

# LES MODÈLES D'ÉQUILIBRE GÉNÉRAL CALCULABLE À GÉNÉRATIONS IMBRIQUÉES *ENJEUX, MÉTHODES ET RÉSULTATS\**

**Jacques Le Cacheux**

*Directeur du Département des études de l'OFCE  
Professeur à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour*

**Vincent Touzé**

*Département des études de l'OFCE, THEMA et Institut d'études politiques de Lille*

*L'approche calculable de l'équilibre général a connu des progrès considérables, notamment grâce à la prise en compte de la dimension du temps et de la notion de génération. Cette branche particulière de la modélisation appliquée regroupe les modèles d'équilibre général calculable à générations imbriquées. Cet article propose d'en dresser un bilan. Au regard des tendances démographiques et des législations en vigueur, une discussion sur les enjeux d'une analyse en terme de génération est, tout d'abord, menée. Par la suite, le noyau théorique de ces modèles est présenté, avant de donner un inventaire des principaux travaux menés depuis le début des années 1980, ainsi que des techniques d'estimation et de simulation utilisées. Pour terminer, les principaux enseignements sur les conséquences des politiques économiques en matière de retraite, de fiscalité ou d'endettement public ainsi que des différentes évolutions crédibles de la démographie sont récapitulés.*

Depuis la fin des années 1980, de nouveaux outils d'étude et d'analyse de la politique économique ont été développés : les modèles d'équilibre général calculable à générations imbriquées (MEGCGI). Ces instruments de l'économie appliquée ont été conçus pour permettre d'interpréter les effets de la politique économique dans un contexte

\* Cet article est une version remaniée d'un rapport réalisé pour la Commission des finances, de l'économie générale et du Plan de l'Assemblée nationale. Nous la remercions pour son soutien financier.

de mutation de la structure démographique<sup>1</sup>. Ces modèles sont, en effet, fondés sur l'introduction d'une distinction entre individus selon l'âge et sur la prise en compte explicite de leurs anticipations des conséquences prévisibles des phénomènes démographiques — tels que le vieillissement ou les variations de la population active — et des conséquences des promesses que les législations passées ont inscrites dans la loi (reconnaissance de pensions futures, politiques fiscales implicites *via* l'endettement public, allongement de la durée des études) et dont les échéances sont connues (par exemple, date de départ en retraite, date d'entrée dans la vie active). Ces modèles permettent ainsi d'apporter des éléments de réponse à des questions telles que : les législations en place sont-elles cohérentes avec cette probable réalité économique ? Si les engagements ne sont pas compatibles, quelles sont les principales réformes alternatives ? Selon le point de vue de l'efficacité économique, existe-t-il des réformes qui satisfassent le principe d'unanimité ? En termes normatifs, les réformes vont-elles dans le sens d'une plus grande justice sociale (intra-cohorte et entre les générations) ?

Pour traiter ces questions, les approches traditionnelles souffrent de plusieurs insuffisances. La *microsimulation*<sup>2</sup> se base sur des lois objectives mais exogènes de probabilité individuelle d'évolution socio-économique (mobilité sociale, risque de mortalité, probabilité de grossesses, etc.). À partir d'un panel d'individus, notamment caractérisés en fonction de l'âge et du statut social, des projections avec tirage aléatoire d'évènements sont alors réalisées. Il est possible d'examiner le destin d'une population dans toute son hétérogénéité. En dépit de progrès réguliers et substantiels, les développements récents n'incorporent pas les comportements individuels de manière satisfaisante<sup>3</sup>. Par ailleurs, les projections démographiques appuient de nombreux travaux en équilibre partiel mais aucune interaction économique n'est prise en compte. Par exemple, les études prospectives (réalisées de façon occasionnelle comme en France<sup>4</sup> ou de façon systématique tous les ans comme aux États-Unis<sup>5</sup>) conjuguent des projections démographiques avec différents scénarios de croissance économique. Par ailleurs, les *projections* à long terme par extrapolation qui sont souvent utilisées pour étudier des questions présentant une dimension démographique importante, telles que l'avenir des systèmes publics de retraite, ont le double

1. La littérature économique se préoccupe depuis longtemps de l'incidence de la démographie sur l'équilibre économique. Ainsi, Malthus (1798) a été le premier à s'inquiéter des effets dévastateurs (pauvreté) d'une explosion démographique liés à la décroissance des rendements d'échelle, facteur de limitation de l'offre. Dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, l'interrogation inverse a été posée face au déclin démographique par Keynes (1936), Hansen (1939) et Myrdal (1940). Ces trois auteurs ont anticipé dans le ralentissement de la croissance démographique un freinage de la demande globale et donc de la production.

2. Voir notamment, les présentations critiques de ces outils dans *Économie et prévision* (1999) et dans Legendre (2000).

3. Dans ce type de modèle, les naissances, les carrières salariales obéissent à une loi de probabilité.

4. Par exemple, le rapport Charpin (1999) a fourni des projections jusqu'en 2040.

5. Projection annuelle à 70 ans de la *Social Security Administration*.

inconvenient de supposer une invariance des tendances macroéconomiques et des comportements des individus, myopes et donc par hypothèses incapables d'anticiper les difficultés, même les plus prévisibles. Enfin, les *modélisations macroéconométriques* ne sont pas suffisamment désagrégées pour incorporer une analyse inter- et intra-cohorte, et, de plus, l'analyse économique s'établit principalement en termes d'effets sur la consommation. L'étude des aspects normatifs et démographiques reste, en conséquence, très marginale. Toutefois, ce type d'approche offre un potentiel intéressant pour traiter de l'incidence de la contraction de la population active en termes de chômage, et du vieillissement sur la consommation <sup>6</sup>.

Dans un tel contexte, les MEGCGI apparaissent naturellement comme une voie alternative particulièrement pertinente. Ils permettent en effet de prendre en considération un large éventail de prélèvements obligatoires et de prestations sociales (la santé, la retraite, et plus rarement le chômage). De nombreuses interactions économiques y sont explicitement prises en compte, tant au niveau des comportements des agents économiques (arbitrages, anticipations) qu'au niveau de la rémunération des facteurs : la substitution entre capital et travail intervient dans l'arbitrage des choix de production. Les politiques explicites ou implicites de transferts sociaux, sous la forme de prestations ou de services publics, nets de la pression fiscale correspondante pesant sur chaque cohorte, peuvent dès lors, être traitées et évaluées. Plus précisément, les conséquences sociales des politiques économiques sont mesurables à l'aide d'une métrique naturelle : le niveau de satisfaction atteint par chaque génération ou par les différentes composantes sociales d'une même cohorte. Les éléments potentiels de réponses sont donc multiples.

Cet article propose une synthèse des principaux travaux consacrés aux modèles d'équilibre général calculable à générations imbriquées. Il comprend quatre sections. La première section énonce les enjeux actuels d'une analyse de l'influence de la démographie sur l'équilibre économique. Dans un deuxième point, le contenu théorique est détaillé. Un recensement des principaux modèles existants et les techniques de calibrage ainsi que de simulation sont présentés dans la troisième section. Enfin, la dernière section dresse un bilan des enseignements majeurs.

6. Il existe des travaux économétriques consacrés à l'évaluation de l'influence de la structure par âge sur les variables macroéconomiques (voir par exemple, Lindh et Malmberg, 2001).

## Les enjeux

### Le contexte économique et social

Nombreuses sont les questions économiques dont les implications en termes de répartition intergénérationnelle sont importantes. Ainsi, la montée du chômage a-t-elle eu des répercussions inégales selon l'âge (Chauvel, 1998). L'allongement de la durée de la vie et la réduction de la natalité conduisent inéluctablement à un vieillissement de la population et à une augmentation des dépenses sociales liées à la vieillesse (les retraites et la maladie). Les déséquilibres de financement du budget de l'État et de la Sécurité sociale ont alimenté des dettes dont le remboursement pourrait frapper de manière déséquilibrée les générations (par exemple la CRDS — contribution pour le remboursement de la dette sociale — consiste à faire payer aux jeunes générations qui entrent sur le marché du travail les déficits passés de la Sécurité sociale que leurs aînés ont « refusé » de payer). De plus, nombre des promesses de l'État ne sont pas explicitement comptabilisées dans le déficit budgétaire par le biais de provisions. Il en ressort que l'endettement de l'État est nettement supérieur à la dette explicite (reconnue). Cet écart s'assimile à une dette implicite (cf. *infra*). En outre, les démographes prévoient, notamment en France, une soudaine diminution de la population active à partir de 2005, lorsque la génération du *baby-boom* entrera en période de retraite, sans compter que chaque année, la durée moyenne de la vie s'allonge, accroissant du même coup la durée de versement des pensions. Ce vieillissement démographique, dans un contexte de chômage, d'une éventuelle faible croissance de la productivité et d'endettement public, préfigure une transition dont les conséquences économiques et sociales sont difficiles à cerner tant par leurs aspects inégalitaires entre les générations que par leurs conséquences sur le niveau de vie global.

