitre est ainsi consacré à une recension critique d'un certain nombre de travaux de formalisation du long terme en tirant parti des revues de littérature déjà réalisées en la matière. Une possibilité qui peut paraître *a priori* naturelle et de plus très économe dans les études formalisées du long terme consiste à "prolonger" l'horizon de simulation d'un modèle macroéconométrique disponible standard de court-moyen terme. L'objet du chapitre III est justement de tenter une évaluation des propriétés de ces modèles simulés sur longue période et d'en déceler les limites. Le chapitre IV est consacré au thème de l'endogénéisation du progrès technique, une des clés majeures pour représenter l'évolution longue d'une économie, l'angle d'attaque étant la revue des modèles Schumpétériens. Nous abordons alors -chapitre V- les apports fournis par un certain nombre de domaines voisins de l'économie dans lesquels une modélisation originale a été réalisée et susceptible d'avoir une réinterprétation économique intéressant le long terme. Enfin, dans le dernier chapitre, nous passons en revue les modèles réalisés sur séries historiques très longues. Ces modèles sont très précieux et peut-être les seuls *in fine* pour tester la robustesse et/ou la stabilité des comportements à des horizons dépassant le moyen terme.

## II. LE POINT DES APPROCHES ACTUELLEMENT UTILISEES

Il convient dans cette partie d'effectuer un inventaire rapide des travaux réalisés dans le passé ainsi que des instruments utilisés dans le domaine de la projection quantitative à long terme. Cet inventaire est grandement facilité par l'existence d'un "survey" réalisé en 1982 par J. Rouchet à l'INSEE, dont nous résumons dans cette section les principales conclusions. Les sections suivantes sont destinées à le compléter par une présentation succincte du projet INTERFUTURS de l'OCDE, ainsi que par un aperçu des nombreux travaux de grande ampleur réalisés par IIASA dans les années récentes. Enfin nous revenons rapidement sur le problème des confrontations prévisions-réalisations.

### II.1 Le point de départ : la revue de Rouchet

Un dépouillement critique de la littérature traitant des études quantitatives à longue échéance a été réalisée à l'INSEE par J. Rouchet à la demande du C.G.P. Son travail, quoique sans prétention à l'exhaustivité, est toujours d'actualité, et il est bon d'en résumer ici les points forts. Rouchet fait porter son investigation essentiellement sur les études à la fois quantitatives et macroéconomiques en convenant que ces restrictions sont susceptibles de conduire à une telle échéance à une vision très parcellaire du réel et que cette revue devrait être complétée par des études fouillées au moins dans les domaines écologique, social, microéconomique... (voir le chapitre introductif). Ceci dit, l'auteur examine et tente une évaluation de quatre approches de la modélisation à long terme : les modèles globaux, les modèles spécifiques, les modèles sectoriels, enfin les maquettes.

Les modèles globaux, traitant la planète entière comme un éco-système, et dont le prototype le plus célèbre est le modèle de J. Forrester (1971), parviennent difficilement à emporter l'adhésion de Rouchet en raison principalement de l'absence de fondements théoriques dans les spécifications et du caractère "non scientifique" de leur chiffrage. Les modèles spécifiques, c'est-à-dire traitant de manière approfondie de domaines particuliers intéressant la longue période, à la condition de ne pas être de type "spéculatif", constituent par contre évidemment des préliminaires essentiels à l'élaboration de travaux macroéconomiques "bouclés", permettant de mieux en asseoir et en coordonner les hypothèses. Les modèles de projections démographiques ainsi que ceux destinés à quantifier les conditions physiques de la croissance appartiennent typiquement à cette catégorie.

L'approche de loin la plus classique du long terme emprunte la voie d'une modélisation de grande taille, intégrant une décomposition multisectorielle plus ou moins poussée. Cette démarche est généralement justifiée par un désir de prendre en compte les "particularités structurelles" sectorielles. Ces modèles souffrent généralement d'un défaut majeur tenant à des spécifications insuffisamment analysées de ces différences sectorielles et de leurs implications à longue échéance, hypothéquant les projections engendrées et faisant perdre largement le bénéfice de la désagrégation tout en conservant le coût de la complexité. En fait cette catégorie de modèles s'adresse plus à un "moyen terme prolongé" qu'à une véritable problématique de long terme.

La dernière approche jouissant d'après Rouchet du plus fort rapport coût-efficacité est celle consistant à élaborer des maquettes représentatives, soit d'un modèle donné, par agrégation, soit d'un courant de modélisation. Ces maquettes bénéficient en effet de l'estampille et de la validation des gros modèles dont elles sont extraites et de plus possèdent une structure beaucoup plus transparente, donc de manipulation infiniment plus aisée. De nombreux problèmes relevant du long terme gagneraient ainsi à être étudiés sur maquettes. Dans le même ordre d'idées, un thème nouveau et de manière étonnante très peu développé à l'époque de l'écriture du rapport consiste à estimer de petits modèles sur séries historiques longues dans le but de tester d'éventuelles inflexions de structures (voir chapitre VI). Il est inutile d'insister sur l'apport de ce type d'approche.

La suggestion principale du rapport était de partir du modèle DMS et de le rendre robuste sur une plus longue période en analysant les "explosions" éventuelles du modèle et en assurant par ailleurs une meilleure cohérence des informations en amont nécessaires à son fonctionnement. Une telle prolongation d'un modèle sur longue période devrait toutefois selon l'auteur être soutenue par des études quantitatives historiques sur très longue période et d'autre part une extrême attention devrait être portée aux formes fonctionnelles des différentes relations. Mentionnons dès maintenant que la suite du présent rapport conduit à une vision nettement moins optimiste concernant le "bon usage" des modèles macroéconométriques traditionnels.

## II.2 Travaux INTERFUTURS

A la demande de l'OCDE, une équipe internationale animée par J. Lesourne a mené entre 1976 et 1979 une investigation très ambitieuse et d'une grande rigueur sur *"l'évolution future des sociétés industrielles avancées en harmonie avec celle des pays en développement"* sous le nom de projet INTERFUTURS. L'exercice réalisé a été de

nature prospective, c'est-à-dire une investigation de l'avenir à long terme élargissant la modélisation traditionnelle ainsi que le champ usuel de la (macro)économie. L'accent a été mis sur les interdépendances politico-socio-économiques diverses entre les agents microéconomiques ainsi que celles que les nations développées entretiennent entre elles et avec les pays en développement. Bien que dépassant le champ de nos investigations portant, rappelons-le, sur l'instrument "modèle", l'exercice INTERFUTURS nous concerne en raison de son caractère exemplaire mais surtout en raison du rôle à la fois central et partiel joué par la modélisation, comme étape de l'investigation prospective.

Dans leur rapport méthodologique, J. Lesourne et D. Malkin (1979) cherchent longuement à motiver l'approche retenue par un exposé des fortes limites des modèles globaux à long terme, limites déjà présentées plus haut dans l'introduction, mise à part leur utilité réelle comme systèmes cohérents de contraintes comptables. La stratégie adoptée comprend trois phases : la première consiste en l'élaboration d'une "base de faits historiques" physiques, géopolitiques et économiques tant quantitatifs que qualitatifs qui sont susceptibles de devenir, dans le futur, objets d'enjeux dans les interactions entre les acteurs. La deuxième phase voit se dérouler simultanément des travaux de projections formalisées sous forme de scénarios préliminaires -ces derniers étant réalisés à l'aide du modèle multinational et multisectoriel britannique SARUM-, et d'exercices complémentaires et de prospective partielle concernant l'examen des changements de valeur, l'étude des conditions physiques de la croissance, ainsi que l'analyse de certains secteurs économiques clés à un niveau relativement fin. La troisième phase est celle de l'introduction de la dimension des politiques socio-économiques pour aboutir à des scénarios structurés décrivant chacun un avenir plausible dans toute sa multidimensionalité.

La richesse et la pertinence de l'exercice INTERFUTURS proviennent de l'utilisation simultanée de nombreux instruments d'analyse, se complétant et se contrôlant mutuellement en fonction de leur domaine de validité propre. Ceci évite le piège de l'usage mécaniste et exclusif d'un modèle qu'il soit de type macroéconométrique ou cybernétique, mais également limite le côté souvent fumeux et idéologique de considérations de type "prospective qualitative". Il resterait à se demander si cette méthodologie peut être appliquée au cas d'un seul pays et non de la planète, problème simple si ce pays pouvait être raisonnablement considéré comme "petit" en toutes circonstances. On peut douter de la pertinence de cette hypothèse dans le cas de la France et affirmer qu'une bonne stratégie française pour le futur doit tenir compte de la réaction des autres pays, qu'il convient alors de modéliser.

### II.3 Travaux IIASA

Par rapport à l'objet de cette revue de littérature, les travaux de cet Institut méritent une mention spéciale à plus d'un titre. D'abord, les recherches ainsi coordonnées portent pour l'essentiel sur analyse des changements structurels en matière de technologie, de ressources naturelles, d'environnement et d'écologie et visent une évaluation de leur impact sur la dynamique des systèmes socio-économiques. Ensuite, les travaux correspondants sont multinationaux, apportant une optique comparative et/ou intégrée qui répond aux enjeux de la période actuelle caractérisée par d'étroites interdépendances à travers les frontières nationales. Enfin, la multiplicité et la variété des résultats, cumulés sur une période maintenant relativement longue, autorisent une vue rétrospective, intéressante donc pour tout organisme qui souhaiterait se lancer dans un programme analogue.

Mais précisément, la vaste étendue des champs couverts suppose une vue panoramique que n'ont pas nécessairement les auteurs du présent texte. Aussi privilégiera-t-on trois domaines, choisis quelque peu arbitrairement, mais qui ne sont pas sans liens avec le thème général développé ici.

(i) On trouve tout d'abord dans les travaux récents de l'IIASA, coordonnés par W. Krelle (1985), une prospective de l'économie mondiale à partir d'une série d'analyses des déterminants de la croissance à long terme des pays de l'OCDE des économies socialistes comme ceux des pays en voie de développement, les grands problèmes transversaux liés par exemple à la dette, aux tendances du commerce mondial, n'étant pas oubliés. Pour l'essentiel, la croissance potentielle est analysée à partir d'une approche en termes de fonction de production ou de décomposition comptable des facteurs de la croissance, chacune des analyses nationales interagissant à travers un modèle traitant des importations et exportations. Si l'exercice a pour intérêt de mobiliser une série de spécialistes de chacune des grandes zones, le panorama et les pronostics proposés n'apportent pas de véritables nouveautés par rapport aux analyses des années soixante ou soixante-dix. Le futur y ressemble étrangement au passé. Rares sont en effet les contributions qui endogénéisent le changement technique et la population, de sorte que le coeur de l'analyse n'est autre que le traditionnel modèle de R. M. Solow (1956).

(ii) Une seconde série de recherches visent à caractériser l'impact des nouvelles techniques sur l'emploi et à examiner plus généralement si les avancées dans le domaine de l'information sont susceptibles de donner naissance à un nouveau système socio-technique. Ainsi R. U. Ayres (1987) a-t-il coordonné une étude concernant les effets de

substitution de l'emploi associés à la généralisation des processus manufacturiers intégrés. D'un point de vue méthodologique, la recherche combine une évaluation des gains de productivité attendus (obtenus par enquêtes directes auprès des producteurs et des utilisateurs de robots) avec un modèle de synthèse qui n'est autre qu'un tableau d'entrées-sorties. On reconnaît la démarche proposée par W. Léontief et F. Duchin (1986) avec ses avantages, en particulier le caractère systématique de la collecte d'informations, la prise en compte des interactions productives...mais aussi ses faiblesses. Ainsi les résultats apparaissent relativement triviaux : à perspective de marché inchangée, les robots détruisent plus d'emplois dans les secteurs utilisateurs qu'ils n'en créent pour leur propre production, pauvreté des effets dynamiques et de la formalisation des interactions économie-technologie... Enfin le coût de la collecte de l'information est considérable, ce qui limite quelque peu la pertinence de la méthode.

(iii) Enfin d'autres équipes de l'IIASA ont procédé à d'intéressantes revues de littérature concernant les relations dynamiques, par exemple entre économie et écologie (L.C. Braat, W.F.J. Van Lierop (1987)). Pour chacun des sous domaines considérés (pêche, forêt, agriculture, eau...), sont présentées les structures de base des modèles, ainsi que certaines applications. Pour leur part, les éditeurs livrent une synthèse présentant les grandes caractéristiques des travaux contemporains dont l'origine remonte aux travaux fondateurs de Lotka (1920) et Volterra (1931). L'intérêt de ces formalisations est par exemple d'expliciter la succession de cycles de sur- puis de sous-exploitation des ressources, du fait d'un temps de réaction des acteurs économiques plus court que le temps de récupération écologique. C'est sans doute la précision dans la délimitation du champ étudié qui explique la qualité certaine que manifestent ces travaux dont, semble-t-il on trouve relativement peu de correspondant en France, si tout au moins on en juge à travers la liste des références associées à l'ouvrage cité.

#### **II.4 L'intérêt d'une comparaison prévisions-réalisations pour quelques grandes projections passées**

Nul doute que de nombreuses autres recherches contemporaines méritent analyse, tout particulièrement celles à vocation multinationale, qu'elles aient été réalisées par (ou pour) l'ONU, la Commission pour l'Europe, ou encore la Communauté Européenne.

Laissant ce soin à une revue de littérature spécifique, on voudrait revenir sur une autre suggestion déjà énoncée dans l'introduction en I.2. Les projections de long terme ont en effet été menées de façon relativement systématique depuis près d'une cinquantaine d'années. Ne serait-il pas éclairant de procéder à une évaluation de la qualité de leurs analyses afin de mieux éclairer les formalisations actuelles du long



terme ? Observe-t-on une compensation des erreurs ou au contraire des biais systématiques ? Peut-on vraisemblablement penser améliorer l'anticipation du long terme ?

Un tel travail a déjà été effectué à l'occasion des "projections 1985" pour la France (C.G.P. (1963)). On pourrait imaginer de l'étendre aux travaux d'autres organismes tels l'Hudson Institute (H. Kahn et J. Wiener (1967)) ou d'experts qui, des années cinquante à nos jours, n'ont cessé de tenter ce périlleux exercice (P.J. Verdoorn (1959), W. Beckerman (1975)).

### III. LE LONG TERME DES MODELES MACROECONOMETRIQUES

#### III.1 Introduction

Nous avons dit dans l'introduction que la formalisation du long terme était conceptuellement une visée très différente de la recherche du comportement asymptotique d'un système dynamique formel donné. *Répetons que c'est le temps concret, la dynamique du changement structurel qui intéresse le décideur public, et non l'évolution abstraite à l'infini d'une structure figée. Toutefois il est clair qu'un modèle macroéconomique de facture standard, pour être pertinent dans des exercices de prévision à horizon lointain, doit au minimum générer, lorsque l'on en fixe les éléments structurels, une évolution tendancielle satisfaisante.* Cette exigence d'un long terme satisfaisant trouve sa justification dans le fait que d'une manière générale les bases théoriques de ces derniers proviennent de considérations sur les comportements "à l'équilibre" sur lesquels on greffe de manière plus ou moins arbitraire des mécanismes dynamiques de rappel. C'est à l'examen critique des propriétés asymptotiques des modèles macroéconométriques usuels, et plus particulièrement les modèles français, qu'est consacrée le présent chapitre. Après avoir présenté une stratégie générale d'étude du long terme des modèles macroéconomiques -§2-, nous en résumons les leçons tant au plan de la spécification mathématique -§3- qu'à celui des fondements de théorie économique -§4.

#### III.2 Méthodologie

Un effort important a été consacré depuis près d'une décennie, en particulier au CEPREMAP, à l'analyse des propriétés dites "de long terme" des modèles macroéconomiques, qui ont été synthétisées dans Deleau, Le Van et Malgrange (1988). Il y a *a priori* deux modes d'approche de ce problème : la réalisation de simulations très longues et l'approche analytique, consistant à déterminer les relations "de long terme" entre les variables, implicites dans le modèle original. La première présente l'avantage de la simplicité et peut être envisagée pour des modèles de grande taille, mais la seconde fournit des résultats beaucoup plus systématiques et profonds en particulier concernant la structure théorique sous-jacente et c'est sur cette dernière que s'appuient pour l'essentiel les commentaires de la présente section.

