



**CEPII**

**CENTRE  
D'ÉTUDES PROSPECTIVES  
ET D'INFORMATIONS  
INTERNATIONALES**

No 2004 – 14  
Octobre

## Vieillesse démographique, épargne et retraite : une analyse à l'aide d'un modèle d'équilibre général à agents hétérogènes.

---

Catherine Bac & Jean Chateau

# Vieillesse démographique, épargne et retraite : une analyse à l'aide d'un modèle d'équilibre général à agents hétérogènes.

---

Catherine Bac & Jean Chateau

N° 2004 - 14  
Octobre

Avec le soutien du CIREM

**Table des matières**

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>8</b>
1.1. Les outils de perspectives en matière de retraite . . . . .	8
1.2. Bref aperçu de la structure du modèle . . . . .	10
<b>2. POPULATION ET ACTIVITÉ</b>	<b>12</b>
2.1. L'évolution démographique . . . . .	12
2.1.1. Rappel sur la projection de population . . . . .	12
2.2. La population active et sa structure . . . . .	14
2.2.1. Répartition en trois catégories professionnelles . . . . .	14
2.2.2. Activité . . . . .	15
2.2.3. Retraités et "Pré-retraités" . . . . .	17
<b>3. LE CADRE MACROÉCONOMIQUE</b>	<b>19</b>
3.1. Le secteur productif . . . . .	19
3.2. Salaire et Chômage d'équilibre . . . . .	20
3.3. Les individus . . . . .	21
3.3.1. Profils de chômage et de salaire des actifs . . . . .	21
3.3.2. Les revenus . . . . .	23
3.3.3. Comportement de consommation et d'épargne . . . . .	24
<b>4. LES PENSIONS DE RETRAITE PUBLIQUES</b>	<b>26</b>
4.1. Le régime des fonctionnaires ("rf") . . . . .	27
4.2. Le régime de base ("rb") . . . . .	28
4.3. Les régimes complémentaires ("rc") . . . . .	29
<b>5. EQUILIBRE DU MODELE</b>	<b>30</b>
5.1. Caisses de Retraite . . . . .	30
5.2. Équilibre du marché financier : . . . . .	32
<b>6. EFFETS MACRO-ÉCONOMIQUES DES RÉFORMES DU SYSTÈME DE RETRAITE</b>	<b>33</b>
6.1. Scénario 1. :Allongement de la durée d'activité . . . . .	34
6.1.1. "Petite économie ouverte" . . . . .	34
6.1.2. "Économie autarcique" . . . . .	36
6.2. Scénario 2. :Projections à comportements d'activité constants . . . . .	37
6.3. Scénario 3. :Variantes sans la Réforme 2003 . . . . .	38
6.4. Scénario 4. :Ajustement des taux de remplacement . . . . .	41
6.5. Scénario 5. :Ajustement des taux de Cotisation . . . . .	42
<b>7. CONCLUSION</b>	<b>43</b>

<b>A</b>	<b>ANNEXE</b>	<b>44</b>
A1.	Décalage des taux d'activité . . . . .	44
A2.	L'âge de fin d'étude et la durée de carrière . . . . .	44
A3.	Eléments d'explication sur les simulations numériques . . . . .	45
A4.	La durée moyenne de la carrière . . . . .	46

### **Résumé**

In the recent years various quantitative tools have been developed in order to deal with issues raised by population ageing and the evolution of public retirement system. The model used here presents a structure halfway between pure general equilibrium models with rigorous microfoundations and accounting models where macroeconomic environment remains exogenous. Demographic prospects are used as inputs to feed a general equilibrium model with overlapping generations and heterogeneous agents, expectations are static and saving behaviours remain constant. Intra-cohort heterogeneity allows to examine distributional consequences of changes in variables. Two polar assumptions about economy openness can be handled. In the first case, the economy is closed and the return to capital adjusts in order to clear the domestic financial market. In the second case, the economy is fully open and the return to capital is taken as given. This paper presents such a model and then focus on macroeconomic effects of French public retirement system reforms, more precisely it deals with the issue of the long run solvency of the system.