En matière d'iniquité entre les générations, l'histoire récente montre, du reste, des progressions disparates. Par exemple, l'étude menée sur la France par Legris et Lollivier (1995) fournit des comparaisons de niveau de vie par génération. Elle révèle que depuis 1970, le niveau de vie du ménage moyen s'est accru de 60 % en francs constants. La génération la plus favorisée est celle née pendant la guerre et les jeunes qui s'installent depuis les années 1980 ont un niveau de vie qui n'est pas plus élevé que celui de leurs parents vingt ans plus tôt. Pour les générations nées entre 1940 et 1950, la pauvreté a diminué. En revanche, elle a beaucoup augmenté pour les générations nées depuis 1950.

## Les questions

Cette réalité complexe alimente régulièrement le débat public. Les choix de la politique économique dans le moyen ou long terme font ainsi l'objet de multiples interrogations : « Quelle justice pour les retraites <sup>7</sup> ? » ; « Les retraites pourront-elles être payées après l'an 2000 <sup>8</sup> ? » ; « La Sécurité sociale réduit-elle l'accumulation de richesse privée <sup>9</sup> ? » ; « La dette publique est-elle solvable ? » ; « Le vieillissement démographique va-t-il engendrer du chômage <sup>10</sup> ? » ou « dans une perspective de pénurie de postes, la contraction de la population active révèle-t-elle un espoir de réduction du chômage <sup>11</sup> ? » ; « Quelle est l'influence de la démographie sur le prix des actifs <sup>12</sup> ? » ; « La politique fiscale implicite pour les générations futures est-elle juste <sup>13</sup> ? » ; « La libre circulation des facteurs de production en Europe ne laisse-t-elle pas présager une concurrence fiscale par l'intermédiaire des systèmes de protection sociale ? » ; « Les évolutions démographiques et économiques internationales, qui seront probablement très différenciées, vont-elles sensiblement transformer les mouvements coutumiers de capitaux <sup>14</sup> ? » ; « Les vieux sont-ils trop riches <sup>15</sup> ? » ; « Quels sont les effets de la Sécurité sociale sur le taux d'activité des travailleurs âgés <sup>16</sup> ? » ; « Quels sont les mécanismes sous-jacents aux inégalités entre générations ? » ; « Comment les modes de financements des administrations publiques modifient-ils les allocations de ressource entre les générations <sup>17</sup> ? » ; « Comment vont évoluer la qualification moyenne et l'épargne productive si leurs niveaux sont corrélés à la distribution des âges dans la population ? » ; « Les structures par âge importent-elles <sup>18</sup> ? » ; « Comment les services publics devront-ils se transformer si les besoins dépendent en partie de la structure par âge <sup>19</sup> ? » ; « Quel

7. Cf. Fleurbaey et Michel (1992).

8. Cf. Vernières (1992).

9. Cf. Feldstein (1974), Jappelli (1995).

10. Cf. Fitoussi : « Moins de jeunes couples signifie moins de construction de nouveaux logements, moins d'achat de biens durables, etc. [...] Dans ces secteurs, le nombre des emplois diminuerait et, de proche en proche, par effet de contagion, dans la plupart des autres secteurs de l'économie [...] Les évolutions démographiques influent sur le rythme de croissance mais sont sans effet, autre que transitoire, sur le taux de chômage », *Le Monde* du 24 septembre 1999.

11. La population active au chômage constitue une réserve de main-d'œuvre naturelle pour lisser le choc du *papy-boom*. Cf. La notion de flexion, Chauvin et Plane (2001).

12. Cf. McFadden (1994) qui prévoit une baisse du prix des logements.

13. Cf. Auerbach et alii, (1991).

14. Cf. les travaux de l'équipe INGENUE.

15. Cf. De Witt, *Challenge*, 1994.

16. Cf. Kruegger et Pischke (1992).

17. Cf. la littérature sur la comptabilité intergénérationnelle développée par Auerbach et alii, (1991).

18. Cf. Blanchet (1994).

19. Par exemple, en 1977, Chesnais analysait les répercussions de la baisse de la natalité sur de nombreux aspects de la vie économique du pays. Il mettait en évidence la forte augmentation des dépenses vieillesse et d'assurance maladie et l'apparition d'excédents financiers pour la branche famille. Il ne proposait pas de compenser les déficits de la maladie et de la vieillesse mais posait la question essentielle : « Comment utiliser des excédents financiers aussi substantiels ? » : éducation, recherche, traitement social du chômage, ... En l'occurrence, le choix a porté

avenir pour la Sécurité sociale <sup>20</sup> ? » ; « Les réformes, socialement justes, sont-elles politiquement tenables <sup>21</sup> ? ».

Selon les diagnostics de déséquilibre financier et suivant les enjeux sociaux et politiques, trois choix de politiques économiques sont envisageables : (i) soit les citoyens ne contribuent pas suffisamment et les impôts doivent être augmentés ; (ii) soit les dépenses sont trop élevées et il faut chercher à les réduire ; (iii) soit les politiques économiques méritent des aménagements ou des développements naturels suite à l'évolution des besoins.

## Choix d'un cadre théorique

Si on veut aborder les problématiques sous-jacentes au contexte économique et social contemporain et prévisible, il paraît nécessaire d'adopter un cadre de travail qui intègre des fondements microéconomiques forts, pour l'identification des besoins de politique économique, tout en offrant une possibilité de bouclage macroéconomique, pour traiter du financement des interventions de l'État et de l'efficacité de la politique économique. Ensuite, étant donné l'ampleur des transferts entre les générations qui transitent par la protection sociale et des modifications de la structure démographique, une dimension génération doit être introduite, et cela d'autant que la politique économique influence également l'accumulation de richesses dont bénéficient les générations futures.

## Le noyau théorique

Les MEGCGI reposent sur un cadre théorique qui allie accumulation de richesses productives, démographie et comportements de cycle de vie. Il s'agit d'une unification de l'approche appliquée du modèle de cycle de vie développé par Ando et Modigliani (1957), et du fameux modèle de croissance de Solow (1956). Les modèles à générations imbriquées, dans leur forme théorique, ont été initiés par deux prix Nobel : Allais en 1947 et Samuelson en 1958. Par la suite, Diamond (1965) a introduit l'État *via* une politique d'endettement public. Les premières versions appliquées et calculables remontent aux débuts des

---

sur la santé et sur les retraites. Inversement, l'apparition d'excédents fiscaux par rapport à ceux attendus oriente actuellement les débats sur l'opportunité d'alimenter une caisse pour financer la transition démographique, avec pour espoir de ne pas faire supporter l'essentiel du fardeau à un nombre réduit de générations.

20. Cf. Fonteneau et *alii*, (1988).

21. Cf. Boadway et Wildasin (1989).

années 1980 (Summer, 1981 ; Auerbach et *alii*, 1983) et la première grande application synthétique à l'économie américaine a été publiée en 1987 (Auerbach et Kotlikoff, 1987).

La plus simple des économies à générations imbriquées peut se résumer à une sphère de consommation et d'épargne composée d'un emboîtement de générations successives vivant trois périodes (l'enfance, l'activité, la retraite), à un module de production employant les facteurs travail et capital qui produit un bien unique utilisable en la qualité de bien de consommation ou d'investissement, et à un secteur public composé d'une autorité centrale qui finance des services, réaloue les richesses et régule le fonctionnement de certains marchés. Les marchés sont au nombre de trois : le marché du travail, le marché du bien et le marché du capital. Dans un souci de plus grand réalisme économique ou pour aborder d'éventuelles imperfections marchandes, les secteurs des agents financiers et du reste du monde sont parfois spécifiés.

## Les ménages

Emise par Modigliani, l'hypothèse de cycle de vie est particulièrement adaptée à l'analyse des conséquences économiques du vieillissement. Elle consiste à diviser la vie d'un individu en trois grandes périodes. La jeunesse est la période au cours de laquelle l'individu est économiquement dépendant de ses parents. Ensuite, pendant l'âge adulte, l'individu travaille et perçoit des revenus, consomme (pour lui-même et pour sa famille), épargne et accumule en vue du financement de sa consommation pendant la retraite. L'inactivité constitue la troisième période, au cours de laquelle l'individu est retraité. Son épargne et sa pension financent sa consommation. L'hypothèse de cycle de vie implique que l'individu rationnel cherche à lisser le profil de sa consommation au cours de sa vie. Lorsque les individus ont des motifs d'héritage (altruisme), les comportements de cycle de vie s'amenuisent — la détention de capital en fin de vie n'est plus nulle — voire ils disparaissent si les parents adoptent un comportement purement dynastique — l'accumulation d'épargne ne vise plus à lisser le revenu sur une durée de vie humaine mais sur celle de la dynastie dont l'espérance est infinie<sup>22</sup> —. Le taux d'épargne national peut alors apparaître comme peu dépendant de la démographie.