Il convient d'abord de déterminer quel concept de long terme est adapté à la logique des modèles macroéconomiques, qui décrivent une suite d'équilibres de court terme de type keynésien incorporant l'accumulation du capital. Il semble clair que c'est celui de sentier stationnaire de croissance à taux constant, seul préservant l'invariance

des rapports entre flux et stocks et fournissant justement un état limite "à structure donnée". Il se trouve que ce programme de recherche de sentiers stationnaires conduit à soulever de nombreuses questions riches d'enseignements sur les faiblesses des modèles analysés ainsi que sur les voies pour y remédier.

On sait qu'un sentier stationnaire peut être caractérisé par un ensemble cohérent de conditions initiales et de taux de croissance associés pour chacune des variables du modèle. Bien souvent cet exercice appliqué équation par équation conduit à constater des hétérogénéités -par exemple relations entre niveaux et taux-, la plupart du temps non voulues, empêchant l'existence d'un sentier de long terme et surtout conduisant à "biaiser" l'évolution dynamique décrite par le modèle dans une direction sans fondement économique. Supposant ces hétérogénéités corrigées, il s'avère que *la détermination des taux de croissance cohérents de long terme est indépendante de celle des conditions initiales et dérive très simplement de trois taux de croissance exogènes fondamentaux qui sont toujours présents quelque part dans le modèle : taux de croissance de la population, du progrès technique, enfin des prix étrangers -ou de l'offre de monnaie*. Là encore, lors de simulations d'un modèle à horizon relativement éloigné, la projection des variables exogènes vérifie rarement ces conditions de cohérence nécessaires -certaines dépenses gouvernementales augmentant par exemple nettement plus rapidement que d'autres. De même, il est habituel que l'élasticité des importations par rapport à la production soit très nettement supérieure à l'unité impliquant une part de plus en plus importante des importations dans l'économie nationale -effet "CEE". On réalisera aisément sur ce cas l'avantage méthodologique à distinguer entre effet de structure et effet dynamique propre à structure donnée.

Les taux de croissance étant donnés, l'écriture des conditions initiales conduit à un système statique d'équations dont la solution, pour un jeu donné des variables exogènes, s'interprète comme le point de départ d'un régime permanent du modèle dynamique originel. On a vu plus haut que ce système de long terme n'existait souvent pas en raison d'hétérogénéités diverses dans les relations. Il peut également être indéterminé. En effet une relation écrite en taux de croissance ne fournit aucune condition initiale sur les niveaux, engendrant dans le système de long terme plus d'inconnues que de relations. On aboutit dans ce cas à une solution de long terme qui ne dépend plus seulement des exogènes, mais également de toute l'évolution historique (phénomène connu techniquement sous le nom de "racine unitaire"). Là encore cette occurrence est loin d'être toujours voulue et implique une sorte d'errance du modèle en simulation dynamique longue sans interprétation économique claire. Enfin dans une relation entre taux et niveaux, seuls subsistent comme variables endogènes à long terme les niveaux.

L'exemple type est l'équation de Phillips écrite comme une relation entre croissance des salaires, inflation et taux de chômage et résultant en une fixation de ce dernier indépendamment du reste du système, du type NAIRU.

### III.3 Résolution et Interprétation statistique du système de long terme

L'équilibre auquel conduit, pour des valeurs données des variables exogènes, la résolution numérique du système de long terme ainsi déterminé peut être comparé aux résultats fournis par les données historiques. Une propriété de la méthode des moindres carrés implique, dans la mesure où le modèle de départ a été estimé par cette méthode, que si l'on donne aux variables exogènes leur valeur moyenne historique sur la période d'estimation, les variables endogènes devraient également prendre leur valeur moyenne historique et cette propriété de point moyen devrait être également vérifiée par le modèle de long terme. Ce dernier bénéficierait alors d'une interprétation parfaitement claire : il décrirait la structure "moyenne" autour de laquelle le passé aurait évolué. La réalité est malheureusement loin d'être aussi simple. Nous présentons le cas de l'équation de Phillips suivante, qui suffira à illustrer le propos :

$$\overset{\circ}{w} = \overset{\circ}{p} + \beta U_n + \gamma,$$

qui donne à long terme la relation :

$$\pi = \beta U_n^* + \gamma,$$

avec  $\pi$  taux de croissance de la productivité, puisque les salaires réels  $w/p$  ne peuvent croître en longue période que comme ce dernier sauf à résulter entre autres à un partage du revenu asymptotiquement explosif.

Comme annoncé dans section précédente, le taux de chômage de long terme,  $U_n^*$ , ne dépend plus que du taux de productivité  $\pi$  et des constantes  $\beta$  et  $\gamma$  et ne prendra sa valeur moyenne historique que si le taux de croissance moyen des salaires réels  $\overset{\circ}{w} - \overset{\circ}{p}$  aura coïncidé avec  $\pi$ . En d'autres mots, si ces derniers ont évolué en moyenne dans le passé substantiellement plus vite que la productivité, la relation de Phillips conduit inévitablement à un taux de chômage asymptotique nettement plus élevé que la moyenne passée. On ne comprend pas bien pourquoi il en serait automatiquement ainsi et une réflexion plus approfondie s'avère indispensable sur ce type de relation qui conditionne profondément la dynamique longue du modèle. Plus généralement, il conviendrait d'étudier soigneusement les écarts sur le passé entre croissance théorique et croissance réalisée des différentes variables du modèle. Avec ce thème de recherche, on rejoint celui de la cointégration qui s'intéresse également au long terme mais de manière nouvelle, considérant en particulier le phénomène de la croissance comme de nature stochastique.

### III.4 Analyse économique du système de long terme

Il est temps de dire quelques mots de la structure théorique et des propriétés économiques des systèmes de long terme tels qu'ils se dégagent de l'analyse d'un certain nombre de modèles français et étrangers -voir référence citée plus haut. Il est bon de rappeler auparavant que la plupart des modèles s'inspirent d'un même noyau structurel, consistant en une architecture keynésienne à court terme gouvernée par la demande, enrichie dans son fonctionnement dynamique, d'une part par l'adjonction de mécanismes d'accumulation du capital et de progrès technique dans la tradition de la théorie de la croissance, d'autre part par la prise en compte progressive de l'offre (ajustements dynamiques des prix et des salaires). Il en résulte que le système fonctionne en "régime keynésien" d'excès d'offre tant sur le marché des biens que sur celui du travail, puisque ces ajustements dynamiques ne comblent que partiellement les excédents de l'offre.

On peut donc schématiser les systèmes de long terme associés aux modèles macroéconomiques comme des structures limites asymptotiques d'une économie keynésienne ouverte. La première différence essentielle signalée ci-dessus réside dans le taux de chômage qui est maintenant prédéterminé -NAIRU. Une conséquence immédiate de ceci est que la logique de la boucle réelle fortement dominante à court terme avec un niveau d'emploi quasiment post-déterminé doit être complètement renversée, et fait jouer un rôle majeur aux prix. Le système n'en est pas pour autant en régime de fonctionnement walrasien comme il est souvent affirmé, mais correspond à un régime de concurrence monopolistique à la charnière des régimes keynésien et classique. En effet, les entreprises seraient prêtes à produire plus et les salariés à travailler plus *aux prix d'équilibre* -le NAIRU n'est pas le plein emploi-, mais ceci est bloqué par les comportements monopolistiques.

Cette structure de long terme pose un problème majeur, déjà mentionné plus haut plusieurs fois, concernant les domaines respectifs de l'exogène et de l'endogène en longue période. Il est en effet de pratique courante dans une optique de court terme de laisser de côté certains phénomènes apparaissant valablement largement pré- ou post-déterminés par rapport au système considéré. Cette pratique a cependant pour conséquence d'hypothéquer les propriétés et la cohérence du modèle à long terme. Il en est ainsi des contraintes intertemporelles de l'état et de l'extérieur. Ainsi l'exercice traditionnel consistant en une augmentation permanente des dépenses publiques conduit à une détérioration continue du solde budgétaire de l'état, c'est-à-dire à une évolution de la dette, sous une forme ou une autre, non bornée à long terme. La même mesure de politique économique provoque une dégradation permanente de la balance des

paiements, c'est-à-dire une dette extérieure tendant vers l'infini. Une prise en compte cohérente de ces deux contraintes stock-flux est nécessaire si l'on désire utiliser ce type de modèles pour effectuer des simulations longues.

## IV. CHANGEMENTS TECHNIQUES ET MODELES NEO-SCHUMPETERIENS

### IV.1 Un thème délaissé par les modèles keynésiens

Dans l'histoire des doctrines et de l'analyse économiques, les grands auteurs n'ont pas manqué de s'interroger sur les déterminants de la croissance à long terme et à ce titre ont souvent accordé une place centrale aux relations entre évolution des techniques, répartition du revenu et tendances longues en termes de croissance, de fluctuations, ou encore de stabilité et/ou d'instabilité. Chacun se souvient des fameuses analyses d'Adam Smith pour lequel division du travail et extension des marchés, accumulation et innovations techniques et économiques sont conçues comme des phénomènes étroitement interdépendants. L'approfondissement continu de ce mouvement autorisait, selon cet auteur, la permanence de la croissance à long terme. Pour sa part David Ricardo, sans nécessairement nier la pertinence de ces mécanismes pour l'industrie manufacturière, mettait en avant l'inéluctable épuisement des rendements agricoles face à la pression démographique. En conséquence il exprimait le pronostic d'une tendance à la stagnation du fait de la progressive convergence vers un état stationnaire. Quant à Karl Marx, héritier des classiques tout autant que de Malthus, sa construction théorique accorde une place centrale à la mobilisation des techniques par les grandes entreprises manufacturières. En un sens, sa vision de la dynamique longue du capitalisme dérivait d'une endogénéisation originale du changement technique dans la théorie économique : partage du revenu, évolution de la composition du capital, tendance du taux de profit et rythme de croissance, tout comme la récurrence de cycles courts et une tendance à l'instabilité structurelle constituent autant de conséquences des inter-relations multiformes entre organisation de la production et dynamique économique. A sa manière Joseph Schumpeter prendra le contre-pied de la plupart des hypothèses théoriques de Marx, mais en forgeant une *Théorie de l'évolution*, comme alternative au système walrasien de l'équilibre et dans laquelle l'innovation, entendue au sens large, constitue le moteur aussi bien de la croissance que de l'alternance de fluctuations longues.

Du fait sans doute des particularités de la période des trente glorieuses, la modélisation macroéconomique n'accordera que peu ou pas de place à ces préoccupations. D'un côté, la "révolution keynésienne" se manifeste surtout par le modèle de courte période dans lequel un état de sous emploi durable résulte principalement de l'écart entre le niveau de la demande effective et des capacités de production et une main-d'oeuvre excédentaires. Certes, Harrod et Domar proposèrent l'extension des hypothèses keynésiennes à l'étude du processus de croissance comme

conséquence de l'ajustement de la demande effective et des capacités de production. C'est d'ailleurs dans ce cadre qu'ils proposèrent certaines définitions de la neutralité du progrès technique. Ces mêmes mécanismes accélérateurs-multiplicateurs, pouvaient être incorporés dans des modèles de cycles, dans lesquels était surmontée l'instabilité inhérente aux premiers modèles de croissance d'inspiration keynésienne. D'un autre côté, comme les prédictions particulièrement pessimistes de Harrod et Domar ne se manifestèrent pas, l'exceptionnelle croissance de l'après guerre appela une toute autre formalisation. Il revient à R.M. Solow (1956) de jeter les bases des théories modernes de la croissance dites néoclassiques : cette dernière, possible et stable à long terme, dépendait de deux tendances réputées exogènes : celle de la population active et de la productivité globale des facteurs. En dépit des méticuleux et patients efforts des méthodes comptables, comme des estimations économétriques, ce résidu qui souvent explique entre la moitié et les deux tiers de la croissance, résiste à la décomposition analytique en facteurs élémentaires. Tout au moins concluait-on dans les années soixante à l'intérêt de la formation et de l'information scientifique et technique comme moyen de stimuler la croissance à long terme. Mais le changement technique apparaissait à ce point garanti, qu'il suscitait assez peu de recherches quantitatives, susceptibles d'être incorporées dans les modèles macroéconométriques. Même si dans leurs variantes modernes elles combinaient des effets de demande keynésiens avec des effets de capacité, rarissimes étaient les formalisations qui incorporaient des variables indicatrices du changement technique.

## **IV.2 Les problématiques des néo-schumpétériens**

La succession des chocs pétroliers, les menaces concernant l'épuisement de certaines ressources naturelles, un renouvellement accéléré des produits, de rapides changements dans l'organisation productive, sans oublier une significative rupture des rythmes tendanciels de croissance, ont progressivement fait ressortir les insuffisances de la dichotomie antérieure entre une macroéconomie du court-moyen terme d'inspiration keynésienne et une théorie néo-classique pour le long terme qui supposerait le taux de progrès technique essentiellement exogène.

### IV.2. 1 Le retour à Joseph Schumpeter

Dès 1911, cet auteur a proposé un modèle original qu'il concevait comme alternatif, ou tout au moins complémentaire au modèle walrasien qui selon lui décrit une économie au repos dans laquelle, du fait de la complète diffusion des innovations antérieures, le profit net est nul. A partir de cet état d'équilibre, les entrepreneurs sont incités à innover; si cette pression est générale, peuvent en résulter des grappes



d'innovations faisant époque c'est-à-dire organisant des complémentarités entre secteurs, produits, processus de production et espaces géographiques. Ainsi s'amorce une expansion générale de l'investissement, stimulée par des rentes de monopole que se sont créés les entrepreneurs innovateurs. L'économie entre dans une phase de croissance longue qui favorise la diffusion des nouveaux produits et techniques correspondantes à un ensemble de plus en plus vaste de consommateurs et d'entreprises. Mais s'érode alors les rentes initiales car, au-delà d'un certain seuil, le flot des imitateurs engendre des surcapacités, ce qui déstabilise les formes antérieures de concurrence. De façon endogène donc, le cycle ascendant finit par se renverser, l'investissement ralentissant alors que le taux de profit net tend lui-même à s'annuler.

Cette interprétation n'est pas sans mérite, tout particulièrement dans le contexte des deux dernières décennies. D'abord, elle fait de l'innovation, et d'ailleurs de son financement par le recours au crédit, le moteur du développement économique : en son absence, prévaudrait la simple reproduction à l'identique que théorisaient aussi bien Karl Marx que Léon Walras. C'est ensuite le succès même des innovations qui explique le retournement de la croissance : développement et cycles apparaissent ainsi comme intimement liés, en rupture par rapport à la plupart des conceptions tant classiques que néo-classiques. Enfin, contrairement à ce que suggère la théorie keynésienne, il ne serait pas opportun pour les pouvoirs publics de freiner le déclassement des secteurs, des produits, des régions, associés aux grappes d'innovations qui permirent l'expansion longue, car ce serait entraver la destruction créatrice, condition d'un nouvel essor. Hélas, jusqu'à une date récente, rares ont été les successeurs de l'économiste autrichien qui ont donné une formulation rigoureuse de ces intuitions fondatrices.

#### IV.2.2. Les avancées contemporaines: cinq hypothèses

De fait, sans toucher directement à la macroéconomie, les chercheurs spécialisés dans l'étude du changement technique ont accumulé analyses historiques, études de cas, qui débouchent sur différentes hypothèses qui pourraient éventuellement être incorporées dans des formalisations agrégées.