### **Résumé**

De nombreux outils ont été élaborés ces dernières années pour répondre aux questions soulevées par l'évolution des systèmes de retraite face au vieillissement démographique. La maquette proposée ici se situe à un degré d'intégration démographique intermédiaire entre les purs modèles d'équilibre général micro-fondés et les modèles comptables où l'environnement macroéconomique reste exogène. Elle utilise des projections démographiques exogènes pour alimenter un modèle d'équilibre général à générations d'agents hétérogènes, les anticipations des agents restent tournées vers le passé et les comportements d'épargne restent exogènes. La prise en compte d'agents hétérogènes au sein d'une même cohorte permet, en outre, d'approfondir les situations individuelles. Deux hypothèses polaires en matière d'ouverture internationale de l'économie sont appréhendées. Dans la première, l'économie est fermée, le taux d'intérêt s'ajuste en fonction de l'équilibre interne du marché financier. Dans la seconde, l'économie est ouverte et le taux d'intérêt est considéré comme une donnée. Ce papier présente ce modèle puis se focalise sur les effets macro-économiques des réformes en cours ou envisagées du système de retraite public Français en soulevant notamment la question de sa soutenabilité à long terme.

J.E.L. classification number: H55, J1, E2, C68.

Keywords: Public Pensions , Ageing, Macroeconomic prospects, CEGM.

Mots Clés : Régime de retraite, vieillissement, prospective macroéconomique, MEGC.

## **Summary**

In the recent years various quantitative tools has been developed in order to deal with issues raised by population ageing and the evolution of public retirement system. The model used here presents a structure halfway between pure general equilibrium models with rigorous microfoundations and accounting models where macroeconomic environment remains exogenous. Demographic prospects are used as inputs to feed a general equilibrium model with overlapping generations and heterogenous agents, expectations are statics and saving behaviours remain constant. Intra-cohort heterogeneity allows to examine distributional consequences of changes in variables. Two polar assumptions about economy openness can be handled. In the first case, the economy is closed and the return to capital adjusts in order to clear the domestic financial market. In the second case, the economy is fully open and the return to capital is taken as given.

The purpose of this model is to analyse the macroeconomic effects of various pension reforms undertook to insure the solvency of the French pay-as-you-go pension system (rise in social contribution rates, decrease in net replacement ratios, debt policy, ...). A peculiar focus on savings and capital flows is proposed. France is considered in an isolated way without any reference that it belongs to UEM. In this paper the main goal is to insist on the technical aspects on the model building (formal structure, calibration, ...). These model specifications will serve as a benchmark for a more definitive version of the project where other european countries will be described by a similar model and where all these countries will be taken all together.

In order to underline possible uses of the model we will also present various kind of variants. Two main conclusions may be drawn from the examination of the various prospective scenarios. First of all, the critical point for deal with the solvency (or not) of the whole PAYG system for retirement seems to be the assumptions about future trend of the global factor productivity and about the behaviour of agents about activity and labor market participation. The second point is about the different way of balancing the retirement systems : in the long run resorting to debt finance seem to be a no way ; a planned fall of the replacement rates will present some virtues in respect to growth but implies a big disequilibrium in the standard of living of retiree in respect to active people ; at last a progressive rise in the social contribution rates will permit to avoid this but at the cost of a lesser growth of resources.

J.E.L. classification number: H55, J1, E2, C68.

Keywords: Public Pensions , Ageing, Macroeconomic prospects, CEGM.

### **Résumé Long**

Plusieurs outils de prospectives quantitatives ont été élaborés ces dernières années pour répondre aux questions soulevées par l'évolution des systèmes de retraite face au vieillissement démographique. La maquette proposée ici se situe à un degré d'intégration démo-économique intermédiaire entre les purs modèles d'équilibre général micro-fondés et les modèles comptables où l'environnement macroéconomique reste exogène.