22. Le modèle à la Ramsey peut s'interpréter comme un modèle dynastique particulier. La maximisation intertemporelle porte alors sur la somme des utilités retirées de la consommation moyenne à chaque période. Cette somme est actualisée et pondérée par la taille de la population à chaque période. Pour une application à l'économie américaine, voir l'article de Cutler et *alii*, (1990).

Les revenus désirés de consommation et d'épargne sont des fonctions des prix (salaire et taux d'intérêt) passés, présents et futurs anticipés mais aussi des politiques économiques (déformation du système de prix par la taxation, prestations). Ils dépendent donc de l'évaluation que se font les ménages de leur revenu permanent. Si l'on fait l'hypothèse d'une offre de travail endogène et élastique, à l'arbitrage habituel entre consommation et loisir s'ajoutent des mécanismes de substitution intertemporelle de l'offre de travail : si l'effet substitution est fort, le taux d'activité d'un foyer pourrait, par exemple, se trouver plus élevé pendant les périodes où la rémunération du travail après impôt est la plus favorable. En général, les anticipations des ménages sont supposées rationnelles : ils connaissent parfaitement les prix futurs d'équilibre <sup>23</sup> ainsi que l'évolution de la fiscalité et des transferts futurs.

## Les entreprises

Le secteur de production est généralement supposé parfaitement concurrentiel. La technologie combine deux facteurs : le travail et le capital. Le capital productif est la propriété des épargnants. Les rendements d'échelle sont constants. La croissance de la production provient de l'accumulation du capital, de la croissance de la population active et d'un gain de progrès technique exogène qui profite simultanément aux productivités du travail et du capital. La concurrence sur les marchés des facteurs aboutit à une rémunération de ces derniers à leur productivité marginale. Parce que les rendements d'échelle sont constants, les productivités marginales sont rivales de la rareté relative des facteurs respectifs, et le ratio capital-travail mesure la rareté relative des facteurs de production. Plus ce dernier est élevé, plus les salaires sont hauts et le rendement marginal du capital faible. Il en ressort que les arbitrages consommation-épargne des générations actuelles, puisqu'ils guident l'accumulation de patrimoine, et des mutations démographiques, puisqu'elles modifient l'intensité capitaliste, influencent la richesse par tête des générations futures. La demande de capital est une fonction décroissante du taux d'intérêt réel et croît avec la taille de la population active.

## L'État

L'État met en œuvre une politique fiscale et de transferts (Sécurité sociale, système socio-fiscal étendu, dette publique) et de production de services publics (infrastructure, réglementation <sup>24</sup>). Le financement de

23. Dans le cadre d'un modèle stochastique, il s'agit de la distribution des prix d'équilibre. Ce domaine de recherche est en plein développement (cf. Judd, 1998).

24. Dans les approches calculables, les caractères utile et productif des dépenses publiques hors transferts n'apparaissent pas explicitement.



cette politique est réalisée à l'aide de prélèvements sur le revenu des facteurs, sur les dépenses de consommation et sur les héritages, et aussi à l'aide de cotisations sociales. Les déficits publics éventuels alimentent une dette. Les transferts sociaux transitent par des institutions de protection sociale au titre des dépenses maladie, vieillesse, famille ou chômage. Il n'y a pas de politique monétaire car la monnaie n'est pas un actif de placement — elle n'est pas détenue —, mais un simple instrument de transaction.

### Les intermédiaires financiers

Concurrence, information parfaite sur des emprunteurs toujours solvables et absence de coûts d'intermédiation caractérisent le marché financier. Il en ressort que l'épargne des ménages est précisément rémunérée à la productivité marginale du capital. En général, il n'y a pas de risques microéconomiques susceptibles de justifier la présence de compagnies d'assurance ou s'ils existent, une couverture complète de ces derniers élimine le caractère aléatoire du revenu disponible. Néanmoins, la prise en considération d'une incertitude sur la durée de vie peut motiver une rémunération viagère de l'épargne.

### Le reste du monde

Il peut s'agir d'un agent représentatif de l'économie mondiale ou dans le cadre d'une analyse plus détaillée d'une introduction de plusieurs régions du monde. Souvent négligée, cette extension se révèle cruciale lorsqu'on sait que les évolutions démographiques et économiques ont tout lieu de profondément différer d'une zone géographique à l'autre (Asie, Europe, Amérique, Afrique, ...). Cela peut signifier un bouleversement de la destination traditionnelle des mouvements internationaux de capitaux. Les pays avec une population jeune à faible capacité d'épargne pourraient capter le surplus de capital des pays avec une population vieillissante et à forte capacité d'épargne. L'équilibre économique pertinent n'est plus alors celui d'une économie fermée mais celui de l'économie mondiale <sup>25</sup>.

### L'équilibre général

Il s'agit de l'équilibre général sur l'ensemble des marchés. Deux prix ajustent les offres et les demandes. Le salaire réel équilibre le marché du travail tandis que le taux d'intérêt réel équilibre le marché du capital. Il s'agit d'un équilibre intertemporel : les prix d'équilibre présents dépendent des prix d'équilibre passés et futurs.

25. On peut se reporter aux travaux de l'équipe INGENUE (*cf. infra*).

## Les critères d'évaluation

Par rapport aux autres instruments existants d'évaluation des politiques publiques, les MEGCGI présentent l'avantage considérable d'offrir une mesure microéconomiquement fondée des conséquences des différentes politiques mises en œuvre : la métrique naturelle des MEGCGI est en effet le niveau de bien-être maximisé par chaque individu, c'est-à-dire son utilité, qui dépend de la chronique de ses consommations sur l'ensemble de sa vie et, dans le cas où l'offre de travail est endogène, de celle de ses temps de loisir. L'agrégation des utilités individuelles peut alors être retenue comme évaluation des différentes politiques alternatives ; la comparaison des utilités des différentes cohortes fournit une mesure des inégalités entre les générations, que l'on peut retenir pour construire des indicateurs d'inégalité selon différents critères de justice — égalitariste (moyenne pondérée des bien-être), approche rawlsienne (la génération la plus défavorisée) — ou pour évaluer le caractère Pareto-améliorant d'une réforme, c'est-à-dire savoir si à l'issue d'un changement de paramètres institutionnels, toutes les générations y gagnent.

## Les modèles

### L'état de l'art

Les modèles d'équilibre général calculable à générations imbriquées ont été popularisés par Auerbach et Kotlikoff (1987), leurs initiales A-K étant d'ailleurs souvent utilisées comme acronyme pour désigner les MEGCGI (voir le *survey* de Kotlikoff<sup>26</sup>, 1998). Les premières versions remontent au tout début des années 1980. Summers (1981) et Seidman (1983) ont présenté des premières versions calculables où le calcul des trajectoires avait été réalisé sous l'hypothèse d'anticipations myopes. Dans leur article de 1983, Auerbach et alii, ont proposé des simulations compatibles avec l'hypothèse d'anticipations rationnelles<sup>27</sup>. Par la suite, suivant les modèles, certains aspects techniques ont varié. On trouve notamment des différences selon que l'offre de travail est déterminée ou non à l'issue d'un arbitrage entre la consommation et le loisir, selon

26. Il s'agit plutôt d'une autobiographie que d'un recensement exhaustif des modèles existants.

27. Il peut exister plusieurs catégories d'anticipations : les agents anticipent rationnellement (parfaitement) l'ensemble des variables (les prix présents et futurs, la démographie ainsi que la législation) ; les agents anticipent imparfaitement (myopie) et de façon adaptative l'ensemble des variables ; les agents ont des anticipations mixtes (anticipations adaptatives pour les prix et rationnelles pour la législation).

la périodicité considérée (annuelle, quinquennale, décennale), selon la nature de la durée de la vie <sup>28</sup> (certaine ou incertaine) et surtout selon les caractéristiques des pays d'application qui vont jouer aussi bien sur les ordres de grandeurs macroéconomiques qu'institutionnelles. Au vu des différences existantes entre les modèles produits, on peut distinguer deux époques, en partie liées aux progrès réalisés dans les technologies de l'information et du calcul, qui autorisent des structures de plus en plus complexes, donc la prise en compte de dimensions plus nombreuses de la réalité économique et sociale.