- (i) De la pression sur le taux de profit ( $R_t$ ), naissent les incitations à l'innovation, telle est la première intuition que suggèrent les données historiques collectées par G. Mensch (1978). Dès lors, il conviendrait de tester l'existence à long terme d'une liaison négative entre dynamisme de l'innovation (mesuré par exemple par le nombre de brevets) et évolution de la rentabilité, selon une relation du type :

$$\text{INNO}_t = L(R_{t-i}, \dots)$$

$$\frac{\partial L}{\partial R_{t-i}} < 0$$

- (ii) D'autre part, les innovations sont d'autant plus nombreuses que les marchés correspondants ( $Q_t$ ) sont en croissance forte, selon un argument fréquemment apparu concernant les études de cas considérées par des auteurs comme Schmoockler, E. Mansfield. D'où une seconde hypothèse :

$$\text{INNO}_t = H(Q_t, Q_{t-1}, \dots) \quad \frac{\partial H}{\partial Q_t} > 0$$

- (iii) Dans les économies modernes, les innovations ne tombent pas du ciel mais résultent d'un processus délibéré de recherche impliquant des investissements en savoir-faire, équipements... Selon cette conception, le volume des dépenses de recherche et développement constitue le principal des déterminants du potentiel d'innovation. En outre, il est devenu de tradition de distinguer selon que ces dépenses sont financées et assurées par les firmes elles-mêmes ( $\text{RDPRIV}_t$ ) ou impulsées par les autorités publiques ( $\text{RDPUB}_t$ ). Une troisième hypothèse, très largement explorée dans la littérature, postule une relation du type :

$$\text{INNO}_t = K(\text{RDPUB}_{t-\theta}, \text{RDPRIV}_{t-\theta}, \dots), \quad 0 < \frac{\partial K}{\partial \text{RDPUB}} < \frac{\partial K}{\partial \text{RDPRIV}}$$

et  $\theta$  retard moyen.

- (iv) Selon une particularisation de la seconde hypothèse, l'innovation peut être endogénéisée par référence au volume de la production des biens d'équipement, conformément à une intuition de N. Kaldor (1957), ce qui suppose une incorporation du changement technique dans les équipements. Alternativement, les effets d'apprentissage de la main-d'oeuvre sont normalement corrélés au volume total de la production, à la suite des nombreuses études de cas de type Boston Consulting Group, hypothèse reprise dans la fameuse contribution de K. Arrow (1962). En résulterait une quatrième relation de la forme :

$$\text{INNO}_t = M \left( \int_0^t \text{EQUIP}(\tau) d\tau, \int_0^t Q(\tau) d\tau, \dots \right) \quad M'_1, M'_2 > 0$$

- (v) Enfin, pour qu'une série d'innovations décentralisées puissent porter leurs fruits à l'échelle de l'ensemble de l'économie, il importe qu'un volume minimum d'infrastructures ( $\text{INFRAS}_t$ ) ou de normes, souvent mises en œuvre par les collectivités publiques, ( $\text{EDUC}_t$ ), assure la diffusion à l'ensemble du système productif, idée avancée par exemple par C. Freeman, J. Clark et L. Soete (1982), C. Freeman et C. Perez (1988). Dans les années soixante, l'éducation générale, aujourd'hui la formation technique et scientifique, étaient ou sont encore conçues, comme des conditions nécessaires à l'innovation, comme à la diffusion, tout particulièrement des nouveaux systèmes techniques associés à l'information. Une cinquième et dernière hypothèse conduirait à une formalisation du type :

$$\text{INNO}_t = N(\text{INFRAS}_t, \text{EDUC}_t, \dots) \quad N'_1, N'_2 > 0$$

### IV.3 Modèles de diffusion et de rattrapage

Une fois l'innovation opérée, encore faut-il qu'elle se diffuse. C'est le grand mérite des modèles néo-schumpétériens que de substituer à l'hypothèse de l'usage quasi-instantané de la meilleure des techniques disponibles, l'explicitation des déterminants conduisant à l'adoption plus ou moins rapide par les différentes firmes. Quitte à simplifier beaucoup, il est possible de résumer l'énorme littérature correspondante autour de quatre thèmes ou propositions principales.

### IV.3.1: Le modèle de base : une diffusion de type logistique

Par analogie avec les modèles épidémiologiques, il est tentant de traiter le taux d'adoption d'un nouveau produit par les consommateurs ou d'un nouveau procédé par les entreprises, comme fonction de la diffusion actuelle ainsi que de l'écart par rapport au taux de saturation. On aura reconnu le modèle type conduisant à une évolution de type logistique, portant sur le taux de diffusion  $x$  :

$$dx/dt = \alpha \cdot x \cdot (1-x) \quad \text{avec } \alpha > 0 \text{ et } l : \text{taux maximum d'adoption.}$$

Néanmoins ce modèle est quelque peu mécanique puisqu'il suppose que toute nouveauté est appelée à se diffuser, alors même que l'expérience montre que le succès d'une innovation de produit n'est jamais garanti, quelque soit par ailleurs le soin mis par les experts à en évaluer les risques. Ce n'est a priori pas surprenant puisque l'innovation, en ce qu'elle s'oppose à la routine, est affectée d'une incertitude difficilement probabilisable ex ante : ce n'est qu'une fois le produit lancé que l'entreprise peut cerner avec exactitude le marché. En d'autres termes, les états de la nature dépendent de l'action elle-même, contrairement à la théorie standard des choix en avenir incertain. En conséquence les économistes ont été amenés à développer des modèles notablement plus sophistiqués.

### IV.3.2 : Les extensions : expliciter les déterminants microéconomiques

En effet, la rentabilité attendue d'un nouveau procédé ou produit ( $R_t^a$ ), son caractère plus ou moins risqué, la situation financière de la firme ( $LIQ_t$ ), sans oublier le caractère plus ou moins prévisible de la conjoncture macroéconomique, ne sont pas sans influence sur la rapidité de la diffusion. De même, selon le degré d'appropriabilité (APPRO) et le type de concurrence qui prévaut entre les firmes, l'intérêt à l'innovation et l'adoption peut considérablement varier pour des caractéristiques techniques identiques. On doit par exemple à J.S. Metcalfe (1988) et G. Dosi (1988) des revues de littérature particulièrement complètes sur les différents modèles proposés. La formule précédente s'enrichit considérablement par l'inclusion d'une série de facteurs micro et macroéconomiques du type :

$$dx/dt = F(x, R_t^a, APPRO, LIQ_t, \dots),$$

Un travail récent -Antonelli, P. Petit, G. Tahar (1988)- montre effectivement que cette généralisation conduit à une beaucoup plus grande variété de cas que la simple logistique, par exemple un essor puis le plafonnement de la nouvelle technique à un taux

de diffusion peu élevé Ce résultat est encourageant par rapport aux faits stylisés précédemment rappelés montrant la variété des trajectoires. Mais pour notre propos, la question est quelque peu différente : comment incorporer dans les modèles de long terme les intuitions ou les hypothèses correspondantes ?

#### IV.3.3: L'inclusion dans les modèles macroéconomiques

Une revue de quelques travaux récents suggère trois stratégies principales, dont il est difficile d'évaluer les mérites respectifs car les recherches sont loin d'être aussi nombreuses que celles portant sur les aspects microéconomiques.

- (i) Si l'on parvient à caractériser la diffusion des innovations majeures propres à chaque système technique (l'ère du textile, du chemin de fer, de l'automobile, de l'information), alors il est sans doute possible d'inclure dans un modèle macroéconomique l'équivalent de fonctions logistiques concernant par exemple la consommation, la productivité, et par extension dériver l'évolution du profit net qui joue le rôle déterminant dans la dynamique néo-schumpétérienne. Ainsi K.Iwai (1984) propose un modèle théorique conforme à ces hypothèses, alors que les approches en termes d'entrée-sortie ont procédé à des évaluations chiffrées concernant par exemple l'impact de la robotisation sur l'emploi industriel (F. Duchin, L. Léontief (1986)). Pour stimulants qu'ils soient ces résultats n'apportent cependant pas des enseignements très riches : tout à fait mécaniquement la croissance est condamnée à se ralentir car ces auteurs adoptent en général une fonction logistique type, sans formaliser les interactions multiples entre innovations, diffusion, et dynamique de longue période.
- (ii) Pour leur part G. Duménil et D. Levy (1987), (1989) et A. Shaikh (1987) formalisent des ajustements sectoriels d'un système soumis à trois ordres de perturbations. Les déséquilibres de courte période entre offre et demande sont résorbés par les variations de stock et les décisions de production ; les divergences des taux de profit entre secteurs se résolvent par les mouvements de capitaux entre ces derniers, mécanismes opérant dans le moyen terme ; enfin les combinaisons productives réagissent en longue période aux opportunités de profits créées par l'apparition de nouvelles techniques réduisant les coûts. Le mérite de ces modèles est de clairement hiérarchiser la variété des délais correspondants, intégrés dans un modèle unique. Pour l'instant, l'étude en simulation ne permet pas de conclusion directement applicable au contexte des années quatre-vingt et quatre-vingt-dix, bien qu'une étude rétrospective des déterminants de la productivité à long terme des Etats-Unis soit susceptible de livrer un tel éclairage.
- (iii) Selon une troisième optique, il est concevable d'insérer dans un modèle macroéconométrique relativement standard, le rôle propre que joue la diffusion des nouvelles techniques liées à l'information. Ainsi G. Tahar et P. Petit (1986), incorporent-ils une influence de la robotisation sur le dynamisme de l'investissement agrégé, alors que simultanément, l'avance prise par rapport aux concurrents étrangers, en permettant d'améliorer la qualité et/ou de réduire les coûts, atténue la contrainte extérieure et ce, de fait, favorise la croissance à moyen-long terme. Tel est semble-t-il l'un des modèles qui éclairent le lien entre recomposition technologique et performances macroéconomiques comparées. L'obstacle en la matière tient à la pénurie d'indicateurs statistiques pertinents permettant de cerner ce que de façon suggestive mais approchée on qualifie de "modernisation". Tout progrès en la matière permettrait sans doute une avancée notable des recherches sur ce thème.

#### IV.3.4. Les modèles de rattrapage

Cette dernière problématique en rejoint une autre, fort voisine, mais pas identique. Dès les années soixante, l'inégalité des rythmes de croissance entre les principaux pays de l'OCDE a été rattachée à leur plus ou moins grande proximité par rapport à la frontière technologique qui était supposée déterminée par l'industrie manufacturière américaine. Des auteurs tels que S. Gomulka (1971) et beaucoup d'autres à sa suite, B. Rowthorn (1976), A. Maddison (1982), (1986), ont en définitive appliqué un modèle de diffusion, non plus aux firmes, mais aux systèmes productifs nationaux. Les tests statistiques opérés, portant sur des évolutions de long terme de la productivité respectivement pour le pays considéré (PR) et les Etats-Unis (PR<sub>USA</sub>), étaient du type :

$$\dot{PR} = \alpha (PR_{USA} - PR).$$

Identifiant aujourd'hui l'ensemble Japon-Etats-Unis comme définissant la frontière productive liée aux innovations de l'information, on pourrait tenter d'en déduire une estimation des performances comparées des autres pays de l'OCDE. Pour séduisant qu'il paraisse, le raisonnement n'est pas sans faille et le pronostic relativement risqué. D'une part, même sur la période 1950-1973, le modèle n'a qu'un pouvoir explicatif partiel : pourquoi donc le Royaume-Uni n'a-t-il pas réalisé les performances que suggérait sa faible productivité relative par rapport aux Etats-Unis ? Par ailleurs, comme l'a montré P. Bairoch (1969), l'ensemble des pays en voie de développement multiplie les contre-exemples et montre le caractère extrêmement mécanique de l'hypothèse d'une convergence totale vers un même niveau de productivité par tête.

Mais ce serait supposer que chacun des pays suit isolément un même modèle indépendamment de toute interaction avec les autres. Or le pays le plus avancé en matière d'organisation productive et de modèle de consommation constitue tout à la fois une cible pour les pays suiveurs et un obstacle à leur propre expansion, dans la mesure où, jouissant d'un avantage compétitif initial, le pays dominant bénéficiera d'une croissance cumulative qui, sous certaines conditions (par exemple le libre échange des marchandises et des capitaux), peut s'opérer au détriment des pays moins bien placés initialement. D'où l'intérêt de modèles à deux pays, avec phénomènes d'apprentissage dans lesquels les effets d'entraînement et de concurrence, selon leur intensité relative, peuvent conduire soit à un rattrapage, lui-même complet ou partiel, soit à une accentuation de l'écart initial des productivités et des niveaux de vie (P. Krugman (1979), (1981), D.Y. Chang (1987)). Bien que pour l'instant les tests empiriques demeurent quelque peu sommaires, de tels modèles ouvrent semble-t-il des perspectives

intéressantes, pour analyser des périodes au cours desquels on assiste à une redistribution des avantages compétitifs et une inégale aptitude des systèmes productifs nationaux et des firmes à mobiliser les gains liés à l'apprentissage des techniques nouvelles d'automatisation et d'informatisation.

#### IV.4 Endogénéisation du changement technique par la RD et ses déterminants

Ces recherches, à caractère exploratoire, ne sauraient faire oublier l'un des domaines les plus actifs en matière d'inclusion du changement technique dans les modèles macroéconomiques, à savoir l'incorporation des dépenses de recherche et développement, et par extension d'un stock de connaissances, dans les traditionnelles fonctions de production. On voudrait néanmoins suggérer que, pour essentiel qu'il soit, ce traitement n'est pas suffisant et mérite d'être étendu à d'autres domaines.

##### IV.4.1. Les effets de la RD sur la productivité

La littérature sur la question est particulièrement vaste. A la suite des travaux de Z. Griliches (1973), (1979), l'idée est de considérer que le volume de la Recherche et Développement contribue à étendre le champ des possibilités technologiques, en s'incorporant dans l'équivalent d'un stock de connaissances ( $C(t)$ ), facteur à inclure dans les usuelles fonctions de production retenant le travail et le capital matériel :

$$Q = F(K, L, C) \quad \text{avec} \quad C = \int_0^t RD(\tau) d\tau$$

Si dans un premier temps, les estimations économétriques ont été menées au niveau macroéconomique ou sectoriel, sont vite apparues les limites d'études portant sur des séries chronologiques agrégées. Aussi les recherches les plus récentes privilégient-elles les études sur les données de panel à partir des firmes elles-mêmes. De l'accumulation des résultats portant sur les Etats-Unis, le Japon, la France, commence à ressortir une estimation centrale pour l'élasticité de la productivité globale vis à vis du stock de recherche et développement. On trouve par exemple dans M. Sassenou (1988) une confrontation très complète des différentes études. En ressort une estimation centrale comprise entre 0,1 et 0,3, selon les pays considérés (Etats-Unis, Japon), ou la plus ou moins grande intensité technologique (secteur lourd ou léger en contenu scientifique). Reste posée la question de l'estimation des retards nécessaires pour que les efforts d'innovation se traduisent effectivement dans la production.

Dans la mesure où ces résultats sont confirmés aussi bien par des études en coupe internationale (P. Patel & L. Soete (1987), OCDE (1988)) que des enquêtes détaillées menées auprès des firmes (Meta Study (1988)) le temps est sans doute venu de tenter d'incorporer ces estimations dans les modèles économétriques, tout particulièrement les maquettes visant à l'étude du long terme. Néanmoins se limiter à l'effet du changement technique sur la productivité introduit quelques biais dans l'étude de ses conséquences macroéconomiques, en particulier sur l'emploi.

#### IV.4.2. L'impact de l'innovation de produit sur la demande

Quitte à grossir le trait, le macroéconomiste qui voudrait analyser les relations entre changement technique et emploi fait face au dilemme suivant. Soit il adopte les hypothèses éminemment simplificatrices de la théorie néo-classique de la croissance, de sorte que le plein-emploi étant toujours assuré par la flexibilité des différents marchés et la malléabilité des combinaisons des facteurs, l'impact de la RD est toujours favorable puisque ces dépenses accélèrent l'évolution du niveau de vie mesuré par le produit par tête. Si, comme le pense aujourd'hui l'un des pères fondateurs de la théorie (R. Solow (1988)), ces hypothèses ne correspondent pas à la réalité des institutions et enchaînements macroéconomiques caractéristiques des économies contemporaines, les effets sur l'emploi dépendent alors d'une série complexe de déterminants. Certes, les théories du déséquilibre puis de la concurrence imparfaite peuvent les éclairer mais on ne dispose pas encore de résultats suffisamment solides pour penser les incorporer dans les travaux de projection ou de prévision.