Elle utilise des projections démographiques exogènes pour alimenter un modèle d'équilibre général à générations d'agents hétérogènes, les anticipations des agents sont tournées vers le passé et les comportements d'épargne restent exogènes. La prise en compte d'agents hétérogènes au sein d'une même cohorte permet, en outre, d'approfondir les situations individuelles. Deux hypothèses polaires en matière d'ouverture internationale de l'économie sont appréhendées. Dans la première, l'économie est fermée, le taux d'intérêt s'ajuste en fonction de l'équilibre interne du marché financier. Dans la seconde, l'économie est ouverte et le taux d'intérêt est considéré comme une donnée.

La finalité de ce modèle est d'analyser les effets sur les principales grandeurs économiques, en particulier l'épargne et les mouvements de capitaux, des réformes envisagées (hausses de cotisations sociales, baisse programmée des pensions, endettement,...) pour assurer la soutenabilité du système de retraite par répartition français. Le pays est considéré de façon isolé sans référence à son appartenance à l'UEM. Il s'agit dans ce premier document d'insister sur les aspects techniques du modèle (structure du modèle, étalonnage,...) qui constituent le socle global de l'ensemble des "maquettes pays" de la version définitive du modèle (à l'exception des systèmes de retraite qui diffèrent d'un pays à l'autre).

Afin de souligner les vertus prospectives de cet instrument une série de variantes est ensuite proposée. Deux conclusions principales ressortent de l'examen des différents scénarios de prospectives envisagés. Le premier concerne le caractère crucial des hypothèses effectuées en matière de comportement d'activité et de rythme de croissance du progrès technique pour l'avenir pour la question de la solvabilité financière des régimes de retraite. Le second point concerne les différentes modes de gestion de l'équilibre financier des régimes. Le recours à l'emprunt seul paraît au vu des résultats impossible à long terme, la baisse programmée des pensions permet de garantir un équilibre aux vertus macro-économiques indéniables mais reste porteuse de déséquilibres de situations individuelles importants tant entre les générations qu'entre les types d'agents, la hausse des taux de cotisation évite cet écueil au prix d'une croissance un peu moindre.

Classification JEL : H55, J1, E2, C68.

Mots Clés : Régime de retraite, vieillissement, prospective macroéconomique, MEGC.

# Vieillesse démographique, épargne et retraite : une analyse à l'aide d'un modèle d'équilibre général à agents hétérogènes<sup>1</sup>

Catherine Bac & Jean Chateau<sup>2</sup>

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. Les outils de prospectives en matière de retraite

Plusieurs outils de prospectives quantitatives ont été élaborés ces dernières années pour répondre aux questions soulevées, dans la majorité des pays développés, par l'évolution du système de retraite en réaction au vieillissement démographique en cours et à venir. Les outils ayant pour vocation l'analyse de conséquences macro-économiques du vieillissement démographique se distinguent les uns des autres par la nature des variables exogènes qu'ils utilisent ou, dit autrement, par les choix effectués concernant l'endogénéité ou pas de chaque variable. Une première distinction de fond peut alors être proposée entre les catégories de modèle : les modèles d'équilibre général, d'une part, et les modèles "comptables", d'autre part, dans lesquels la plupart des grandeurs macro-économiques sont exogènes, ce qui revient *grosso modo* à considérer des analyses d'équilibre partiel. Une autre source de distinction des modèles, les uns par rapport aux autres, porte sur la nature, plus ou moins précise, des fondements théoriques à l'origine des comportements économiques des agents du modèle.

Les modèles d'équilibre partiel utilisent des scénarios démographiques et économiques exogènes (activité, emploi, productivité et coût des facteurs). Parmi ces outils, on peut distinguer les modèles ayant une vocation strictement comptable de ceux visant à analyser de façon plus fine les réactions des agents aux mutations exogènes ainsi que leur situation individuelle (modèles de micro-simulation).