Les modèles de première époque traitent uniquement de situations de plein emploi du facteur travail avec des cohortes homogènes. Les distinctions chômeur/non chômeur ou qualifié/non qualifié ne sont pas introduites. Les points abordés concernent les politiques fiscales, le passage à des fonds de pension, l'allongement de l'âge de la retraite, l'augmentation des taux de cotisation, la réduction des taux de remplacement ou la révision des hypothèses sur la démographie. On doit à Letournel et Schubert (1991) et à Cazes et *alii*, (1992) les premières tentatives françaises <sup>29</sup>.

Quant à ceux de seconde époque, les noyaux de base sont plus variés et ces modèles peuvent traiter du chômage ainsi que de certaines formes d'assurance : la redistribution pour les risques sociaux, la retraite viagère pour le risque de survie, l'assurance sociale pour les risques maladie et chômage. Ces nouveaux modèles introduisent donc de l'hétérogénéité au sein de chaque cohorte, soit de manière stochastique (risque individuel de chômage ou autre : Imrohroglu et *alii*, 1995 ; Huang et *alii*, 1997, Deaton et *alii*, 2000), soit comme une dotation innée (inégalité sur les niveaux de productivité : Rius-Rull, 1994 <sup>30</sup> ; Cubeddu <sup>31</sup>, 1996 ; Hugget et Ventura <sup>32</sup>, 1997 ; Kotlikoff et *alii*, 2000). Ils peuvent également introduire des chocs macroéconomiques affectant la

28. L'incertitude sur la durée de vie est une façon simple de modéliser la dynamique de la population. Les taux de survie déterminent l'espérance de durée de vie et l'espérance de bien-être de cycle de vie. En général, l'hypothèse jointe est celle de perfection du marché des rentes viagères. Cela induit que la rémunération de l'épargne est viagère, c'est-à-dire que l'épargne de chaque génération est partagée entre les survivants.

29. Pour la Suède, voir Person et Svensson (1987). Pour la Norvège, voir Steigum et Steffensen (1990) ainsi que Raffelhüschen et Risa (1995). Pour l'Allemagne, voir Hirt et Weber (1997). Pour le Canada, voir Fougère et Merette (1998). Pour le Danemark, voir Knudsen et *alii*, (1999).

30. Il s'agit d'un article méthodologique qui développe différents modèles dynamiques avec hétérogénéité d'agents et introduction de chocs macroéconomiques.

31. Cubeddu introduit une hétérogénéité assez large : le genre (homme/femme), l'origine ethnique (blanc/non blanc) et le type d'éducation (secondaire ou non).

32. Hugget et Ventura cherchent à estimer l'incidence redistributive de la proposition de réforme de Boskin (1986) qui préconise « de séparer [la] politique de retraite [américaine] — [...] la *Social Security*, *Medicare*, et ses programmes reliés — en deux parties distinctes. L'une — quelquefois appelée assurance ou viagère — fournira une assurance actuariellement équivalente (i.e. des rendements identiques pour chaque dollar payé par tout le monde) pour l'incapacité, les soins médicaux, les pensions de retraite et de survie. L'autre — quelquefois appelée la partie transfert ou la partie *welfare* — garantira un revenu de retraite minimum adéquate pour tous les citoyens ».

productivité du travail et le rendement du capital (Rius-Rull<sup>33</sup>, 1994 ; Gourinchas, 2000<sup>34</sup>) ou une rigidité sur le salaire réel conduisant à un déséquilibre sur le marché du travail (Blanchet, 1992). Cubeddu et Rius-Rull (1997) ont développé un modèle particulièrement original dans lequel un statut marital du ménage a été introduit (célibataire, couple). Ils introduisent des rendements d'échelle liés à la vie en couple. Un couple a un plus haut niveau de vie et peut épargner plus en proportion qu'un célibataire. Ils examinent la montée des divorces, traités sous la forme d'un risque, comme une explication possible du déclin de l'épargne privée aux États-Unis. Par ailleurs, l'approche MEGCGI a été également utilisée à des fins d'analyse environnementale en ce qui concerne les conséquences pour les générations futures de l'émission de gaz carbonique (Bohringer et alii, 1999).

Les simulations sont généralement réalisées sous l'hypothèse d'une économie fermée. On néglige alors le fait qu'une part importante et croissante de l'épargne nationale, pour l'Europe et le Japon, est investie à l'étranger tandis qu'une fraction non-négligeable du stock de capital des États-Unis provient de l'épargne internationale. Il existe des travaux en économie ouverte, mais il ne s'agit que de petites économies ouvertes (Rafelhüschen et Risa, 1995 ; Chauveau et Loufir, 1995 ; Kenc et Sayan, 1997 ; Miles, 1997), qui ne permettent pas d'analyser les interactions économiques et financières entre pays. Les travaux de modélisation menés par l'équipe INGENUE (2001a, 2001b) traitent explicitement ce problème. Ils proposent une représentation de l'équilibre d'une économie mondiale découpée en six zones dans laquelle le capital est parfaitement mobile et la main-d'œuvre totalement immobile. Dès lors, un prix mondial — le taux d'intérêt réel mondial, ou taux de rendement réel mondial du capital — équilibre le marché international du capital, et des salaires régionaux ajustent les offres et demandes dans chaque zone.

## L'insertion de ces modèles auprès des décideurs économiques

Une version du modèle développé par Auerbach et Kotlikoff est maintenant utilisée aux États-Unis par le *Congressional Budget Office*<sup>35</sup> (CBO) pour évaluer les réformes fiscales et le système de retraite. À la fin des années 1980, l'OCDE a mis au point son propre modèle qu'elle a appliqué à plusieurs pays (Auerbach et alii, 1989). En France, la Direction de la prévision du ministère des Finances (Letournel et Schubert, 1991 ; Letournel, Schubert et Trainar, 1992), et l'OFCE (Cazes

33. Voir note 30.

34. Gourinchas introduit, comme Rius-Rull, en parallèle de l'hétérogénéité entre les agents. L'approche en termes d'individu représentatif paraît peu adaptée dans la mesure où les agents ne peuvent pas s'assurer contre tous les risques.

35. Organe indépendant du gouvernement chargé d'expertiser les finances publiques.

et alii, 1992a et b) ont mis au point, au début des années 1990, les premières versions de MEGCGI appliquées à la France. Le modèle INGENUE (2001a, 2001b) a été réalisé par trois équipes issues du CEPII, du CEPREMAP et de l'OFCE. Les deux premiers centres de recherche sont des émanations du Commissariat général du Plan. Certaines de leurs études ont été réalisées à la demande du Conseil d'analyse économique, institution rattachée au cabinet du Premier ministre, mais aussi du Conseil national du crédit et des titres. La Banque mondiale a également développé des modèles (Arrau, 1991 ; Arrau et Schmidt-Hebbel, 1993).

## Les données

Sur quelles observations de l'économie réelle la modélisation MEGCGI se fonde-t-elle ? Les informations proviennent d'études descriptives sur des données microéconomiques (panels) et macroéconomiques (comptabilité nationale). Le modèle est censé restituer les comportements des agents et le système de prix observés pendant une période de référence.

Les paramètres clés à estimer sont le taux d'escompte, l'élasticité de substitution intertemporelle, l'élasticité de substitution entre travail et capital, la productivité globale des facteurs, le taux de croissance de la productivité, les paramètres démographiques, les niveaux de pression fiscale et de prestations sociales. Taux d'escompte et élasticité de substitution permettent de profiler le taux de croissance de la consommation par tête.

Les paramètres clés sont rarement observables dans la réalité. Sauf étude économétrique adéquate, il faut donc souvent recourir à un étalonnage (Schubert, 1993). Cela consiste à résoudre le modèle en inversant le statut des variables : les valeurs des variables économiques (en principe endogènes) sont fixées à leurs niveaux observés pendant la période de référence, et les valeurs des paramètres sont laissées libres. On cherche alors l'ajustement optimal des paramètres pour reproduire la réalité. D'une manière générale, les données « temporelles » qui figurent dans le modèle font référence à trois « dates » ou périodes : la date initiale de simulation, la période de calibrage et le très long terme.

La principale qualité empirique du MEGCGI est, en principe, de bien reproduire les profils individuels sur le cycle de vie, mais seulement dans la mesure où on est capable de les observer dans la réalité. Les données indispensables concernent donc l'accumulation du capital par âge, les profils de consommation et d'activité selon l'âge, les héritages, la répartition de l'actif net de la nation, le stock de capital productif, le partage de la valeur ajoutée entre salaire et rémunération du capital et, bien évidemment, l'ensemble des composantes nécessaires à la projection

démographique, à savoir la taille des cohortes, les probabilités de décès par âge et les taux de fécondité.