Soit, seconde alternative, le macroéconomiste utilise les modèles économétriques appliqués, le plus souvent de structure néo-keynésienne : s'introduit alors un biais systématique, opposé, conduisant à porter un jugement par trop pessimiste. En général, la RD permet un abaissement des coûts, stimulant la compétitivité nationale, ou autorise une distribution de salaires réels plus élevés ou encore restaure les profits et favorise l'investissement. Pourtant, selon les chiffrages usuels de ces divers mécanismes (tout particulièrement dans les années quatre-vingts, marquées par une relative déconnexion des salaires par rapport à la productivité), l'impact global sur l'emploi reste négatif. Le résultat est d'autant plus surprenant que les enquêtes dans les firmes montrent au contraire que ce sont celles qui ont le plus innové qui préservent le mieux leur croissance et l'emploi. Le faisceau des recherches coordonnées sur l'Allemagne est exemplaire d'une telle contradiction entre analyses micro et macroéconomiques (Meta Study (1988)).

Prendre en compte l'innovation de produit et non plus seulement de processus, constitue peut-être l'une des méthodes en vue de surmonter cet apparent paradoxe. La plupart des données statistiques confirment en effet qu'une large part des dépenses de RD visent à élaborer de nouveaux produits, alors que par ailleurs, mieux satisfaire les attentes des consommateurs et rationaliser les processus productifs sont très souvent associés. Si l'on passe alors au plan macroéconomique, on retrouve l'idée que les pays sont d'autant moins contraints par l'équilibre extérieur, qu'ils parviennent avec succès à lancer en permanence de nouveaux produits (R. Boyer, B. Coriat (1986)).

Selon cette logique s'ouvre un nouveau programme de recherche qui viserait d'abord à mesurer la part relative des innovations de produits et de procédés, ensuite à cerner l'impact de ce partage sur le dynamisme de la consommation, de l'investissement et des exportations nettes. Dans la mesure où la plupart de ces effets ont un impact positif sur l'emploi, ils sont à même de compenser les conséquences mécaniques de la productivité, qui dans un modèle de demande effective, sont négatives. Il appartiendrait à l'estimation, puis l'usage en simulation, d'un modèle économétrique complet de cerner le seuil à partir duquel les effets de la RD deviennent positifs. Du point de vue de la politique économique une telle approche n'est pas sans intérêt pour la France et la C.E.E. dans son ensemble : s'accumulent en effet les indices rattachant les problèmes de l'emploi industriel au faible dynamisme de la création de nouveaux produits. Enfin, dernier avantage, l'intuition néo-schumpétérienne concernant la composante technologique du chômage actuel (C. Freeman (1978)) trouverait un champ de vérification particulièrement utile dans le contexte d'une importance accrue des choix technologiques, qu'ils s'opèrent à l'échelle européenne ou nationale.

#### IV.4.3. L'endogénéisation du volume de la RD, ou la nécessité d'un bouclage macroéconomique

En effet, la démarche d'exploration des relations croisées entre économie et innovation ne saurait s'arrêter à ce stade. Il ne serait pas légitime de traiter comme purement exogène la part de la RD dans le PIB ou la valeur ajoutée industrielle. Certes, certains grands programmes publics liés ou non à la défense, ont partiellement cette propriété d'exogénéité par rapport aux décisions des agents privés. Pourtant, la nouvelle économie industrielle, dans sa composante qui étudie les aspects stratégiques liés à la RD, montre de façon convaincante que les décisions d'innovations sont elles-mêmes endogènes et dépendent en particulier des possibilités d'appropriabilité, de la coordination par le marché ou des ententes, du risque de faillite et des possibilités d'accès au crédit, du traitement fiscal, et de bien d'autres facteurs encore (J. Tirole (1988)).



L'extraordinaire variété des conclusions obtenues par ces modèles microéconomiques devrait a priori inciter le macroéconomiste à la plus grande prudence. Le même volume global de RD peut donc être associé à des résultats fort contrastés en termes de productivité, demande et emploi. Supposant un minimum de régularité selon les secteurs et les pays, on pourrait néanmoins envisager une endogénéisation de la RD elle-même. La littérature théorique aussi bien que les nombreuses études de cas suggèrent de considérer le rôle du taux de profit ( $R_t$ ), pour certains auteurs favorable, car moyen de financement et d'accès au crédit tout comme estimation du rendement attendu ( $R_t^a$ ), pour d'autres auteurs défavorable, les firmes n'innovant que sous la pression de la dure nécessité de la menace de faillite en une conjoncture de rentabilité nette négative. Sont aussi à considérer le rythme de croissance passé ( $Q_{t-1}$ ), présent, et anticipé ( $Q_t^a$ ) de la demande, tout comme les modalités fiscales régissant ce type de dépenses ( $FISC_t$ ). D'où une équation agrégée du type :

$$RD_t = G(R_t, R_t^a, Q_{t-1}, Q_t^a, FISC_t)$$

Nul doute qu'une telle équation soit particulièrement difficile à chiffrer en l'état actuel des travaux économétriques disponibles. De plus, les dépenses de RD sont en général concentrées dans un petit nombre de secteurs, de sorte que des déterminants purement macroéconomiques ne sont sans doute pas suffisants. Néanmoins, insérée dans une maquette complète, ce type de formalisation aurait pour mérite d'endogénéiser partiellement l'innovation et d'examiner pour des chiffrages vraisemblables des paramètres, en quoi une telle formalisation se distingue d'un traitement purement exogène du changement technique.

#### **IV.5 Incorporation dans les équipements, les infrastructures, le savoir-faire de la main-d'oeuvre**

Sans doute du fait de la disponibilité de séries statistiques nouvelles, les économistes ont privilégié l'approche par la RD et les progrès, on l'a souligné, ont été notables. Pourtant, le changement technique a bien d'autres origines et canaux de diffusion. Une comparaison internationale livre des faits stylisés beaucoup plus riches : les niveaux relatifs de productivité ne sont pas seulement une question de technologie, mais aussi d'organisation, de gestion de la production et des ressources humaines, de complémentarités entre productivité privée et collective. Les spécialistes du Japon ne cessent d'insister sur une telle caractéristique : même si les Etats-Unis sont riches de leur organisation de la recherche fondamentale et de leurs prix Nobel, ce semblent être les entreprises japonaises qui explorent les nouvelles organisations productives, obtenues

tout au moins initialement sans de notables efforts de RD entendue au sens strict. Dans une formalisation du long terme, trois mécanismes méritent attention.

#### IV.5.1. Modèles à génération de capital

En effet la technologie étrangère peut être acquise, non seulement par l'achat de brevets mais beaucoup plus simplement par l'importation des équipements qui sont aux frontières technologiques du moment. C'est l'intérêt des modèles à génération de capital, maintenant bien connus des macroéconomistes, que d'examiner les conséquences du rythme d'acquisition des nouveaux équipements et symétriquement de mise au rebut des anciens, sur la dynamique de la productivité moyenne.

Dans la période actuelle, le défi adressé à l'économètre est double. D'un côté, les modèles à génération supposent l'estimation d'un beaucoup plus grand nombre de paramètres que les fonctions de production traditionnelles, rendant la tâche particulièrement difficile en matière de séries agrégées au plan macroéconomique, supposant même que l'on postule une invariance des paramètres considérés (par exemple J.P. Benassy, D. Fouquet et P. Malgrange (1975)). D'un autre côté, les spécialistes du changement technique s'accordent à diagnostiquer des changements significatifs dans l'origine d'obtention des gains de productivité, ce qui en toute logique devrait, à terme, impliquer un changement dans certains des paramètres clés concernant le progrès technique incorporé aux équipements, celui lié à l'apprentissage de la main-d'oeuvre, ou encore à l'avancement général des connaissances et savoir-faire).

Enfin, la beaucoup plus grande variabilité des prix relatifs, de la distribution des revenus, des taux d'intérêt, a sans doute exercé une influence sur les sorties de capital, dont on trouve un indice dans le nombre de fermetures d'établissements, de licenciements pour raisons économiques, de concentrations et rationalisations des chaînes de production. Sont en cours certaines recherches visant par exemple à endogénéiser la progression de la productivité des équipements de la dernière génération (Van der Zoon (1989)). C'est en un sens retrouver l'intuition initiale de N. Kaldor (1957) qui faisait des effets d'apprentissage dans la production des biens d'équipement l'un des facteurs clés de la productivité dans ce secteur. Ce point de vue, à l'époque contesté par la profession, mériterait aujourd'hui réexamen et une revue de littérature attentive et sans doute, certains travaux économétriques originaux.

#### IV.5.2. Formation, capital humain, productivité

Le problème est ici celui de la distinction entre deux grandes modalités de contributions de la main d'oeuvre à la productivité. Soit elle opère à travers la formation

générale ou technique à l'extérieur de l'entreprise, et se manifeste par une productivité individuelle potentielle supérieure. Soit au contraire, conformément à un modèle d'apprentissage dans l'entreprise, c'est la répétition des mêmes actes de production ou de gestion qui explique une productivité supérieure. L'opposition est entre investissement appropriable par l'individu (G. Becker, N. Schultz) et effets d'expérience conduisant à un investissement spécifique.

Mobilisant l'évaluation des rendements de l'éducation, il serait peut-être possible d'endogénéiser le rôle de la formation par son impact sur le salaire obtenu, indice de la productivité intrinsèque du salarié (actualisation du modèle Agora, travaux de V. Levy-Garboua, de l'IREDU, etc...). Quant aux investissements spécifiques, ils ressortissent a priori des mêmes mécanismes que les phénomènes d'apprentissage (voir section IV.7, ci-dessous).

#### IV.5.3. Les complémentarités entre infrastructures et équipements privés

Ce thème, assez fréquemment considéré dans les années soixante, tout au moins dans les travaux de planification, connaît aujourd'hui un regain d'intérêt tout particulièrement de la part des théoriciens (C. Azariadis et A. Drazen (1988), R. Day (1988)).

En matière stricte de technologie, les innovations génériques ont pour propriété d'introduire des complémentarités fortes dans les choix des différents individus, d'où l'existence de rendements d'échelle, associés par exemple à la généralisation d'une norme unique (P. David (1988) et le clavier AZERTY ou encore B. Arthur (1988) dont il sera fait état en VI.6.2).

Sur ce point encore la proposition viserait à opérer, à partir d'une maquette simplifiée, et d'introduire les phénomènes correspondants de complémentarité. A titre pédagogique et illustratif tout au moins, pourraient être explorés certains aspects majeurs de la politique des pouvoirs publics en période de changements industriels et technologiques rapides. Le secteur des télécommunications aujourd'hui, comme celui de l'électricité hier, semble fournir certaines de ces formalisations (P. David et J. Bunn (1987)).

### **IV.6 Phénomènes d'apprentissage et modèles dynamiques d'établissement de nouvelles techniques**

Pour l'essentiel, on commentera les enseignements de recherches récentes qui cherchent à explorer la question de la traverse au sens de Hicks, c'est-à-dire la transition

d'un système technique à un autre, avec endogénéité de la progression des gains de productivité le long de la trajectoire explorée.

#### IV.6.1. Les choix innovation/imitation dans un modèle séquentiel

On doit à R.R. Nelson et S.G. Winter (1982) une alternative aux traditionnelles fonctions de production agrégées. Le mouvement d'ensemble de la productivité résulte d'une série de choix décentralisés au niveau des firmes : soit elles imitent des combinaisons techniques déjà mises en oeuvre par d'autres, soit elles se risquent à l'innovation dans l'espoir de trouver une nouvelle combinaison conduisant à un taux de profit supérieur avec une probabilité inférieure à 1. Par ailleurs, les plus performantes des entreprises attirent la main-d'oeuvre et les facteurs de production nécessaires, relevant leurs prix. Ainsi s'exerce une pression sur la totalité des firmes, car les plus efficaces relèvent le salaire réel d'équilibre, que les marchés soient totalement ou partiellement concurrentiels. Pour des valeurs vraisemblables des divers paramètres concernés, les auteurs parviennent à reconstituer, après agrégation, l'équivalent du mouvement observé pour la production de l'économie américaine. Conceptuellement donc, cette formalisation donne un regain d'actualité aux idées néo-schumpétériennes. Il convient néanmoins de souligner que cette contribution, souvent citée et reprise ne semble pas avoir débouché sur une nouvelle génération de travaux, particularisant par études de cas ou études économétriques les divers paramètres du modèle. On pourrait à ce titre imaginer d'analyser ainsi la diffusion de nouveaux équipements automatisés, après spécification de leurs caractéristiques relativement aux équipements plus anciens. Le but serait de vérifier sous quelles conditions apparaît une trajectoire technologique, dont certains travaux montrent par ailleurs la pertinence empirique (Colloque GERTTD-AMES (1987)).

#### IV.6.2. Irréversibilités et écarts entre avantages collectifs et privés

L'idée de trajectoire technologique et économique a récemment reçu une justification analytique dans les modèles stochastiques du type de ceux développés par B. Arthur (1988). Il suffit de supposer que le taux d'adoption d'une technique dépend non seulement de ses avantages propres mais aussi des complémentarités créées par l'usage simultané par d'autres utilisateurs (réseau téléphonique, standardisation et normalisation). Alors un modèle stochastique simple fait apparaître une dépendance de l'état final du système par rapport à la chronologie des choix opérés par les premiers producteurs ou utilisateurs. En présence des non linéarités correspondantes (l'intérêt à l'adoption croît avec la taille du parc), une fois atteint un certain seuil, une technique pourra interdire la diffusion d'une autre pourtant potentiellement supérieure, une fois

pleinement diffusée. Ainsi s'introduit une historicité fondamentale des systèmes socio-techniques. Comme le souligne la revue de littérature de P.A. David (1988), ce modèle ouvre des perspectives particulièrement intéressantes, pas seulement pour les choix techniques : l'adoption de normes, de conventions ou d'infrastructures est aussi redevable de ce type de modélisation. Elle a en outre pour intérêt de rendre compte de certains faits stylisés en matière de choix technologiques majeurs, par exemple dans le passé la compétition entre gaz et électricité ou de nos jours, la configuration des filières en matière d'électro-nucléaire (L. Puiseux (1982)). Sur ce point la proposition consisterait à donner une base empirique précise à ce type de modèle, grâce à son chiffrage sur un domaine précisément délimité.

#### IV.6.3. Le problème de la traverse avec phénomènes d'apprentissage

En termes plus directement macroéconomiques, la théorie autrichienne de la production et du capital, actualisée par les travaux de J. Hicks, permet de cerner les contraintes qui pèsent sur les profils temporels d'engagement et de réaffectation du capital. L'ouvrage de M. Amendola et J.L. Gaffard (1988) illustre le parti que l'on peut tirer d'un tel modèle enrichi par la prise en compte de la rareté de la main-d'oeuvre qualifiée nécessaire à la mise en oeuvre des nouvelles techniques, mais aussi de l'influence qu'exerce la politique monétaire sur le choix entre liquidité et investissement productif. Certaines simulations suggèrent une forte dépendance de la trajectoire technologique par rapport aux principes et critères de la politique du crédit, actualisant l'une des intuitions majeures de L. Pasinetti (1981). Dans la continuité des modèles précédents, le phénomène d'apprentissage introduit des non linéarités, qui jouent un rôle essentiel dans la dynamique ainsi simulée. Comme dans les cas précédents, l'enjeu serait de trouver des chiffrages adéquats, tant les propriétés dépendent du chiffrage précis des divers paramètres concernés.

#### **IV.7. Un chantier à ouvrir pour la modélisation du long terme**

Le regain des intuitions néo-schumpétériennes, au contact des avancées récentes en matière de systèmes non linéaires stochastiques, désigne sans doute l'un des apports majeurs des recherches menées au cours de la dernière décennie. Si ont été élaborées des maquettes simples, à visée principalement pédagogique, on ne dispose quasiment pas d'études empiriques menées selon cette problématique. Après délimitation d'un domaine faisant apparaître des effets de réseau, d'apprentissage significatifs, il pourrait être intéressant d'en examiner la pertinence empirique. A priori les secteurs de l'énergie, des transports, des infrastructures urbaines (cf. les travaux de P.M. Allen, et M. Sanglier (1978), P.M. Allen et G. Engelen (1985)) constituent de bons champs d'application

sectoriels. Au plan macroéconomique, l'idée serait d'opposer un système technologique fordien à une automatisation flexible reposant sur une différenciation accrue de la consommation finale et d'examiner à quelles conditions le second peut supplanter le premier.