Les modèles agrégés d'optique comptable, telle la maquette de projection du système de retraite réalisée à la Drees (Bac, Bonnet, Bontout et Cornilleau 2003) ou encore les projections effectuées dans le cadre du rapport Charpin (1999), raisonnent implicitement avec un agent représentatif et sous une hypothèse de stabilité du ratio capital sur travail efficace. Autrement dit, l'économie se situe implicitement sur son sentier de

---

1. Ce travail est en partie tiré d'un projet plus important pour lequel nous avons bénéficié du soutien financier de l'Institut pour la Recherche de la Caisse des dépôts ainsi que de l'Observatoire Européen de l'Épargne. Les auteurs tiennent en outre à remercier les participants au 2<sup>ème</sup> atelier "retraite et marchés financiers" qui s'est déroulé à l'Université de Paris-Dauphine le 8 Avril 2004 et en particulier G. Cornilleau ; ainsi que E. Raynaud pour avoir mis à notre disposition certaines données de l'EIR. A l'origine ce travail avait été abordé sous la direction de F. Legros et en collaboration avec J.L. Guérin, R. Sleiman et H. Bchir. Nous les remercions chaleureusement d'avoir consacré du temps à ce projet. Nous souhaitons en outre remercier Agnès Benassy-Quéré pour l'ensemble de ses remarques judicieuses concernant ce document. Correspondance : chateau@cepii.fr.

2. CEPII, 9 rue Georges Pitard, 75740 Paris Cedex 15.

croissance équilibrée de long terme. La finalité de ces instruments est essentiellement d'analyser l'impact de variantes socio-démographiques et de réformes paramétriques des régimes de retraite sur la soutenabilité des régimes de retraite.

Les modèles de micro-simulations tels celui de l'Equipe Destinie (1999) intègrent des scénarios macro-économiques exogènes, notamment en matière de production et de prix des facteurs. Leur objectif est d'analyser l'ensemble des trajectoires individuelles d'une multitude d'agents face à des changements des prélèvements et transferts sociaux et budgétaires. L'accent est donc mis sur les aspects redistributifs des réformes sans que ceux-ci interagissent avec les variables macro-économiques.

La seconde catégorie d'outils est constituée par des modèles d'équilibre général. Ici encore une distinction peut être effectuée entre des modèles à fondements micro économiques rigoureux, très utiles pour analyser la séquence des mécanismes, et des modèles macro-économiques où les comportements des agents sont plus frustes. De ce fait, on peut affiner plus aisément la structure du modèle afin que celui-ci "colle" mieux aux données et puisse donner des éléments quantitatifs plus précis.

Les modèles micro-fondés appliqués aux questions liées au vieillissement démographique se sont fortement développés à la suite de la parution de la monographie d'Auerbach et Kotlikoff (1987). Le modèle d'équilibre général calculable, proposé par ces auteurs, s'appuie sur le cadre théorique du modèle à générations imbriquées d'agents proposé par Samuelson (1958) et amendé par Diamond (1965) dans le cadre d'économies en croissance avec accumulation de capital et dette publique (ou avec un système de retraite par répartition comme chez Feldstein (1974)). Alimenté par des projections démographiques exogènes la dynamique de l'économie est alors entièrement expliquée par les réactions des agents rationnels et optimisateurs, et en particulier par leur comportement d'épargne pour motif de cycle de vie à la Modigliani (1986). Les effets rétro-actifs des comportements sur les variables agrégées ainsi que les anticipations parfaites des agents expliquent notamment les mouvements des prix des facteurs.

Les analyses effectuées grâce à ce type de modèle souffrent de deux défauts principaux. D'une part, la complexité des mécanismes et celle des interactions économiques se retrouvent dans la difficulté d'analyse des résultats. Et d'autre part, cette même complexité interdit en général de tenir compte d'une hétérogénéité des individus au sein d'une même cohorte et empêchent donc de mener des études similaires à celles effectuées grâce à des modèles de micro-simulations.