## La simulation

En quoi consiste la simulation ? Quelles sont les forces économiques mises en jeu dans le calcul de l'équilibre économique ? Dans les versions les plus simples, les ménages arbitrent entre consommations présente ou future, et entre consommation ou loisir ; la rémunération des facteurs de production dépend de la richesse par tête. Les équilibres passés et futurs influencent l'équilibre présent. L'obtention de l'équilibre économique procède en une répétition de deux étapes : pour un système de prix passés et futurs donnés, les comportements de consommation, d'épargne et d'offre de travail sont déterminés ; compte tenu des choix d'accumulation de capital et des évolutions démographiques, les anticipations de prix sont ensuite révisées. La procédure de simulation s'arrête lorsque les anticipations sont parfaites, c'est-à-dire lorsque les prix anticipés coïncident avec les prix effectifs. L'initialisation du système de prix intertemporels suppose que la trajectoire équilibrée à taux constant de l'ensemble des variables a été identifiée dans une estimation préalable.

Plus précisément, l'équilibre de long terme est d'abord déterminé. Ensuite, la trajectoire compatible avec le long terme et les conditions initiales est recherchée : elle doit vérifier la propriété d'anticipations rationnelles. Les deux méthodes courantes de simulation sont les algorithmes de Gauss-Seidel et Gauss-Newton. Il s'agit, dans les deux cas, de méthodes itératives, c'est-à-dire qui reproduisent une sorte de tâtonnement walrasien intertemporel impliquant un double balayage (résolution de l'équilibre temporaire à anticipations données, calcul des anticipations rationnelles)<sup>36</sup> : une première chronique de prix anticipés est proposée ; une première chronique d'équilibres temporaires est alors calculée ; cette chronique d'équilibres temporaires est substituée à la chronique d'anticipation ; une nouvelle chronique d'équilibres temporaires est alors calculée. La substitution se répète jusqu'à obtenir une « forte » coïncidence entre les anticipations et les valeurs d'équilibres calculés. La méthode de Gauss-Newton détermine les solutions d'équilibre au moyen d'un développement linéaire censé accroître la vitesse de convergence vers la solution. Il s'agit d'une méthode dite des « tangentes » . Si l'équilibre macrodynamique se résume à l'équation  $f(x,y) = 0$  où  $x$  correspond aux variables endogènes et  $y$  aux exogènes, on calcule  $x' = x + fx/fy \cdot f(x,y)$  où  $fx$  (resp.  $fy$ ) est la dérivée de la fonction  $f$  par rapport à  $x$  (resp.  $y$ ), puis on substitue  $x$  par  $x'$  jusqu'à convergence.

36. Dans un contexte stochastique, il faut calculer les solutions associées à chaque état de la nature possible.

La méthode de Gauss-Seidel résout le modèle sous une forme explicite ( $x' = f(x,y) - x$ ).

## Difficultés techniques et limites de l'analyse

Malgré leurs nombreuses possibilités de modélisation, les MEGCGI ne sont pas sans défauts techniques, méthodologiques ou conceptuels.

*Difficultés techniques* : le nombre d'équations est relativement élevé et la détermination de trajectoires à anticipations parfaites démultiplie la quantité de calculs<sup>37</sup>. Cela nécessite un travail de programmation assez lourd et les changements de spécifications du modèle induisent des temps de réécriture relativement longs<sup>38</sup>. Néanmoins, l'amélioration constante de la puissance des machines a considérablement réduit les temps de résolution. Le logiciel Troll® de la société INTEX, logiciel développé à l'origine par une équipe du MIT, est le programme informatique le plus utilisé car le plus adapté à ce type de modélisation. D'une part, il dispose de l'ensemble des algorithmes nécessaires à la simulation (*supra*). D'autre part, il est capable de gérer des modèles de très grande taille.

*Limites de l'analyse empirique* : les données sur le cycle de vie (taux d'épargne, productivité et taux d'activité) jouent un rôle clé dans la procédure de calibrage du modèle. Mais force est de constater que bon nombre des informations statistiques pertinentes ne sont pas disponibles. Toute observation manquante oblige à postuler, de manière plus ou moins arbitraire, une valeur numérique pour la variable correspondante, ce qui tend à relativiser la validité et la pertinence des résultats. De plus, les valeurs des paramètres du modèle sont fournies à l'issue d'une procédure de calibrage et non pas à l'aide d'estimations économétriques. La théorie ne peut pas être testée statistiquement : les moyens de validation ou de rejet du modèle sont donc très faibles et l'on ne dispose pas des informations sur les intervalles de confiance que fournissent les tests économétriques usuels (voir la critique de Sims<sup>39</sup>, 1996). En général, les modélisateurs ont recours à des « tests » de sensibilité à la valeur des paramètres.

37. Pour un modèle à durée de vie aléatoire, le nombre utile d'équations est approximativement :  $(A + B - 1) \times C$ , où A est le nombre de périodes de vie, B est le nombre de marchés à équilibrer (3 en général : travail, bien et capital) et C est le nombre de périodes de simulations. Ainsi, pour un modèle annuel avec 75 périodes de durée de vie dont l'horizon de simulation est un siècle, le système à résoudre comprend environ 7 700 équations non-linéaires. Avec la technologie actuelle, le temps de résolution d'un tel modèle est devenu très court.

38. Pour pallier cette difficulté, l'équipe INGENUE (2001b) fait appel à un programme (court) écrit dans un langage particulier (PYTHON) qui permet d'engendrer facilement le programme final (long) qui est écrit en TROLL.

39. Il s'agit d'une critique des méthodes de calibrage employées dans les cadres des modèles de « Real Business Cycle ». Elle consiste en partie à dire qu'il n'y a pas de théorie statistique des estimateurs utilisés.

*Limites théoriques* : l'équilibre général correspond à une situation très stylisée de l'économie où des décisions indépendantes d'agents, parfaitement rationnels, permettent de dégager un système de prix qui égalisent les offres et demandes. En général, sauf hypothèses particulières (inefficence dynamique <sup>40</sup> par exemple), l'équilibre calculé est un optimum de Pareto : il n'est pas possible d'améliorer la situation d'un agent sans que cela soit néfaste à au moins un autre agent. Ces résultats sont obtenus aux prix d'hypothèses relativement coûteuses : absence de rendements d'échelle croissants au niveau de la production, convexité des préférences en matière de consommation et concurrence pure et parfaite sur l'ensemble des marchés (absence d'externalité positive — du type, par exemple, de celles qui engendrent les phénomènes de croissance endogène — ou négative — telles que la pollution, par exemple —, ni épuisement d'un facteur rare épuisable comme la qualité environnementale ou non épuisable comme la terre).

La première hypothèse garantit qu'à l'équilibre concurrentiel, la rémunération des facteurs de production à leur productivité marginale concorde avec le comportement optimal des firmes. La deuxième hypothèse conduit à l'unicité du choix optimal de consommation pour un système de prix donné. Il n'y a pas d'indétermination de l'équilibre. Enfin, la troisième hypothèse aboutit notamment à une information parfaite sur les prix réels : les marchés sont donc toujours à l'équilibre dans le sens où les offres et demandes désirées sont satisfaites ; il n'y a donc pas de chômage, sauf si on introduit, par exemple, des rigidités à la baisse du salaire réel ou son indexation « négociée » par rapport à une tendance.

Par ailleurs, dans la plupart des MEGCGI, un seul bien est produit. Il sert à la fois comme bien de consommation et comme bien capital. La structure industrielle est donc traitée de manière très grossière. Notons aussi que l'évolution de la productivité est reproduite de façon *ad hoc* sous la forme d'un taux de croissance exogène.

Enfin, le rôle de l'État est très frustré. La dépense publique n'a d'utilité ni directe, ni indirecte. La production d'infrastructure est rarement développée. L'absence d'inefficacités majeures sur les marchés réduit considérablement les fondements de l'intervention publique. Elle se limite justement à la réallocation des ressources.

---

40. Cf. *infra*, configuration où il y a une suraccumulation de capital.



## Les enseignements

Les enseignements sont de plusieurs ordres. On peut les regrouper en trois catégories :

— Analyses positives : quels sont les impacts des politiques économiques sur les taux d'activité, la croissance et le taux d'intérêt à long terme ?

— Analyses normatives : on dispose d'une « métrique » naturelle de la performance des politiques économiques. Cette métrique peut occasionner l'estimation sous la forme d'équivalents monétaires des bénéfices sociaux induits par une politique économique<sup>41</sup>. Il est possible d'identifier les gagnants et les perdants — catégories sociales et générations — suite à des modifications de la politique économique de référence et de bâtir des indicateurs agrégés de justice sociale.