## V. LES APPORTS POTENTIELS D'AUTRES DOMAINES

### V.1 Théorie mathématique des systèmes dynamiques

Nous avons insisté à plusieurs reprises plus haut sur le fait que la longue période était celle de l'interdépendance générale, où la considération de l'économie comme champ d'investigation autonome perdait beaucoup de sa pertinence. Il est temps maintenant d'effectuer une incursion rapide dans certaines disciplines voisines afin d'y puiser d'éventuels enseignements tant sur la méthodologie utilisée que sur le fond des mécanismes modélisés concernant plus particulièrement le long terme.

Après avoir rappelé dans le reste de cette section certaines propriétés des systèmes mathématiques dynamiques, spécialement importantes dans la longue période, la deuxième section traitera de la cybernétique, domaine d'application de la théorie des systèmes dynamiques dont l'un des objectifs principaux est de mettre justement l'accent sur les interdépendances, et trouvant par là sa pertinence dans notre revue. Dans les troisième et quatrième sections enfin, nous présenterons quelques pistes tirées respectivement de la démographie ainsi que de la biologie -ou plus exactement de l'écologie-, susceptibles d'enrichir en l'élargissant la modélisation traditionnelle.

La théorie mathématique des systèmes dynamiques s'est considérablement renouvelée depuis une trentaine d'années. En effet, le rôle du temps tel que perçu par les scientifiques a été complètement renversé, passant d'une philosophie très inspirée de la mécanique céleste newtonienne à une vision emprunte de l'idée d'extraordinaire diversité mais surtout de complexité et d'imprévisibilité. Ce n'est évidemment pas le lieu ici de présenter ces développements et nous voudrions seulement en donner quelques implications potentiellement d'importance plus particulièrement pour la formalisation du long terme en économie, nous contentant de renvoyer aux ouvrages faisant autorité que sont Hirsch et Smale (1974) et Guckenheimer et Holmes (1983), ainsi que la référence "grand public" très motivante, Ekeland (1984).

Il y a lieu de distinguer entre les systèmes dynamiques linéaires et les non-linéaires. Pour les premiers, le comportement en longue période est particulièrement

simple et globalement parfaitement maîtrisé : selon que la plus grande valeur propre du modèle en module est inférieure ou non à l'unité, le système converge vers un équilibre ou diverge à l'infini quelque soient les conditions initiales, sauf cas pathologiques. Il est souvent possible -et judicieux en présence d'un grand nombre d'équations- de simplifier substantiellement le système en faisant apparaître des sous-systèmes, hiérarchisés exactement ou approximativement. En particulier, l'utilisation du concept de "décomposabilité approchée", introduite par Ando, Fisher et Simon (1963) à l'occasion d'une tentative d'élucidation méthodologique de l'interdépendance de l'économie et de son environnement, aboutit à long terme à la fois à la notion d'interdépendance générale et à celle d'un système entraîné par un très petit nombre de mécanismes dynamiques fondamentaux, validant des représentations de type maquette.

Lorsque le système analysé est quasi-linéaire, les résultats ci-dessus s'appliquent approximativement. Mais lorsque les non-linéarités sont substantielles le comportement dynamique peut devenir tout-à-fait exotique même pour des systèmes *a priori* d'une grande simplicité. Il est maintenant assez largement connu que tout système dynamique simple en apparence est susceptible d'un comportement temporel d'une grande complexité : il suffit d'y placer astucieusement un mécanisme suffisamment non linéaire. On peut ainsi produire avec des systèmes de très petite taille -i.e. comportant trois variables d'état ou moins- des cycles entretenus de formes les plus diverses. Mais on peut également, et ceci est le plus nouveau, engendrer une évolution extraordinairement complexe, d'allure chaotique, avec la propriété de *sensibilité aux conditions initiales* (SCI). Cette dernière propriété signifie que la moindre erreur sur la position de départ engendre des écarts croissant exponentiellement avec le temps. En d'autres mots, les systèmes SCI ne sont pas calculables : Même si on en connaît parfaitement les lois, l'évolution du système est imprévisible dans le plein sens du terme. On peut par contre tenter de caractériser qualitativement la zone -en termes mathématiques, l'attracteur- au voisinage de laquelle le système évolue. En bref, il faut être conscient de ce que l'on risque lorsqu'on manipule un modèle dynamique non-linéaire.

## V.2 Modèles cybernétiques

La cybernétique peut être considérée grosso modo comme l'application de la théorie mathématique des systèmes dynamiques à diverses disciplines, et plus particulièrement à celles du vivant, selon le grand principe fédérateur de l'auto-régulation, du "feed-back". Cette méta-discipline a connu depuis sa création, sous l'impulsion en particulier de J. von Neumann et de N. Wiener au début des années quarante, des fortunes diverses et il est de bon ton en économie de la considérer comme une non-discipline, spécialement à la suite de la mésaventure du Club de Rome -voir la

mention qui en est faite par Rouchet, revu en II.1. Nous prôtons ici de ne pas jeter le bébé avec l'eau du bain et pensons au contraire qu'*une démarche de type cybernétique peut contribuer substantiellement à une meilleure compréhension qualitative des interactions intéressant la longue période.*

La base documentaire intéressant l'économiste comporte deux types de références :

- (i) Les ouvrages traitant de méthodes mathématiques appliquées dont un des meilleurs représentants en langue française est "le" Faurre et Depeyrot (1974). Citons également le travail de Haken (1983) en matière de hiérarchisation dynamique et d'asservissements dans les systèmes autorégulés partant d'une distinction entre les mécanismes à ajustement rapide et ceux à ajustement lent.
- (ii) Les applications proprement dites extrêmement diverses quant-aux champs et à la qualité qui vont de Lange (1976) à Meadows et Robinson (1985). Cette dernière référence consiste en la présentation de 9 modèles, globaux ou partiels, de dynamique des systèmes intéressant essentiellement le long terme dans des domaines variés, basés sur DYNAMO, langage de programmation des systèmes dynamiques créé par Forrester (1971), et montrant le parti que l'on peut tirer de ce type de modélisation à condition de l'utiliser comme outil d'investigation essentiellement qualitatif.

Pour conclure sur ce sujet, observons que la modélisation macroéconomique n'est pas conceptuellement différente de la modélisation cybernétique : chacune est focalisée sur son objectif et les qualités de l'une sont les défauts de l'autre : Les modèles cybernétiques, centrés sur la description des interdépendances et des régulations, oublient souvent en économie la confrontation de type économétrique aux faits. Les modèles économétriques quant-à eux, estimés en général avec minutie, possèdent des propriétés dynamiques mal maîtrisées comme signalé à plusieurs reprises plus haut, et ont de grandes difficultés à intégrer les phénomènes non standards sortant du noyau dur de la macroéconomie quantitative.

### V.3 Modèles de démographie<sup>1</sup>

Il va sans dire que les phénomènes démographiques sont au cœur de la problématique de la formalisation du long terme. Il est traditionnel, en préalable à toute opération de modélisation du long terme, de réaliser des projections démographiques reposant sur des hypothèses de taux de fécondité, de mortalité et d'immigration nette,

---

<sup>1</sup> Cette section, quoique rédigée sous la seule responsabilité des auteurs, a grandement bénéficié de nombreux entretiens avec D. Blanchet, chercheur à l'INED, et tient l'essentiel de sa substance de sa thèse - voir Blanchet (1989). Le lecteur sera peut-être choqué de voir relégués au rang d'une simple section les liens à long terme entre l'économique et le démographique, alors qu'il pourrait attendre un traitement symétrique des deux grands déterminants de la croissance à long terme : progrès technique et augmentation de la force de travail. Ce parti pris résulte en fait du manque de profondeur des connaissances des auteurs du présent rapport dans cette discipline.



exprimées globalement ou par classes d'âge et/ou par région, en fonction du degré de détail recherché, comme par exemple la mesure du vieillissement de la population. La détermination du poids des inactifs requiert de plus un jeu d'hypothèses sur les taux de participation par classe d'âge et éventuellement par sexe et C.S.P -c.f. par exemple le numéro spécial d'Economie et Statistique (1986) consacré à la démographie française de l'an 2000, ou Bourgeois-Pichat (1988). L'objectif de la présente section est de survoler rapidement les travaux réalisés sur les liens réciproques qu'entretiennent dans la longue période la démographie et l'économie.

Nous présenterons d'abord l'influence potentielle à long terme des éléments démographiques sur l'économie, influence la plus usuellement considérée par les modélisateurs économistes. Nous serons plus brefs sur la liaison inverse, car il semble que cette dernière, bien que théoriquement séduisante, soit pratiquement impossible à mettre en évidence au plan empirique pour les pays industrialisés.

#### V.3.1. Les incidences démographiques sur l'évolution économique à long terme

Il est bien connu dans les milieux démographes -mais moins chez les économistes- qu'au niveau global, une augmentation de *la croissance* de la population disponible vue à travers un modèle de croissance de type Solow détériore le niveau de vie. Cet effet, dit de "dilution du capital", provient de ce qu'un taux de croissance démographique plus élevé doit être soutenu par un taux d'accumulation du capital plus fort, impliquant, à taux d'épargne donné, une diminution du ratio capital-output, et donc, en raison des rendements décroissants du travail, une baisse du produit par tête. En d'autres mots, s'il est clair que la population est neutre à long terme, elle n'est pas super-neutre. Ce phénomène est encore amplifié si l'on prend en considération les contraintes de ressources primaires. Face à ce phénomène gênant qui pousserait les économistes, dans une optique de bien être, à recommander la dénatalité, de nombreux chercheurs ont exploré une variété de pistes susceptibles de conduire à un renversement de cette corrélation négative -voir à ce sujet l'excellente revue de littérature de Kelley (1988) qui, bien que concernant principalement le Tiers Monde, contient nombre de précieux enseignements sur les pays industrialisés, ainsi que la thèse de Blanchet (1989).

- (i) La première piste consiste à supposer des externalités positives ou plus généralement de rendements d'échelle croissant de la population par exemple en endogénéisant le progrès technique en fonction de l'activité ou du stock d'activité accumulée -Arrow (1962)-, ou en fonction de la quantité de R.D., ou encore à supposer que la pression démographique incite à l'innovation -Boserup (1981). Nous renvoyons sur ce sujet le lecteur à la section IV traitant du progrès technique.
- (ii) La deuxième piste avancée par l'école Stagnationniste met l'accent sur les effets dépressifs sur la demande d'une faible croissance de la population -par exemple Hansen (1939). Si cette explication, qui de toute manière concerne plus le court et le moyen terme que le long

terme, possède certains fondements logiques, elle n'a pas résisté à l'épreuve de l'explosion démographique du Tiers Monde -voir cependant le retour sur les mécanismes liant population et demande en particulier structure de consommation, par Tapinos, Blanchet et Ekert-Jaffe (1989).

- (iii) La troisième piste tente d'exploiter la décomposition de la population en classes d'âge. Ainsi un ralentissement de la croissance démographique conduit toutes choses égales par ailleurs à un vieillissement de la population, accroissant la masse des inactifs et donc les charges sociales pour les actifs ; de plus, dans la mesure où le progrès technique est "incorporé" aux différentes générations de travailleurs, il en résulte un ralentissement du rythme d'accroissement apparent de la productivité globale, etc. On note que ces arguments peuvent être facilement renversés : le poids des vieux est plus fort, mais celui des jeunes à élever plus léger, le savoir-faire vient avec l'âge, etc. Sur ces aspects de structure par âge et de transferts intergénérationnels, voir Lee (1980) ou le volume Lee, Arthur, Rodgers Eds. (1988) présentant un ensemble de contributions très récentes concernant les pays industrialisés "oubliés" par les chercheurs pendant plusieurs décades.

De manière peu surprenante, il émerge nettement des études et modèles réalisés que les effets de la croissance démographique sur le niveau de vie sont nombreux, complexes et surtout sont très loin d'aller dans le même sens. Les résultats dépendent d'études fines sur un pays donné et on peut conjecturer qu'ils sont faibles.

### V.3.2. Le bouclage Malthusien et au delà

Il est temps de s'interroger sur la liaison éventuelle en retour de l'économie sur les déterminants de la population. Malthus postulait que de meilleures conditions de vie conduisaient à se marier plus tôt, donc faire plus d'enfants et par ailleurs mourir moins, provoquant un accroissement démographique. Si ce bouclage était important, il expliquerait l'échec des résultats précédents d'équilibre partiel -biais engendré par la détermination simultanée des évolutions économiques et démographiques. A la limite, la démographie serait reléguée au rang d'avatar de l'économie. Sans aller jusqu'à ces extrêmes, il est bon de rappeler ici les théories beckeriennes célèbres de la famille et du capital humain dont les derniers développements -"new home economics"- postulent une optimisation intergénérationnelle incluant la fertilité comme variable de décision dans le cadre d'un modèle de croissance. Ces travaux aboutissant toutefois au résultat anti-malthusien que la fertilité est inversement liée au progrès technique -voir Becker, Barro (1988), ou pour une synthèse, Becker (1988) ; pour un exemple numérique d'approche en termes de cycle de vie intégrant la fertilité dans les choix, Denton, Spencer (1988).

L'espérance de vie à la naissance est en constante augmentation et l'asymptote ne semble pas en vue, même si les avis sont partagés sur son évolution à échéance du siècle. Il se peut que cet allongement de la durée de vie pose dans un avenir plus ou moins proche des problèmes d'éthique médicale en relation avec la croissance des coûts de santé des personnes âgées. Mais le canal du bouclage Malthusien est principalement celui de la fécondité auquel on peut ajouter pour mémoire celui de l'immigration.

Plusieurs études ont été réalisées sur l'efficacité des politiques natalistes sur la base de modèles théoriques et économétriques mais donnent des résultats controversés. Il est également tentant de chercher à stabiliser l'évolution démographique par la régulation de l'immigration. Nous citerons seulement Blanchet (1988) qui montre à partir d'une analyse en structures par âge que cette politique risque de provoquer des fluctuations explosives si l'objectif est à trop courte vue.

#### V.4 Modélisation écologique et bio-économique

L'économie et la biologie ont de tous temps entretenu des rapports de bon voisinage, et les transferts de technologie furent et sont extrêmement fréquents et fructueux. Il n'est que de citer l'influence qu'exerça sur le médecin -et économiste- Quesnay le schéma de circulation sanguine, établi plus d'un siècle auparavant par le médecin Harvey, dans l'élaboration de son tableau de circulation dans le corps social, ou de rappeler le rôle que joua la Théorie des Populations de Malthus dans la Théorie de la Sélection Naturelle de Darwin, sans oublier Volterra et Goodwin.

Ces deux disciplines ont en commun certains traits fondamentaux : l'analyse du comportement de systèmes vivants autorégulés d'une grande sophistication et dont les lois fondamentales sont pratiquement inconnues, ainsi qu'une même fascination pour les phénomènes cycliques. Toutefois une importante différence les sépare concernant la possibilité d'expérimentation en biologie que n'a pas l'économie, où chaque phénomène a un caractère unique. D'où la plus grande sophistication des méthodes économétriques ainsi que la perception de l'interdépendance générale dans cette dernière discipline, entraînant des formalisations quantitatives de taille bien plus considérable qu'en biologie. En effet, aucun biologiste ne considérera comme raisonnable un système de plus de 10 équations, arguant de ce qu'il ne peut être maîtrisé, la taille "honnête" se situant autour de 3 variables -sur la structure type des modèles biologiques de dynamique des populations voir par exemple la très complète présentation des modèles logistiques de prédation, de compétition et de diffusion ainsi que leur tentative de réinterprétation en économie dans la thèse de Ridane (1988); voir également des exemples de différences méthodologiques entre modélisations biologique et économique dans Demongeot et Malgrange Eds.(1988). A comparer aux centaines voire milliers d'équations des modèles macroéconomiques standards ! Il est donc pertinent de présenter dans cette revue quelques éléments de méthodes de formalisation en biologie et la pertinence est renforcée par l'existence d'une large frontière commune intéressant particulièrement le long terme : ce qu'il est convenu d'appeler l'environnement, autrement dit l'écologie. Nous présentons maintenant la modélisation économique-écologique.

Alors que la démographie est habituellement positionnée en amont de l'économie par les modélisateurs, l'écologie se retrouve classiquement en aval. Qu'il existe une interdépendance fondamentale à long terme entre les activités de l'homme et sa biomasse apparaît pourtant comme une évidence première, faisant régulièrement la une des journaux. Ce n'est pas le lieu de nous interroger ici des raisons de cette maigre prise en compte. Par contre il convient de présenter brièvement les travaux de modélisations bio-économiques réalisés dans le passé récent. Pour cela, nous sommes grandement aidés par l'existence d'un ouvrage de synthèse, modèle de pluridisciplinarité extrêmement bien documenté, cohérent et complet, coordonné par Braat et van Lierop (1987), déjà cité en II.3, dont nous résumons les principaux traits. La première partie consiste à comparer la structure type des modèles de chaque discipline avec leurs forces et leurs faiblesses. Il apparaît que si les économistes affectionnent les modèles économétriques de grande taille, les biologistes ont l'habitude de raisonner sur des systèmes de type cybernétique portant sur une entité de type micro-unité -forêt, bassin de pêche, etc.-, faisant largement appel à des outils de programmation comme DYNAMO (Forrester (1971)) c'est-à-dire de structure non linéaire, "chiffrée" par avis d'experts plus souvent qu'estimée, mais techniquement bien maîtrisée. Il est inutile de revenir sur les faiblesses des modèles macroéconomiques, mais de l'avis des praticiens le principal défaut des modèles écologiques est une tendance très marquée à apparaître comme des exercices académiques en dynamique mathématique. Les auteurs proposent alors une méthodologie destinée à intégrer les points forts de chaque discipline, et se livrent à une évaluation systématique et sophistiquée d'un grand nombre de modèles écologico-économiques.

## VI. MODELES "HISTORIQUES" SUR SERIES LONGUES ET CLIOMETRIE

Il est temps d'aborder le domaine des relations entre théorie et histoire économiques, puisque les contacts entre ces deux disciplines sont au coeur de toute formalisation du long terme. D'un côté, les avancées de l'analyse macroéconomique fournissent des clés pour rendre compte des enchaînements conjoncturels du passé et les comparer avec ceux du présent. De l'autre, la grande richesse des études historiques n'est pas sans éclairer les grandes questions que se pose l'économiste à propos de la croissance. Pourtant cette fécondation mutuelle, en un sens évidente, apparaît à l'expérience difficile à mettre en oeuvre tant les disciplines sont aujourd'hui spécialisées en fonction de leurs techniques ou de leur domaine respectif.

Présenter une vue complète et argumentée en la matière sort du champ du présent exercice. D'une part, un point de vue partiel et sans doute partial sera adopté en fonction de l'objectif poursuivi : enrichir les formalisations ou tout au moins les réflexions quantifiées sur le long terme. D'autre part, les compétences et la spécialité des auteurs délimitent un domaine particulier, sans aucune prétention à la généralité. On trouvera dans C. P. Kindleberger et G. Di Tella (1982) ou W.N. Parker (1986) un exercice beaucoup plus ambitieux mené par les plus grands auteurs. On se propose en fait d'ordonner la réflexion par rapport à cinq thèmes principaux.

### VI.1 Les approches en coupe internationale : l'hypothèse d'invariance dans l'espace

Il peut paraître surprenant d'amorcer ainsi les relations entre économie et histoire. Pourtant comme le fait remarquer K. Arrow (1986) "*Les comparaisons entre pays sont l'analogue de comparaisons historiques car toutes deux explorent le domaine de validité des généralisations en matière d'économie...les différences internationales, pour autant qu'elles ne soient pas attribuables à des différences de dotation en ressources naturelles, sont elles-mêmes le produit de l'histoire*". C'est en effet une longue tradition de vérifier la validité des problématiques de la croissance par une analyse raisonnée des différences entre nations à un moment donné du temps ou des divergences entre rythmes d'évolution sur une période suffisamment longue.

L'hypothèse souvent implicite, mais en fait tout à fait essentielle, est que les diverses économies nationales obéissent à un même modèle. Comme le souligne R. Solow (1986) : "*S'il existe un seul modèle universellement valable, il doit simplement être appliqué*". A la lumière de l'expérience accumulée, il est possible de tenter un bilan des forces et faiblesses de ce type d'approche.

Ainsi en matière de relations entre démographie et croissance économique, nombre d'études (R.A. Easterlin (1967), S. Kuznets (1975), E. Boserup (1981)) sont ainsi parvenues à dégager certaines grandes régularités. Pourtant, les résultats obtenus en coupe internationale sont loin de s'imposer comme loi d'évolution d'un pays donné étudié en série chronologique. Les spécificités de l'organisation sociale et des structures productives autorisent en effet des trajectoires contrastées. Plus encore, les enseignements tirés des précédentes transitions démographiques ne sont pas directement transposables à l'étude des problèmes largement originaux qui affectent de nos jours les pays de vieille industrialisation.

De la même façon, une fraction notable des théories du développement supposait dans les années soixante, que les diverses nations exploraient le même sentier d'évolution, mais avec un retard variable fonction de la date d'adhésion à la révolution industrielle (W.W. Rostow (1962)). Que s'élève le taux d'investissement, et devrait s'amorcer le processus de croissance cumulative. L'expérience des nouveaux pays industrialisés, tout comme la stagnation durable d'autres pays, montrent à l'évidence qu'un modèle unique est loin de régir les différentes trajectoires nationales, ou tout au moins qu'il est beaucoup plus complexe que la plupart des théories ne le supposent.

Si l'on se restreint aux pays anciennement industrialisés de l'OCDE, les analyses comptables aussi bien qu'économétriques de la croissance (E.F. Denison (1967), A. Maddison (1982), (1987)) laissent largement inexplicée la grande question : "*pourquoi les croissances nationales diffèrent-elles ?*" Par ailleurs, le significatif infléchissement de la productivité américaine demeure aujourd'hui encore assez mystérieux, en dépit d'efforts persévérants mettant en oeuvre des méthodologies variées. Plus encore, les études comparatives, basées sur des approches institutionnelles et des études de cas, jettent quelques doutes quant à l'universalité du modèle économique à l'oeuvre, tout particulièrement compte tenu de notables divergences des trajectoires nationales qui ont été observées au cours des deux dernières décennies (G. Dosi (1988)).

Une conclusion identique émerge d'une problématique en termes de croissance cumulative, selon la séquence division du travail-accroissement du marché-dynamisme de l'investissement-effets d'apprentissage. Ainsi, la formulation puis l'estimation en coupe internationale d'un modèle de type Myrdall-Kaldor-Verdoorn fournissent d'abord une interprétation relativement pertinente, mais débouchent à partir de 1973 sur une apparente rupture des régularités antérieures (R. Boyer, P. Petit (1981), R. Boyer et P. Ralle (1986)). Soit la formalisation retenue était inadéquate, soit les enchaînements économiques se sont effectivement altérés. En tout état de cause, il s'avère donc difficile d'inférer un pronostic à partir de régularités aussi fragiles.

## VI.2 Les ondes longues : l'hypothèse d'invariance dans le temps

Selon un second grand courant d'analyse, la permanence serait à rechercher par référence aux enchaînements temporels, non aux coupes internationales. On doit à N.D. Kondratief (1922), repris et réinterprété par J. Schumpeter (1939) une hypothèse forte : les économies modernes seraient soumises à des mouvements faisant alterner expansion longue puis dépression conformément à un cycle dont la durée serait de l'ordre d'un demi siècle. Si tel est le cas, la prévision, en particulier des retournements de l'essor à la crise, revient à dater avec précision ce que G. Haag, W. Weidlich et G. Mensch (1985) ont dénommé "l'horloge Schumpétérienne".

Rares sont les macroéconomistes qui ont pris au sérieux et/ou exploré cette hypothèse. Tout au contraire, une communauté d'historiens de l'économie s'est constituée autour de cette vision du long terme, accumulant une précieuse information statistique, résultat de recherches d'archives, portant tout particulièrement sur la constitution de variables de prix (prix or des céréales, niveau général des prix, taux d'intérêt,...). Nombre de colloques internationaux et de publications en ont résulté (Paris (1983), Sienna (1985), Montpellier (1987), Bruxelles (1989)). L'un des points forts est de faire ressortir que le processus de croissance ressemble fort peu à celui que décrit la théorie standard car il est la superposition de perturbations et de divers mécanismes d'ajustement à horizon plus ou moins long selon qu'ils portent sur les stock et les prix (le court terme), l'investissement (le moyen terme) ou le changement technique et la démographie (le long terme). En outre, les spécialistes du changement technique (Ch. Freeman (1978), J.J. Van Duijn (1983)) ont proposé de rattacher le plus long de ces cycles à l'effet des grappes d'innovation majeures sur la dynamique du taux de profit. Ainsi se trouvaient esquissées des hypothèses analytiques qui faisaient cruellement défaut à l'article original de N.D. Kondratief (1922).

Pourtant telle n'est sans doute pas l'une des voies les plus fructueuses dans l'analyse du long terme. D'abord, il faut souligner le caractère souvent héroïque que présente la construction de séries réputées homogènes sur une période pluri-séculaire, même pour les indices de prix. Comme les séries de production, d'investissement, de taux de profit ne sont disponibles que pour des périodes plus courtes, la vérification de l'existence d'un cycle cinquantenaire s'avère fort partielle. La sophistication des traitements statistiques telles les techniques de l'analyse spectrale ne saurait faire oublier l'imperfection des données de base. Il n'est donc pas surprenant que ne ressortent pas les régularités

attendues, tant les fluctuations sont irrégulières dans leur durée et leur ampleur. Ainsi des auteurs se réclamant de la même problématique ont-ils pu faire une datation, donc un pronostic, totalement contradictoires...sensiblement à partir des mêmes données (W.W. Rostow (1978), I. Wallerstein (1979)).

Ensuite, les années postérieures à la deuxième guerre mondiale s'inscrivent difficilement dans la continuité des conjonctures précédentes, que l'on considère le rythme d'inflation, la rapidité et la stabilité de la croissance, ou que l'on procède à des tests statistiques plus précis (A. Maddison (1982)). A nouveau fait problème l'hypothèse centrale, à savoir la stabilité pluri-séculaire d'un même ensemble de mécanismes économiques. Sur ce point, les analyses qualitatives des plus grands historiens (F. Braudel (1977)) rendent peu intuitive une telle invariance. Enfin et surtout, la comparaison n'est pas raison, et l'étude des bio-rythmes de l'économie ne saurait remplacer l'explicitation analytique des mécanismes susceptibles d'engendrer des ondes longues.

Or jusqu'à présent, les formalisations proposées sont loin de rencontrer une adhésion générale. D'une part, seuls des ajustements tout à fait particuliers d'un oscillateur de Samuelson livrent des fluctuations auto-entretenues (J.J. Van Duijn (1983)) ou des non linéarités fortes que les données disponibles ne valident pas toujours (J. Forrester (1971)). D'autre part, si la formalisation théorique est plus satisfaisante (G. Haag, W. Weidlich et G. Mensch (1985)), la vérification empirique n'est menée que de façon cursive. En conséquence, les espoirs initialement mis en cette problématique ne s'avèrent pas définir une voie royale à la compréhension du long terme (J. Bouvier (1982)). Les ondes longues désignent plus une interrogation qu'une réponse.

### **VI.3 Les tests de maquettes sur séries conjoncturelles du passé**

Dès lors, économistes et historiens peuvent légitimement préférer une démarche plus prudente, en quelque sorte symétrique des précédentes. Nombre d'entre eux ont tenté de cerner la pertinence de théories ou de maquettes, telles que les livrent les recherches macroéconomiques contemporaines, sur la base des données statistiques disponibles ou construites à cet effet et portant sur des périodes plus anciennes, l'entre-deux-guerres, voire le XIX<sup>ème</sup> siècle. Pour autant que la qualité de l'information le permette, la longueur des séries devrait ainsi autoriser une appréciation plus lucide des forces et des faiblesses de ces diverses maquettes. De fait, nombre d'économistes procèdent maintenant de la sorte, tout particulièrement aux Etats-Unis, pays pour lequel on dispose de statistiques longues. Si l'on se restreint à la France, deux séries de recherches méritent une mention spéciale.



L'estimation d'un modèle néo-keynésien typique pour les périodes 1920-1938 puis 1946-1977 (P.A. Muet et P. Villa (1981), P. Villa (1988)) fait ressortir que la même structure théorique permet de rendre compte de situations conjoncturelles en apparence profondément différentes. La configuration très contrastée des principales variables avant et après la deuxième guerre mondiale, résulterait en fait d'une évolution différente des variables exogènes due par exemple aux transformations intervenues dans les tendances de la croissance et l'inflation mondiales, ou encore la conception et la pratique de la politique économique. Ainsi, l'investissement s'avèrerait finalement beaucoup plus stable que prévu, répondant principalement à des effets de demande. Par contre, en matière de salaire, le milieu des années trente marquerait un relèvement significatif de l'indexation des salaires par rapport aux prix, sans que l'influence du chômage en soit affectée.

Selon cette optique, le retour à l'histoire longue reviendrait à spécifier les paramètres d'un modèle dont la structure resterait invariante dans le long terme. Tout au plus pourrait-on concevoir que le franchissement de certains seuils critiques fasse basculer d'un type de dynamique à un autre. Pour faire image, c'est admettre une semi-universalité des enseignements de la théorie keynésienne standard. Mais on le sait, ce point de vue n'est pas nécessairement partagé par l'ensemble des économistes puisque par exemple, la nouvelle économie classique a montré de façon suggestive, combien les phénomènes d'apprentissage pouvaient affecter les anticipations, les comportements, et donc à terme le type d'équilibre macroéconomique lui-même. Par ailleurs, les années quatre-vingts se sont révélées difficiles à interpréter au sein d'une théorie simple et unifiée, fût-elle keynésienne, monétariste ou néo-classique, de sorte qu'au début des années quatre-vingt-dix, la "maquette générale" à confronter aux diverses époques historiques, fait encore problème.

Aussi, selon une seconde optique, M. Lévy-Leboyer et F. Bourguignon (1985) supposent-ils que pour le XIX<sup>ème</sup> siècle le modèle à considérer est plutôt de type dual à la Lewis. A cette époque, coexistent deux secteurs, d'un côté l'agriculture mettant en oeuvre des techniques traditionnelles et caractérisée par de fortes réserves de main-d'oeuvre, de l'autre l'industrie qui joue un rôle moteur en matière d'investissement et de changement technique. En outre les comportements de consommation peuvent basculer d'un modèle ancien à un autre plus moderne. La démarche n'est pas sans rappeler celle des macroéconomistes du développement (L. Taylor (1982)) pour lesquels la structure du modèle doit "coller" aux caractéristiques précises du système productif et des données institutionnelles en matière de mode de vie, démographie, formation des prix... Par comparaison avec la démarche de P.A. Muet et P. Villa c'est admettre qu'à l'échelle

séculaire, le développement procède par altération qualitative et donc quantitative des mécanismes économiques même élémentaires.

Pour des raisons pratiques (nature des statistiques disponibles) aussi bien que théoriques (liées à une analyse fine des grands enchaînements de l'économie française et des périodes clés qui en résultent), M. Lévy-Leboyer et F. Bourguignon vérifient la qualité des estimations respectivement pour les années 1825-1859, 1860-1886, 1887-1913. D'une part, la plupart des paramètres présentent des valeurs conformes à l'intuition, confirmant donc la pertinence du modèle général. Mais d'autre part, tout comme précédemment pour l'entre-deux-guerres, on note une altération de certaines relations clés, de sorte que les mêmes aléas puissent avoir des effets opposés selon les périodes. Pour autant que ce soient ces résultats fins qui importent à l'économiste, la rétrospective historique livrerait un subtil mélange de permanence et de changement dans les modes de fonctionnement d'une même économie, considérée à l'échelle d'un siècle.