— Analyse en terme d'économie politique : la comptabilisation du nombre de gagnants et perdants vivant la même période permet de construire un solde électoral. Si une réforme récolte l'unanimité des votes au sein des générations présentes et futures, elle est Pareto-améliorante. Si elle ne récolte pas une majorité de satisfaction au sein des générations présentes, elle n'est pas politiquement tenable.

Trois types de scénarios sont en général analysés : les variantes démographiques, les variantes sur les évolutions technologiques (exogènes) et les variantes politiques, qui regroupent des variantes institutionnelles et des variantes fiscales. Les variantes démographiques visent à modifier la chronique du taux de croissance de la population active en jouant sur les hypothèses de fécondité, d'immigration et de mortalité (tendance à l'orthogonalisation des probabilités de survie, recul de l'âge maximal de décès). Les variantes technologiques consistent à explorer les conséquences de différentes hypothèses sur la chronique de la productivité totale des facteurs, donc sur la croissance économique. Parmi ces variantes, l'équipe INGENUE a introduit un nouveau type, les variantes de convergences technologiques : dans la mesure où le modèle s'intéresse à une économie mondiale, l'enjeu de l'alignement des niveaux de productivité des différentes zones sur celle du *leader* (les États-Unis) est de première importance pour expliquer l'allocation internationale du capital productif. Enfin, au sein des variantes politiques, les variantes institutionnelles concernent la modification des paramètres caractérisant le système de Sécurité sociale — âge de la retraite, taux de remplacement, taux de cotisation sociale, niveau des prestations sociales, etc. — tandis que les variantes fiscales cherchent à évaluer les effets des différents prélèvements obligatoires : impôts sur la consommation, droits de successions (dans la mesure où des legs volontaires sont modélisés), impôt sur le revenu et sur le capital.

41. Kotlikoff (1995, *cf. infra*) estime ainsi que le coût de distorsion induit par une pression fiscale inadéquate dépasse le montant de la dette implicite du système de retraite par répartition américain.

## Les réformes fiscales

Les questions qui préoccupent traditionnellement les fiscalistes sont souvent de nature positive (dans quelle mesure la fiscalité déforme-t-elle les comportements des agents ?), mais concernent aussi la structure optimale de la panoplie fiscale dont dispose le gouvernement (comment minimiser le coût de distorsion ?). Un MEGCGI peut fournir une mesure des coûts de distorsion théorique que subit chaque génération ; il procure également des informations sur les distorsions des choix d'épargne et d'accumulation de capital et, lorsqu'ils sont modélisés de manière endogène, des choix d'offre de travail. De même, si l'on se fixe des besoins donnés de financement de politique économique, il est possible d'étudier les modes de financement qui paraissent les moins inefficaces tout en restant les plus justes. Par exemple, puisque le prélèvement forfaitaire ne peut être mis en œuvre, c'est l'imposition des revenus du travail ou de l'épargne qui est utilisée ; ceci induit une distorsion des comportements, donc une certaine inefficacité, c'est-à-dire un certain éloignement de l'optimum social de premier rang, dans la mesure où les arbitrages ne conduisent plus à égaliser les coûts et bénéfices marginaux individuels et donc à maximiser le surplus total de la société.

Kotlikoff (1995) a ouvert la piste des réformes fiscales Pareto-améliorantes pour rembourser la dette implicite induite par les systèmes de retraite (*cf. infra*). Altig et alii, (1997) se sont intéressés, par exemple, à des voies de simplification efficace du système fiscal américain. Dans son *survey*, Kotlikoff (1998) conclut notamment que les simulations confirment bien « comme le travail novateur de Chamley (1981) l'avait suggéré, que la taxation de la consommation était plus efficace que la taxation des revenus ou du travail, et que la taxation des revenus du capital était elle-même la moins efficace de l'ensemble des quatre catégories d'impôt ».

## Les réformes de la protection sociale

Les réformes de la protection sociale et plus particulièrement celles des systèmes par répartition (retraite, santé) ont fait l'objet de nombreuses simulations. L'impact négatif de la répartition sur l'accumulation d'épargne est toujours vérifié<sup>42</sup>. Les enseignements traditionnels sont de deux types.

Les premiers visent à donner des arguments de très long terme sur la supériorité de la capitalisation par rapport à la répartition lorsque

42. Les pensions de retraite réduisent les besoins de revenus patrimoniaux en fin de cycle de vie. Dans la mesure où elles sont « unfunded » (« non capitalisées » c'est-à-dire par répartition), il en ressort une baisse naturelle de l'accumulation de l'épargne. Feldstein (1974) a été l'un des premiers à s'en soucier et à fournir une évaluation empirique.

l'économie est dynamiquement efficiente. Cette situation apparaît lorsque le taux d'intérêt est supérieur au taux de croissance économique (progrès technique et croissance de la population active occupée)<sup>43</sup>. Il s'agit d'une situation de sous-accumulation de capital. Cela signifie qu'il n'est pas possible d'accroître le bien-être de toutes les générations présentes et futures en modifiant la trajectoire d'accumulation d'épargne. Des sacrifices (générations lésées) sont toujours nécessaires ; sauf en présence d'autres formes d'inefficacité. L'argument qui peut prévaloir à une réforme est que les pertes subies par les générations de la transition sont faibles au regard des gains des générations futures.

Les autres enseignements concernent l'existence de réformes Pareto-efficaces (Kotlikoff, 1995). Ces réformes doivent améliorer le sort de toutes les générations. Elles visent à tester le caractère optimal de la pression fiscale sur les salaires qu'engendre la répartition. Ainsi, lorsque le financement des retraites induit de grandes distorsions en terme d'incitation à produire des richesses, il peut paraître opportun de financer la transition d'un système par répartition : à l'aide d'un outil fiscal moins distordant (en l'occurrence les taxes sur la consommation dans Kotlikoff, 1995), la transition viserait à réduire les cotisations retraite ou à ne pas les augmenter pour garantir les promesses. Mais, dans une telle recherche, il est primordial d'examiner les conséquences redistributives<sup>44</sup> de la réforme au sein de chaque cohorte. Kotlikoff et alii, (1998) ne trouvent plus de réformes Pareto-efficaces dans le cadre d'un modèle dont la population est hétérogène, mais ils identifient des situations de réformes qui ne lèsent pas les classes les moins favorisées, et dont seuls les plus riches subissent des conséquences négatives. Ils obtiennent ces résultats dans le cadre d'une extinction du système par répartition américain où la liberté d'adhésion à l'ancien système est laissée (*opting-out*). Cette mesure produit deux effets : les plus vieux, qui ont acquis beaucoup de droits, ne sont pas incités à quitter le système ; la nature progressive du système n'incite pas les plus pauvres à sortir de l'ancien système<sup>45</sup>.

## Les variantes démographiques

Les variantes démographiques sont importantes car elles permettent d'évaluer les évolutions des finances publiques et leurs conséquences économiques dans différents contextes démographiques. Il peut s'agir de variantes de fécondité, de politique d'immigration ou

43. Ce résultat est conditionné par le caractère certain des taux de rendement de la capitalisation et de la répartition.

44. Le caractère distordant peut principalement provenir du caractère redistributif du système de pension.

45. Cette réforme a été mise en place au Chili au début des années 1980.

d'allongement de la durée de la vie. Les variantes de fécondité mettent en jeu des phénomènes de dilution du capital : dans un premier temps, le stock de capital par tête peut se trouver à un niveau plus bas que celui du scénario de référence, d'autant que l'accroissement des coûts d'éducation des enfants et des jeunes tend à réduire l'accumulation de patrimoine. Les variantes migratoires sont assimilables à des variantes de fécondité, à ceci près que leur effet sur la population active est immédiat et qu'il n'y a pas de coûts d'éducation et de formation de la main-d'œuvre. Il est possible d'évaluer la valeur économique d'un immigrant. Le même calcul peut être réalisé pour une naissance. L'allongement de la durée de la vie révèle la nature contradictoire de certaines forces économiques mises en jeu par les modèles : d'un côté, l'allongement de la durée de la vie, à âge de retraite constant, accroît les besoins d'accumulation de patrimoine ; d'un autre côté, la dégradation du taux de dépendance peut conduire à une forte élévation du poids du système par répartition, préjudiciable à l'accumulation d'épargne, si le taux de remplacement reste inchangé (Le Cacheux et Touzé, 2002).

L'existence de niveaux élevés de chômage pourrait permettre l'examen de scénarios judicieux d'évolution de la population active occupée. Il s'agirait d'évaluer dans quelle mesure le déclin prévu de la population active permettrait de libérer des postes de travail pour les chômeurs. Ces possibilités n'ont pas, jusqu'à présent, été examinées (à l'exception de travaux du type Chauvin et Plane, 2001).