Face à ce constat, deux stratégies de recherche sont concevables. Soit l'économiste entérine cette variabilité et cherche les meilleurs des modèles tangents à chaque mode de régulation. Soit il vise à une endogénéisation des raisons de ces changements grâce à une formalisation plus générale restaurant une continuité de l'explication, même si la part des différents déterminants peut varier au cours du temps. Pour prendre une image géographique, à une modeste série de projections Mercator s'oppose une ambitieuse "tectonique des plaques".

#### **VI.4 Unicité ou variété des régimes et modes de régulation ?**

Les approches de la régulation ont précisément exploré la première de ces perspectives. Les recherches initiées sous l'hypothèse de l'invariance des régimes d'accumulation, confrontées à l'évolution des capitalismes américain et français sur deux siècles, ont plutôt conclu à la succession de trois modes de régulation principaux : à l'ancienne, concurrentiel, administré (J.P. Benassy, R. Boyer et R.M. Gelpi (1979)). Les changements intervenus concerneraient tout autant les sources et les déterminants de la productivité que la répartition du revenu (M. Basle, J. Mazier et J. F. Vidal (1980)), sans oublier le degré et la nature des interventions publiques et le principe de gestion monétaire.

Selon une démarche finalement proche de celle adoptée par M. Lévy-Leboyer et F. Bourguignon, une périodisation à partir de l'évolution des formes institutionnelles est ensuite confrontée aux résultats d'estimations économétriques simples. A cet égard, l'un

des enseignements est que l'altération des relations professionnelles, de la politique monétaire, des formes de la concurrence, ne joue que progressivement dans la modification du mode de régulation, le délai correspondant étant de l'ordre d'un quart de siècle. Pour autant que ce résultat prévale encore aujourd'hui, ainsi pourrait s'expliquer l'hystérésis qu'ont manifesté les économies européennes, tout particulièrement française, au cours de la dernière décennie.

Dès lors, la prospective de long terme se rapprocherait plus des travaux de type INTERFUTURS que de simulations portant sur un modèle économétrique complètement estimé sur les évolutions de longue période. Le but serait en effet d'utiliser les études disponibles pour caractériser les sources possibles de la productivité, les logiques concevables en matière de salaires, les principes de détermination du crédit, sans oublier bien sûr les contraintes et opportunités véhiculées par le régime international. Dans un second temps, peuvent être construits des scénarios regroupant de façon pertinente une série d'hypothèses élémentaires. Enfin, par l'usage raisonné d'une maquette pédagogique associant cohérence comptable et formalisation des principaux enchaînements économiques, il est possible de décrire divers sentiers d'évolution (CGP-CEPREMAP (1987)), qui n'ont plus nécessairement de raisons de s'inscrire dans la continuité stricte des tendances antérieures.

On l'imagine, cette démarche n'est pas sans rencontrer de redoutables difficultés. En premier lieu, le passage de l'analyse qualitative aux paramètres du modèle demeure quelque peu impressionniste, même s'il est éclairé par des études de cas ou des comparaisons internationales. En second lieu, force est de reconnaître le caractère éminemment subjectif des scénarios, quelle que soit l'attention apportée à leur élaboration. La prudence méthodologique conseillée par J. Lesourne et D. Malkin (1979), s'impose. Enfin, l'exercice ne prend son sens que si le modèle macroéconomique utilisé satisfait à des impératifs finalement assez contradictoires. D'une part, il doit être suffisamment simple et comporter un faible nombre d'équations afin d'être transparent à ses auteurs et utilisateurs (R. Boyer (1988a)). D'autre part, il doit néanmoins retenir les principaux des déterminants qui conditionnent la croissance à long terme, a priori nombreux dès lors que on renonce à une simple analyse comptable ou estimation d'une fonction de production. Le régime monétaire et la coordination internationale des politiques économiques jouent par exemple un rôle, qui doit être incorporé dans la formalisation (M. Aglietta et N. Mendelek (1987)).

## VI.5 Le rôle des facteurs socio-politiques et institutionnels

L'accent mis sur les changements sociaux et politiques et leur rôle dans la dynamique économique se retrouvent dans nombre d'analyses à la charnière de la science politique et de l'analyse économique. L'influence du degré de centralisation des négociations collectives et des formes de pouvoirs politiques sur les performances en matière d'inflation et de chômage a été fortement soulignée par les théoriciens anglo-saxons du corporatisme (P. Schmitter (1974)), et a donné lieu à diverses formalisations macroéconomiques et estimations économétriques (M. Bruno, J. Sachs (1985), J. Cornwall (1977)).

L'ancienneté des compromis et arrangements politiques a été invoquée comme un facteur inhibiteur de la croissance à long terme, à moins que les divers groupes d'intérêt dépassent la seule poursuite de rentes de monopole, pour prendre en compte des objectifs plus large concernant l'ensemble de la société (M. Olson (1982)). Bien que la mesure des variables correspondantes demeure approximative et fragile, elles semblent avoir un impact sur l'explication des rythmes nationaux de croissance à long terme. (G. Hogdson (1988)). De même, la diffusion des nouvelles techniques apparaît comme largement conditionnée par la nature des relations du travail, les relations entre entreprises, système éducatif et centres de recherche (OCDE (1988)). D'où en conformité avec les intuitions initiales de Joseph Schumpeter, la nécessité de traiter simultanément innovations organisationnelles et innovations plus directement techniques, car de leur incompatibilité peut résulter un blocage de la croissance (C. Perez (1983), R. Boyer (1988b)). En effet, trop d'études du long terme négligent les facteurs institutionnels ou adoptent l'hypothèse quelque peu extrême de la détermination des formes économiques et sociales d'organisation par les seules tendances de la technique. Les recherches contemporaines en sciences politiques et histoire fournissent une approche beaucoup plus équilibrée de l'interaction de ces divers déterminants.

Autant de pistes qui appellent sans doute une revue de littérature particulière, afin d'éclairer cette question centrale : l'influence des variables socio-politiques est-elle suffisamment robuste pour qu'elle puisse être formalisée dans les maquettes de long terme ? Une seconde stratégie mérite aussi exploration. Largement complémentaire, elle adopte au contraire l'hypothèse d'une endogénéité au moins partielle de certains des changements de paramètres affectant les maquettes de courte période.

## VI.6 Les modèles de dynamique longue : endogénéité de la population et du changement technique

Formellement le but est de superposer à la dynamique de court-moyen terme que décrivent les modèles macroéconomiques, qu'ils soient néo-keynésiens ou s'inspirent des théories du développement, une prise en compte de la lente altération de certains paramètres ou variables réputées exogènes dans la courte période. Il est en outre concevable de s'inspirer des grandes hypothèses avancées pour expliquer aussi bien la "dynamique grandiose" chère aux classiques et aux marxistes, mais aussi des schémas et hypothèses proposés par les spécialistes des ondes longues. La méthode consisterait à utiliser au mieux les informations historiques, si l'hypothèse d'une continuité à long terme s'impose, les enquêtes monographiques et les données de panel si de nouveaux mécanismes apparaissent vraisemblables.

En matière de démographie, la prévision de la population totale et active s'impose d'autant plus, que c'est l'un des facteurs clés dans la différenciation des nations, comme les ruptures propres à chaque société. Il pourrait être important de demander à des spécialistes de faire le point sur les conceptions les plus récentes en la matière, afin dans un second temps, de les incorporer dans une éventuelle maquette représentative du long terme (Dupâquier Ed. (1987)).

Pour leur part, les sections précédentes ont déjà avancé une série de facteurs à prendre en compte dans le domaine du changement technique et de ses déterminants. D'une part, il ne serait pas inintéressant de faire retour à des modèles déjà anciens mais peut-être éclairants (S. Valavanis Vail (1955), L. Caussat (1981)). D'autre part, certains organismes internationaux ont lancé des recherches visant à caractériser les déterminants actuels de la productivité globale des facteurs (OCDE (1989)), dont il pourrait être tenu compte dans la formulation d'un modèle de long terme.

La structure du mode de consommation, lui-même lié au mode de vie, n'est pas sans connaître des transformations équivalentes qui affectent toute une série de grandes relations économiques : élasticités de la consommation privée par rapport aux prix et aux revenus, conséquences de la démographie sur la demande de services, en particulier de santé, et le partage entre financement public et privé...(M. Gaspard (1987)).

Les déterminants des prélèvements fiscaux et obligatoires sont aussi à prendre en considération, puisque dans la moyenne-longue période, ne peut être maintenue l'hypothèse de la complète autonomie des décisions de politique économique. On songe

tout particulièrement aux problèmes des retraites et de la santé qui clairement exercent des effets inter-générationnels et inter-temporels évidents.

Last but not least, face à l'interdépendance accrue en matière d'échanges, production et flux financiers, les perspectives internationales constituent plus que jamais le pivot de toute modélisation des enchaînements internes à chaque économie. Les raisonnements en termes de configurations et scénarios internationaux (CEPII (1984)), doivent logiquement intervenir dans la confection de toute maquette nationale.

## VII. CONCLUSION.: UN CHANTIER ARDU MAIS ESSENTIEL

L'objectif de cette revue de littérature était d'amorcer une réflexion sur les contours d'une approche formalisée du long terme. Plutôt que de viser l'exhaustivité, ce qui était au delà de nos compétences, nous avons braqué le projecteur sur certains phénomènes nous paraissant particulièrement importants dans la longue période et surtout pour lesquels une modélisation s'avérait pertinente et susceptible d'une certaine robustesse. Nous n'avons qu'effleuré les dimensions socio-politiques et laissé de côté les stratégies internationales, pourtant parties intégrantes du long terme mais pour lesquelles la formalisation était particulièrement complexe -théorie des jeux- et n'avait pas encore atteint un degré dans le réalisme comparable à ceux des champs couverts par la présente revue de littérature.

De la variété des champs et des problématiques considérés ressortent néanmoins quelques enseignements généraux :

- Le long terme des modèles macroéconométriques a plus une vertu analytique par référence à la formalisation elle-même qu'il n'éclaire les préoccupations des planificateurs ou des décideurs.
- Les modèles qui prétendent cerner, avec un grand luxe de détails, les changements structurels liés aux mutations techniques, aboutissent souvent à des résultats assez pauvres, en regard du coût considérable lié à leur construction, et génèrent de nombreux faux problèmes. Il faut en effet se méfier des cartes à l'échelle 1 !
- L'analyse rétrospective des grandes tendances à l'œuvre dans les économies capitalistes ne livre pas non plus d'approche grandiose au problème du long terme. Les heurs et les malheurs des problématiques en termes d'ondes longues en témoignent.
- Les exercices de cliométrie suggèrent que sur très longue période, les économies ont connu des changements dans l'intensité de certains mécanismes économiques, tout comme se sont altérées les catégories pertinentes de la modélisation (découpage sectoriel, mode de vie, loi démographique). Ainsi peut s'expliquer la succession de modes de régulation aux propriétés contrastées.
- En conséquence, il est important de chercher à élaborer des "cartes analytiques locales" selon une expression chère à René Thom (voir par exemple Thom (1988)). A vocation largement qualitative quoique numériques, elles visent l'analyse de problèmes spécifiques. A la tectonique des plaques -c'est-à-dire l'explication des facteurs

affectant à long terme la configuration des régulations-, il faut sans doute préférer une série de projections Mercator, déjà bien difficiles à réaliser en période de changements économiques rapides.

- Par nature, le long terme appelle la formalisation des interdépendances générales entre démographie, modes de vie, environnement, changements techniques, structures industrielles et système international. La richesse et la pertinence du bouclage causal et une inter-disciplinarité raisonnée caractérisent les plus satisfaisantes des formalisations disponibles.

- Pour autant qu'elle bénéficie d'une variété des éclairages précédents et de méthodes suffisamment rigoureuses (au premier rang desquelles la cohérence comptable !), la méthode des scénarios est sans doute la plus proche des préoccupations usuelles des décideurs.

Ce premier "débroussaillage" pourrait déboucher sur une série d'approfondissements à explorer en mobilisant des compétences beaucoup plus variées. Voici quelques unes des têtes de chapitre à inscrire sur un tel agenda :

1. Mobiliser les séries longues disponibles sur la France pour repérer les continuités et inflexions caractéristiques des deux dernières décennies.

2. Procéder à une évaluation des mérites et faiblesses de précédentes et déjà anciennes projections de moyen terme, afin de dégager quelques enseignements en vue d'éventuelles formalisations du long terme.

3. Rechercher celles des influences du cadre socio-politique et institutionnel qui sont les mieux établies et en tirer les conséquences pour la planification et ses travaux techniques.

4. Par l'usage raisonné de coupes internationales, rechercher l'existence d'un ou plusieurs modèles de croissance pour les années quatre-vingt et quatre-vingt-dix.

5. Sur la base de problèmes précisément délimités, élaborer des maquettes simples mais riches en contenu théorique, par exemple concernant l'endogénéisation du changement technique, les conséquences du vieillissement de la population, les stratégies nationales en réponse à diverses configurations internationales.

6. Combiner en une série de scénarios les plus robustes des enseignements obtenus par les approches précédentes.



## REFERENCES

- Adelman, I. (1963), "Long Cycles : A Simulation Experiment", dans Curwood Hoggatt A. et F.E. Balderston Eds, *Symposium on Simulation Models : Methodology and Application to the Behavioral Sciences*.
- Aglietta, M. et N. Mendelek (1987), "Politiques économiques nationales et évolution du système monétaire européen", Annexe I, *Economie Prospective Internationale*, n° 32.
- Allen, P.M. et G. Engelen (1985), "Modelling the Spatial Evolution of Population and Employment : the Case of U.S.A", dans : *Lotka-Volterra Approach to Cooperation and Competition in Dynamics Systems*, Vol. 23, Akademie-Verlag, Berlin GDR.
- Allen, P.M. et M. Sanglier (1978), "Dynamic Models of Urban Growth", *Journal of social and biological Structures*, n° 1.
- Amendola, M et J.L. Gaffard (1988), *The innovation Choice. An Economic Analysis of the Dynamics of Technology*, Blackwell, Oxford
- Ando, A., F. Fisher et H. Simon (1963), *Essays on the Structure of the Social Science Models*, MIT Press Cambridge Massachusetts.
- Antonelli, Ch., Petit P. et G. Tahar (1987), "Technological Diffusion and Firms Investment Behaviour : the Case of Textile Industry", *International Journal of Industrial Organisation*.
- Arrow K. (1962), "The Economic Implications of Learning by Doing", *Review of Economic Studies*, 29.
- Arrow, K. (1986), "History : the View from Economics", dans Parker W.N., op. cit..
- Arthur, B. (1988), "Competing Technologies : an Overview", dans Dosi G. & Alii (1988), op.cit.
- Ayres, R.U. (1988), "Technological Transformations and Long Waves", Mimeograph, *Carnegie Mellon University*, Pittsburgh, October.
- Azariadis, C. et A. Drazen (1988), "Threshold Externalities in Economic Development", *CARESS Working Paper*, University of Pennsylvania.
- Bairoch, P. (1969), *Révolution industrielle et sous-développement*, SEDES, Paris.
- Baslé, M., Mazier, J. et J.F. Vidal (1980), "Croissance sectorielle, accumulation et emploi en longue période", *Statistique et Etudes Financières*.
- Becker, G. S. (1988), "Family Economics and Macro Behavior", *American Economic Review*, 78, 1.
- Becker, G. S. et R.J. Barro (1988), "A Reformulation of the Economic Theory of Fertility", *Quarterly Journal of Economics*, 103, 1, Fév. 1988.