Les simulations sont généralement calées sur un long terme fondé sur les hypothèses d'un taux de fécondité net de la mortalité infantile de 2 (taux qui assure le renouvellement des générations) et d'une distribution stable des taux de survie ; la taille de la population est supposée stationnaire. Il est néanmoins possible de jouer sur la taille finale de la population, notamment en choisissant des profils différents de transition démographique vers cette distribution stable.

## Enseignements annexes

Ces modèles fournissent un certain nombre d'informations susceptibles d'aboutir à plusieurs formes de résultats annexes : la répartition du budget national par génération, les taux de rendement interne par générations des politiques sociales et la richesse nette de la Sécurité sociale.

*Comptabilité par génération et ratios d'équité fiscale* : les ratios d'équité fiscale sont calculés à l'aide d'une comptabilité par génération, qui vise à répondre à une simple question : si l'État garantit le même traitement fiscal (transferts et impôts) sur l'ensemble du cycle de vie à toutes les générations vivantes aujourd'hui, quelle est la politique de taxation des générations futures qui rend solvable les engagements pris aujourd'hui ?

Le ratio d'équité fiscale consiste simplement à comparer le taux de pression fiscale subi par les générations futures par rapport à celui subi par les générations actuelles.

*Les taux de rendement interne* : conjointement aux comparaisons des niveaux de satisfaction, il est possible de calculer des mesures d'équité actuarielle. Il s'agit simplement d'évaluer les taux de rendement internes par génération des politiques économiques. Les bénéfices sociaux et les coûts de financement subis sont recensés pour chaque génération. Il suffit alors de trouver les taux de rendement qui égalisent la valeur actualisée des prélèvements à la valeur actualisée des bénéfices.

*La richesse de la Sécurité sociale* : Feldstein (1974) a ainsi nommé la principale dette implicite de l'État envers les salariés. Il distingue la richesse brute et la richesse nette. La richesse brute de la Sécurité sociale est « la valeur actuelle à l'année  $t$  des pensions retraites qui pourront éventuellement être réclamées par tous ceux qui sont soit dans la force de travail, soit à la retraite en année  $t$  ». Il s'agit d'une évaluation des fameux droits à la retraite. La richesse nette est « égale à la richesse brute de la Sécurité sociale moins la valeur présente des contributions de Sécurité sociale restant à payer par ceux qui sont actuellement dans la force de travail ». La richesse nette correspond à une évaluation des engagements de l'État. À des fins de comparaisons budgétaires, il est possible de construire une comptabilité patrimoniale du secteur public — État, collectivités locales et administrations de Sécurité sociale — et utile, dans ce contexte, d'évaluer les dettes implicites de l'État. Cette évaluation est souvent contrainte par les hypothèses sur la croissance et les taux d'intérêt. L'approche MEGCGI pallie ce défaut dans la mesure où toutes ces variables deviennent endogènes.

## Conclusion

La principale raison d'utiliser des MEGCGI repose sur leurs capacités à fournir des évaluations quantitatives des effets des politiques économiques. Mais un MEGCGI reste avant tout un outil d'analyse prospective et non de prévision<sup>46</sup>. L'appel à « l'intelligence numérique » et au calibrage permet de résoudre des problèmes économiques conceptuels dans une dimension complexe, tout en préservant cohérence, logique et ordres de grandeur. D'une certaine manière, le raisonnement en termes de cycle de vie et de croissance économique est mené jusqu'à son extrême.

46. Dans une certaine mesure, certains scénarios peuvent fournir des projections réalistes de long terme.

Un postulat économique a toujours un degré d'arbitraire et les MEGCGI reposent sur un corps hypothétique précis et donc discutable. Cependant, l'analyse en termes de générations et de croissance oriente le débat économique sur les transitions et le long terme à partir des éléments cruciaux que l'on observe dans la plupart des sociétés : les choix sur le cycle de vie en termes de consommation et d'offre de travail, les anticipations, le comportement d'investissement des entrepreneurs, les évolutions technologiques, les inégalités sociales et les mutations de la structure démographique.

En dépit de leurs limites indéniables — théoriques et techniques, ces dernières paraissant liées aux données et aux capacités de calcul des ordinateurs — et des nombreux progrès qui restent à faire, leurs apports sont multiples et, selon nous, utiles : optimisation des politiques fiscales (imposition travail ou capital, taxe sur la consommation, droits de succession), réforme de la Sécurité sociale (taux de cotisation sociale, taux de remplacement des revenus d'activité, redistribution intracohorte), caractère solvable de la dette publique, justice sociale et évaluation des politiques budgétaires implicites. À côté d'autres démarches analytiques dont il ne saurait être question de nier les apports, les MEGCGI constituent un outil précieux et éclairant d'analyse et d'évaluation des politiques économiques.

## Références bibliographiques

- ALLAIS M., 1947 : *Economie et intérêt*, Paris : Imprimerie Nationale.
- ALTIG D., A. J. AUERBACH, L. J. KOTLIKOFF, K. A. SMETTERS et J. WALLISER, 1997 : « Simulating U.S. Tax Reform », National Bureau of Economic Research, *Working Paper* : 6248.
- ANDO A. et F. MODIGLIANI, 1957 : « Tests of the Life Cycle Hypothesis of Saving: Comments and Suggestions », *Bulletin of the Oxford Institute of Statistics*.
- ARRAU P. et K. SCHMIDT-HEBBEL, 1993 : « Macroeconomic and Intergenerational Welfare Effects of a Transition from a Pay-as-You-Go to a Fully Funded Pensions », *Working Paper*, World Bank.
- AUERBACH A., J. GOKHALE et L. J. KOTLIKOFF, 1991 : « Generational Accounts: A Meaningful Alternative to Deficit Accounting », in D. BRADFORD, ed., *Tax Policy and the Economy*, vol. 5, MIT Press, 55-110.
- AUERBACH A., R. HAGEMANN, L. KOTLIKOFF et G. NICOLETTI, 1989 : « The Economics of Aging Populations: The Case of Four OECD Economies », *OECD Staff Papers*.

- AUERBACH A., et L. KOTLIKOFF, 1987 : *Dynamic Fiscal Policy*, Cambridge : Cambridge University Press.
- AUERBACH A., L. J. KOTLIKOFF et Jonathan SKINNER, 1983 : « The Efficiency Gains from Dynamic Tax Reform », *International Economic Review*, 24 (1), 81-100.
- BLANCHET D., 1992 : « Retraite et croissance économique : un essai de simulation », *Economie et prévision*, n° 105, 1-16.
- BLANCHET D., 1994 : « Les structures par âge importent-elle ? », *Document de travail INSEE*, DESE G9401.
- BLANCHET D. et J.-M. Chanut, 1998 : « Les retraites individuelles à long terme : une projection par microsimulation », *Economie et Statistique*, n° 315.
- BOADWAY, R. W. et D. E. WILDASIN, 1989 : « A Median Voter Model of Social Security », *International Economic Review*, 30, 307-328.
- BOHRINGER C., A. PAHLKE et T. F. RUTHERFORD, 1999 : « Carbon Abatement, Revenue Recycling, and Intergenerational Burden Sharing », in *Using Dynamic Computable General Equilibrium Models for Policy Analysis*, North Holland.
- BOSKIN M. J., 1986 : « Too Many Promises : The Uncertainty Future Social Security », *Dow-Jones Irvin*, 19 p.
- CAZES S., T. CHAUVEAU, J. LE CACHEUX et R. LOUFIR, 1992a : « Retraites et évolutions démographiques en France. I. Le long terme », *Revue de l'OFCE*, n° 39, janvier.
- CAZES S., T. CHAUVEAU, J. LE CACHEUX et R. LOUFIR, 1992b : « L'avenir des retraites dans un modèle d'équilibre général calculable », *Revue d'économie financière*, 23, 109-124.
- CHAMLEY C., 1981 : « The Welfare Cost of Capital Income Taxation in a Growing Economy », *Econometrica*, 89 (3).
- CHAUVEAU T. et R. LOUFIR, 1995 : « L'avenir des régimes publics de retraite dans les pays du G7 », *Revue de l'OFCE*, n° 52.
- CHARPIN J.-M., 1999 : *L'avenir de nos retraites*, Rapport au premier ministre, La Documentation Française.
- CHAUVEL, L., 1998 : *Le Destin des générations*, Paris : PUF.
- CHAUVIN V. et M. PLANE, 2001 : « 2000–2040 : Population active et croissance », *Revue de l'OFCE*, n° 79, octobre.
- CHESNAIS J.-C., 1977 : « Fluctuations démographiques et dépenses de Sécurité sociale », *Population*, n° 2, 373-401.
- CUBEDDU, L. M., 1996 : « The Intra-Generational Redistributive Effects of Social Security », *miméo*, Universtat Pompeu Fabra.