- Beckerman, W. (1965), *The British Economy in 1975*, Cambridge University Press.
- Benassy, J.P., Boyer, R. et R.M. Gelpi (1979), "Régulation des économies capitalistes et inflation", *Revue Economique*, Vol. 30, n° 3, Mai.
- Benassy, J.P., D. Fouquet et P. Malgrange (1975), "Estimation d'une fonction de production à générations de capital pour l'industrie", *Annales de l'INSEE*, 19.
- Blanchet, D. (1988), "Immigration et régulation de la structure par âge d'une population", *Population*, 2, 1988.
- Blanchet, D. (1989), "Conséquences économiques des changements démographiques : modèles et tests empiriques", *Thèse de l'Institut d'Etudes Politiques de Paris*.
- Boserup, E. (1981), *Population and Technological Change*, Chicago University Press.
- Bourgeois-Pichat, J. (1988), "Du XX<sup>e</sup> au XXI<sup>e</sup> siècle : L'Europe et sa population après l'an 2000", *Population*, 1.
- Bouvier, J. (1982), "Les difficultés spécifiques de l'analyse des fluctuations longues", *Congrès international des historiens économistes*, Budapest.
- Bowles, S., D. Gordon and Th. Weisskopf (1983), "Long Swings and the non Reproductive Cycle", *American Economic Review*, Vol. 73, n° 2, May.
- Boyer, R. (1988a), "Technical Change and the Theory of "Régulation", dans Dosi G. & alii (1988).
- Boyer, R. (1988b), "Formalizing Growth Regimes", dans Dosi G. & Alii Eds, op. cit.
- Boyer, R. (1989), "Assessing the Impact of RD on Employment : Puzzle or Consensus ?", *Working Paper CEPREMAP*.
- Boyer, R. et B. Coriat (1986), "Technical Flexibility and Macro Stabilisation", *Ricerche Economica*, n° 4.
- Boyer, R. et P. Petit (1981), "Progrès technique, croissance et emploi : un modèle d'inspiration kaldorienne pour six industries européennes", *Revue Economique*, Vol. 32.
- Boyer, R. et P. Ralle (1986), "Croissances nationales et contrainte extérieure : avant et après 1973", *Economie et Société*, Cahiers de l'ISMEA, P 29, Janvier.
- Braudel, F. (1979), *Civilisation matérielle, économie et capitalisme*, 3 Tomes, Colin, Paris.
- Braat, L.C. et W.J. van Lierop Eds. (1987), *Economic-Ecological Modeling*, North Holland, Amsterdam.
- Bruno, M. et J. Sachs (1985), *Economics of Worldwide Stagflation*, Basil Blackwell, Oxford.
- Caussat, L. (1981) : "Croissance, emploi, productivité dans l'industrie américaine (1899-1976)", *Ronéotypé Cepremap-Ensaie*, Septembre.
- CEPII (1984), *Economie mondiale 1980-1990 : la fracture*, Economica, Paris.

- CGP (1963), *Reflexions pour 1985*, Ladocumentation française, Paris.
- CGP-CEPREMAP (1987), Aspects de la crise, 3 Tomes, *Ronéotypé*, Février.
- Chang, D.Y. (1987), "La division internationale du travail et la double inégalité distributive", *Thèse Paris XIII*.
- Cornwall, J. (1977), *Modern Capitalism : Its Growth and Transformation*, Martin Robertson, London.
- David, P.A. (1988), The future of Path-Dependent Equilibrium Economics. From the Economics of Technology to the Economics of almost Everything?, Mimeograph, *Center for Economic Policy Research*, Stanford, August.
- David, P.A. et J.A. Bunn (1987), "The Economics of Gateway Technologies and Networks Evolution", Mimeograph, *Center of Policy Research*, September.
- Day, R.H. (1987), "Economic Development in the Very Long Run. On the Multiple-Phase Interaction of Population, Technology, and Social Infrastructure", *Mimeograph Univ. of Southern California*, Los Angeles, M8732,
- Deleau, M., C. Le Van et P. Malgrange (1988), "Le long terme des modèles macroéconométriques", dans *Mélanges en l'honneur de M. Malinvaud*, Economica, Paris.
- Demongeot, J. et P. Malgrange Eds. (1988), *Biologie et économie : les apports de la modélisation*, Presses Universitaires de Dijon.
- Denison, E.F. et J.P. Poulhier (1967), *Why Growth Rates Differ ?*, Brookings Institution, Washington.
- Denton, F.T. et B.G. Spencer (1988), "Endogenous versus Exogenous Fertility: What Difference for the Macroeconomy?", in R. Lee, W. Arthur et G. Rodgers Eds., *Economics of Changing Age Distributions in Developed Countries*, op. cit.
- Dosi et Alii (1988), *Technical Change and Economic Theory*, Pinter, Londres.
- Dosi, G. (1988), "Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation", *Journal of Economic Literature*, Vol. 26, n° 3, September.
- Dubois, P. (1985), "Vingt ans après : les projections 1985 confrontées à la réalité", *Economie et Statistique*, N°177, Avril 1985.
- Duchin, F. et W. Léontief (1986), *The Future Impact of Automation on Workers*, Oxford University Press, New York.
- Duménil, G. et D. Lévy (1987), "Déséquilibres stationnaires : excès ou défaut de flexibilité ?", *Cepremap Couverture Orange* n° 8728, Paris.
- Duménil, G. et D. Lévy (1989), "Micro Adjustment Behaviours and Macro Stability", *Mimeograph, Cepremap*, Février.
- Dupâquier Ed (1987), *Histoire de la population française*, 4 Tomes, Presses Universitaires de France, Paris.

- Easterlin, R.A. (1967), "The Effects of Population Growth on the Economic Growth of Developing Countries", *Annals of the American Academy of Political and Social Sciences*, 369.
- Economie et Statistique (1986) "Les Français en l'an 2000", *Economie et Statistique*, 190, Juillet-Août.
- Ekeland, I. (1984), *Le calcul, l'Imprévu : Les figures du temps de Kepler à Thom*, Seuil, Coll Science ouverte, Paris.
- Eliasson, G. (1986), "Innovation Change, Dynamic Market Allocation and Long-Term Stability of Growth", *Conference on Innovation Diffusion*, Venice, 17-22 March.
- Eliasson, G. (1988), "Schumpeterian Innovation, Market Structure, and the Stability of Industrial Development", dans H. Hanusch Ed., *Evolutionary Economics, Applications of Schumpeter's Ideas*, Cambridge University Press.
- Faure, P. et M. Depeyrot (1974), *Eléments d'automatique*, Dunod, Paris.
- Forrester, J. (1971), *World Dynamics*, MIT Press, Cambridge.
- Forrester, J. (1981), "Innovation and economic change", *Future*, vol. 13, 4, August.
- Freeman, Ch. (1978), "Les cycles de Kondratieff, l'évolution technique et le chômage", *OECD Meeting*, 7-11 March 1977, Paris.
- Freeman, Ch, J. Clark et L. Soete Eds (1982), *Unemployment and Technical Innovation : A Study of Long Waves in Economic Development*, Frances Pinter, Londres.
- Freeman, Ch. et C. Perez (1988), "Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour", dans G. Dosi & Alii eds (1988) op. cit.
- Gaspard, M. (1988), *Les services contre le chômage.*, Syros/Alternatives
- GERTTD-AMES (1987), "Automatisation programmable et conditions d'usage du travail", *Colloque International*, Paris, Ronéotypé, Avril.
- Gomulka, S. (1971), *Inventive Activity Diffusion, and the Stages of Economic Growth*, Aarhus.
- Grenier, J.Y. (1982), "L'utilisation de l'analyse spectrale pour l'étude des séries de prix dans la France pré-industrielle", *Recherches et Travaux* n° 11, Institut d'Histoire Economique et Sociale de l'Université Paris I.
- Griliches, Z. (1973), "Research Expenditures and Growth Accounting", Dans B.R. Williams Ed. *Sciences and technology in economic growth*, McMillan Press.
- Griliches, Z. (1979), "Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth", *The Bell Journal of Economics*, spring, Vol. 10, n° 1.
- Guckenheimer, J. et P. Holmes (1985), *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems and Bifurcations of Vector Fields*, Springer Verlag, New York Berlin.
- Haag, G., Weidlich, W. et G. Mensch (1985), *Schumpeterian Clock*, Springer Verlag, Berlin.

- Hansen, A. H. (1939), "Economic Progress and Declining Population Growth", *American Economic Review*, 29, 1.
- Hirsch, M. et S. Smale (1974), *Differential Equations, Dynamical Systems and Linear Algebra*, Academic Press, New York.
- Hodgson, G. (1988), "Institutional Rigidities and Economic Growth", *Working Paper Department of Economics*, Newcastle.
- Irsigler, F. et R. Metz (1983), "The Statistical Evidence of Long Waves in pre-Industrial and Industrial Times : Some Remarks and Preliminary Results", *Discussion Paper for the meeting "Research on Long Waves"*, Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 17-18 Mars.
- Iwai, K. (1984), "Schumpeterian Dynamics, Part I : An Evolutionary Mode of Innovation and Imitation", *Journal of Economic Behaviour and Organization*, Vol. 5, n° 2, Juin.
- Kahn, H. et A.J. Wiener (1967), *The Year 2000 : A Framework for Speculation on the next Thirty-three Years*, MacMillan, New York.
- Kaldor, N. (1957), "A Model of Economic Growth", *Economic Journal*, December.
- Kelley, A. C. (1988), "Economic Consequences of Population Change in the Third World", *Journal of Economic Literature*, XXVI, Dec.
- Kindelberger, C.P. et G. Di Tella Eds (1982), *Economics in the Long View*, MacMillan, Londres.
- Kondratieff, N.D. (1922), (1979), "The Long Waves in Economic Life", *Review*, Vol. II, n° 4, Spring.
- Krelle, W. (1985), *The Future of World Economy: Economic Growth and Structural Change*, Springer Verlag, Berlin.
- Krugman, P. (1979), "A Model of Innovation, Technology Transfer and the World Distribution of Income", *Journal of Political Economy*, Vol. 87.
- Krugman, P. (1981), "Trade, Accumulation and Uneven Development", *Journal of Development Economics*, n° 8.
- Kuznets, S. (1975), "Population Trends and Modern Economic Growth", dans United Nation Eds, *The Population Debate*, Vol. 1, United Nations, New York.
- Lange, O. (1976), *Introduction à l'économie cybernétique*, Sirey, Paris.
- Le Bras, H. (1981), "Un modèle socio-démographique...", *Annales ESC*.
- Lee, R. D. (1980), "Age Structure, Intergenerational Transfers and Economic Growth: an Overview", *Revue Economique*, Nov.1980.
- Lee, R.D., W.B. Arthur et G. Rodgers Eds. (1988), *Economics of Changing Age Distributions in Developed Countries*, Clarendon Press, Oxford.
- Lesourne, J. et D. Malkin (1979), "L'exercice INTERFUTURS : Réflexions méthodologiques", *Document OCDE -INTERFUTURS*, Sept 1979.

- Lévy-Leboyer, M. et F. Bourguignon (1985), *L'économie française au XIXème siècle*, Economica, Paris.
- Maddison, A. (1981), *Les phases du développement capitaliste*, Economica, Paris.
- Maddison, A. (1987), "Growth dans Slowdown in Advanced Capitalist Economies: Techniques of Quantitative Assesment, *Journal of Economic Literature*, June.
- Meadows, D.H. et J. Robinson (1985), *The Electronic Oracle: Computer Models and Social Decxisions*, J. Wiley, New York.
- Mensch, G. (1978), *Stalemate in Technology*, Ballinger, Cambridge, Mass.
- Meta Study (1988), New Technology: Its Impact on Labour Markets and the Employment System, *International Conference*, 5-7 Décembre, Mimeograph to be published.
- Metcalf, J.S. (1988), "The Diffusion of Innovations: an Interpretative Survey", dans G. Dosi & Alii Eds (1988), op. Cit..
- Muet, P.A. et P. Villa (1981), "L'apport des modèles macroéconomiques à l'histoire économique : un essai d'estimation et d'utilisation d'un modèle économétrique sur longue période (1920-1938 et 1946-1977), *Ronéotypé CEPREMAP*, Couverture Orange n° 8119, Juin.
- Nelson, R.R. et S.G. Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge.
- O.C.D.E. (1988), *Perspectives Economiques*, n° 43, Juin.
- O.C.D.E. (1989), "International Seminar on Science, Technology and the Economic Growth", Chateau de la Muette, Paris, 5-8 Juin.
- Olson, M. (1982), *The Rise and Decline of Nations : Economic Growth, Stagflation and Social Rigidities*, Yale University Press.
- Paris (1983), Sienne (1985), Montpellier (1987), Bruxelles (1989), "Conférences Internationales sur les ondes longues", Documents ronéotypés.
- Parker, W.N. (1986), *Economic History and the Modern Economist*, Basil Blackwell, Oxford.
- Pasinetti, L. (1981), *Structural Change and Economic Growth*, Cambridge University Press.
- Patel, P. et L. Soete (1987), "The Contribution of Science and Technology to Economic Growth: a Critical Reappraisal of Evidence", *OCDE, DSTI*, September 29.
- Perez, C. (1983), "Structural Changes and the Assimilation of New Technology in the Economic and Social System", *Futures*, Vol. 15, n° 4, p. 357-75.
- Petit, P. et G. Tahar (1985), "La relation automatisé emploi : effet productivité et effet qualité", *Couverture Orange Cepremap* n° 8520.
- Puiseux, L. (1982), "Les bifurcations de la politique énergétique française depuis la guerre", *Annales E.S.C.*, Juillet-Août.

- Ridane, R. (1988), *Economie, biologie et écologie : Essais en modélisation dynamique comparée*, Thèse à l'Université de Tunis.
- Roemer, P.M. (1966), "Increasing Returns and Long Run Growth", *Journal of Political Economy*, Vol. 94, October.
- Rostow, W.W. (1962), *Les étapes de la croissance*, Seuil, Paris.
- Rostow, W.B. (1978), *The World Economy. History and Prospect*, The MacMillan Press, Londres
- Rouchet, J. (1982), "Quelles études quantitatives à long terme ?", *Document INSEE Service des Programmes* N° 320 / 412, Mars 1982.
- Rowthorn, B. (1975), "What Remains of Kaldor's Law", *Economic Journal*, Mars.
- Sassenou, M. (1988), "Recherche-Développement et productivité dans les entreprises japonaises : une étude économétrique sur données de panel", *Thèse E.H.E.S.S.-ENSAE*.
- Schmitter, Ph. (1974), "Still the Century of Corporatism", *Review of Politics*, Vol. 36.
- Schumpeter, J. (1909), *Théorie de l'Evolution*, Traduction Française.
- Schumpeter, J. (1939), *Business Cycles. A theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*, Mc Graw Hill.
- Shaikh, A. (1987), "Wandering around the Warranted Path : A Simple Solution to the Knife Edge", *Working Paper, New School for Social Research*, New York.
- Solow, R. (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, n° 1.
- Solow, R. (1986), "Economics : is Something Missing ?", dans Parker W. Ed., op. Cit..
- Solow, R. (1988), "La théorie de la croissance", *Revue Française d'Economie*, n° 1.
- Tapinos, G., D. Blanchet et O. Ekert-Jaffe (1989), "Population et demande : Changements démographiques, demande et structure de consommation", *Dossiers et Recherches n° 23*, INED, Fév. 1989.
- Taylor, L. (1982), *Structuralist Macroeconomics. Applicable Models for the Third World*, Basic Book, New York.
- Thom, R. (1988), "Quantitatif et qualitatif en modélisation", dans J. Demongeot et P. Malgrange Eds. *Biologie et économie : les apports de la modélisation*, Presses Universitaires de Dijon.
- Valavanis Vail, S. (1955), "An Econometric Model of Growth : U.S.A. 1869-1953", *American Economic Review*, May.
- Van der Zoon (1989), "A Vintage Model with Endogeneous Technological Change", *Mimeograph OECD Conference*, 5-7 June.
- Van Duijn, J.J. (1983), *Innovation, Innovation Life Cycles, and Infrastructural Investment. The Long Wave in Economic Life*, George Allen & Unwin.

- Verdoorn, P.J. (1959), "The Role of Capital in Long Range Projections", *Cahiers Economiques de Bruxelles*, Vol. 5, Octobre.
- Villa, P (1988), "Modèle macroéconomique de longue période", *Rapport ronéotypé Cepremap-DGRST*, Février.
- Wallerstein, I. (1979), "Kondratieff up or Kondratieff down ?", *Review*, Vol. II, n° 4, Spring.
- Williamson, J.G. (1974), *Late Nineteenth Century American Development. A General Equilibrium History*, Cambridge University Press.