- CUBEDDU, L. M. et J.-V. Rius-Rull 1996 : « Marital Risk and Capital Accumulation », *Federal Reserve Bank of Minneapolis Staff Report*, 235.
- CUTLER D. M., J. M. POTERBA, L. M. SHEINER et L. H. Summer 1990 : « An Aging Society: Opportunity or Challenge », *Brookings Paper on Economic Activity*, 1.
- DEATON A., P.-O. GOURINCHAS et C. PAXSON, 2000 : « Social Security and Inequality over the Life Cycle », *NBER Working* 7570.
- DIAMOND P. A., 1965 : « National Debt in a Neoclassical Growth Model », *American Economic Review*, vol. 55, n° 5, septembre.
- FELDSTEIN M. S., 1974 : « Social Security, Induced Retirement, and Aggregate Capital Accumulation », *Journal of Political Economy*, 82 (5), 905-926.
- FLEURBAEY M. et P. MICHEL, 1992 : « Quelle justice pour les retraites ? » *Revue d'économie financière*, 23, 47-64.
- FONTENEAU A., A. GUBIAN, H. Sterdyniak et C. VERPEAUX, 1988 : « Quel avenir pour la Sécurité sociale ? », *Revue de l'OFCE*, n° 22, 85-108.
- FOUGÈRE M. et M. MERETTE, 1998 : « Economic Dynamics of Population Aging in Canada: An Analysis with a Computable Overlapping Generations Model », *mimeo*.
- GOUCHINCHAS P.-O., 2000 : « Precautionary Savings, Life Cycle and Macroeconomics », *mimeo*, Princeton University.
- HANSEN A. H., 1939 : « Economic Progress and Declining Population Growth », *American Economic Review*, 1-15.
- HIRT G. et R. WEBER, 1997 : « Pareto Improving Transition Path from a Pay-as-You-Go to a Fully Funded System – is it politically feasible ? », *mimeo*, Katholische Universität Eichstätt, Ingolstadt, Germany.
- HUANG H., S. IMROHOROGLU et T. J. SARGENT, 1997 : « Two Computations to Fund Social Security », *Macroeconomic Dynamics*, 1 (1).
- HUANG Mark et G. VENTURA, 1997 : « On the Distributional Effects of Social Security Reform », University of Western Ontario, Department of Economics Research Reports : 9710.
- HUGOUNENQ R., J. LE CACHEUX et T. MADIÈS, 1999 : « Diversité des fiscalités européennes et risques de concurrence fiscale », *Revue de l'OFCE*, n° 70, 63-109.
- IMROHOROGLU, A., S. IMROHOROGLU et D. H. JONES, 1995 : « A Life Cycle Analysis of Social Security », *Economic Theory*, 6 (1), 83-114.



- INGÉNUE (Equipe), 2001a : « Vieillissement démographique et transferts internationaux d'épargne : premiers enseignements du modèle INGÉNUE », *Revue d'économie Politique*, mars.
- INGÉNUE (Equipe), 2001b : « Macroeconomic Consequences of Pension Reforms in Europe: An Investigation with the Ingenu World Model », document de travail CEPII-CEPREMAP-OFCE.
- JAPPELLI T., 1995 : « Does social security reduce the accumulation of private wealth? Evidence from Italian Survey Data », *Ricerche Economica*, 49, pp. 1-31
- JUDD K. L., 1998 : *Numerical Methods in Economics*, MIT Press.
- KENC T. et S. SAYAN, 1997 : « Transmission of Demographic Shock Effects from Large to Small Economy: An Overlapping Generations CGE Analysis », Bilkent University, Department of Economics Discussion Papers, Ankara.
- KEYNES J. M., 1937 : « Some Economic Consequences of a Declining Population », *Eugenics Review*, pp. 13-17.
- KNUDSAN M. B., L. H. PEDERSEN, T. W. PEDERSEN, P. STEPHENSEN et P. TRIER, 1999 : « A Dynamic CGE Analysis of the Danish Aging Problem », in *Using Dynamic Computable Equilibrium Models for Policy Analysis*, North Holland.
- KOTLIKOFF L. J., 1992 : *Generational Accounting: Knowing who pays, and when, for what we spend*, Free Press
- KOTLIKOFF L. J., 1995 : « Privatization of Social Security: How It Works and Why it Matters », *NBER Working Paper* : 5330.
- KOTLIKOFF L. J., 1998 : « The A-K Model: Its Past, Present, and Future », *NBER Working Paper* : 6684.
- KOTLIKOFF L. J., K. SMETTERS et J. WALLISER, 2000 : « Distributional Effects in a General Equilibrium Analysis of Social Security », *mimeo*.
- KRUEGER A. B. et J.-S. PISCHKE, 1992 : « The Effect of Social Security on Labor Supply: A Cohort Analysis of the Notch Generation », *Journal of Labor Economics*, 10 (4), 412-437.
- LE CACHEUX J. et V. TOUZÉ, 2000 : *Évaluer les conséquences économiques des modifications de prélèvements obligatoires : Un guide des principaux outils disponibles et de leur bon usage*, Étude pour la Commission des Finances de l'Assemblée nationale.
- LE CACHEUX J. et V. TOUZÉ, 2002 : « Vieillissement et richesse des Nations », *Revue de l'OFCE*, à paraître.
- LETOURNEL P.-Y. et K. SCHUBERT, 1991 : « Un modèle d'équilibre général appliqué à l'étude de la fiscalité française : un résultat de long terme », *Économie et prévision*, n° 98, 83-99.

■ Jacques Le Cacheux et Vincent Touzé

- LETOURNEL P.-Y., K. SCHUBERT et P. TRAINAR, 1992 : « L'utilisation des modèles d'équilibre général calculables dans l'évaluation de la politique fiscale », *Revue économique*, 4, 709-724.
- LINDH T. et B. MALMBERG, 2001 : « Swedish post-war economic development — The role of age structure », miméo, Uppsala University.
- MALTHUS T. R., 1798 : *Essai sur le principe de la population*.
- McFADDEN D. L. 1994 : « Problems of Housing the Elderly in the United States and Japan », in *Aging in the United States and Japan: Economic trends*, NBER Conference Report series.
- MILES D., 1997 : « Modeling the Impact of Demographic Changes Upon the Economy », CEPR Discussion Paper, n° 1762.
- MODIGLIANI F., 1986 : « Life Cycle, Individual Thrift and the Wealth of Nations », Nobel Conference, *American Economic Review*, vol. 76, n° 3, juin ; traduction française dans la *Revue française d'économie*.
- MYRDAL G., 1940 : *Population: A Problem of Democracy*, Harvard University Press.
- OBSTFELD M. et K. ROGOFF, 1996 : *Foundations of International Macroeconomics*, Cambridge : MIT Press.
- PERSON T., S. PERSON et L. SVENSSON, 1987 : « New Methods in Swedish Medium-Term Survey », Working Paper, Ministry of Finance, Stockholm.
- RAFFELHUSCHEN B. et A. E. RISA, 1995 : « Reforming Social Security in a Small Open Economy », *European Journal of Political Economy*, 11 (3), 469-485.
- RIUS-RULL J.-V., 1994 : « Models with heterogeneous agents », mimeo, University of Pennsylvania.
- RIUS-RULL J.-V., 1994 : « Life Cycle Economies and Aggregate Fluctuation », mimeo
- SAMUELSON P.A., 1958 : « An Exact Consumption-Loan Model of Interest with and without the Social Contrivance of Money », *Journal of Political Economy*, vol. 66, n° 3.
- SCHUBERT K., 1993 : « Les modèles d'équilibre général calculable : une revue de la littérature », *Revue économique*, vol. 103, n° 6.
- SEIDMAN L., 1983 : « Social Security and Demographics in a Life Cycle Growth Model », *National Tax Journal*, 36 (2), 213-224.
- SIMS C. A., 1996 : « Macroeconomic and Methodology », *Journal of Economic Perspectives*, 10 (1), 105-120.
- SOLOW R. M., 1956 : « A Contribution to the Theory of Economic Growth », *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65-94.

- STEIGUM E. Jr. et E. STEFFENSEN, 1990 : « En numerik overlappend generasjonsmodell for norsk okonomy et dokumentsjonsnotat », Arbeidsnotat 20/1989, Senter vor anvendt forskning, Bergen.
- SUMMER L. H., 1981 : « Capital Taxation and Accumulation in a Life Cycle Growth Model », *American Economic Review*, 71 (4), 533-44.
- TOUZÉ V., 1999 : *Réforme de la Sécurité sociale et équilibre entre les générations*, Thèse de doctorat, Université de Paris 10.
- VERNIÈRES L., 1990 : « Les retraites pourront-elles être payées après l'an 2000 ? », *Economie et prévision*, 233, pp. 19-27.