Certains travaux récents, de nature plus académique, cherchent cependant à rendre compte de façon conjointe de l'hétérogénéité des trajectoires individuelles, de la distribution des richesses et des grandeurs des variables agrégées (Hairault, Langot et Sopraseduth 2004). Cependant l'extrême complexité du calcul numérique des dynamiques endogènes de l'économie incite en général, sous peine d'impossibilité d'obtenir une solution, à simplifier à l'extrême certains comportements et mécanismes macro-économiques clés. Ces travaux perdent alors de leur vertu en termes de prospective quantitative.

Afin d'aborder de façon plus spécifique des considérations macro-économiques, et non pas seulement comptables, mais aussi distributives en matière de questions liées au financement des régimes de retraite, des modèles "hybrides" ont été développés. Il

s'agit de modèles d'équilibre général dans lesquels seuls les comportements clés en matière de réaction au phénomène du vieillissement démographique sont spécifiés de façon détaillée (la rémunération des facteurs, l'accumulation de la richesse par âge, l'évolution des revenus au cours du cycle de vie, ...). En revanche, d'autres aspects macro-économiques et comportementaux n'ont pas réellement besoin d'être mis en avant et sont, de ce fait, soit considérés comme exogènes (lorsque le lien entre leur évolution et la déformation de la pyramide des âges reste ténu comme c'est le cas pour les comportements individuels d'activité), soit schématisés (lorsque l'évolution de ces variables joue un rôle non négligeable sur la dynamique globale de l'économie mais sans pour autant que le lien avec le vieillissement soit direct, telle l'évolution du taux de chômage agrégé).

Le modèle de Blanchet (1992) constitue un exemple parfait de ce type d'outil. Construit dans le but d'étudier les réactions de la capitalisation et de la répartition au vieillissement démographique dans le cas Français, ce modèle n'a pas besoin par exemple d'endogénéiser concrètement les décisions d'épargne des ménages, ni de s'appuyer sur une structure d'anticipations parfaites. L'accumulation de capital est quant à elle le résultat d'un processus standard d'optimisation de la demande de capital de la part des entreprises comme dans les modèles de croissance néo-classique (Solow 1956).

La présente maquette appartient à ce dernier groupe de modèles. Elle utilise des projections socio-démographiques exogènes pour alimenter un modèle de croissance néo-classique. Son objectif principal est d'analyser les effets sur les principales grandeurs économiques, en particulier l'épargne et les mouvements de capitaux, des réformes envisagées (hausse de cotisations sociales, allongement de la durée d'activité) pour assurer la soutenabilité des systèmes de retraite par répartition des principaux pays européens. Dans le présent document nous présenterons uniquement la maquette France du modèle. Le pays est alors considéré de façon isolé sans référence à son appartenance à l'UEM. Il s'agit dans ce premier document d'insister sur les aspects techniques du modèle (structure du modèle, étalonnage,...) qui constituent le socle global de l'ensemble des "maquettes pays" de la version définitive du modèle. Cette maquette plus globale regroupera, à terme, les trois principaux pays européens, à savoir la France, la Grande Bretagne et l'Allemagne, ainsi qu'un reste du monde synthétisé par un taux d'intérêt mondial. L'objet sera d'évaluer les transferts de capitaux entre ces trois régimes qui seront induits par : des évolutions socio-démographiques différentes, des régimes de retraite spécifiques aux trois pays et relativement dissemblables ainsi que les voies de réforme de ceux-ci, toutes aussi différentes.

## **1.2. Bref aperçu de la structure du modèle**

Il s'agit d'un modèle d'équilibre général à générations d'agents hétérogènes. Ce modèle de croissance est dans l'esprit de celui proposé par Blanchet (1992) : les anticipations des agents restent statiques et les propensions marginales à consommer pour chaque groupe d'âge sont, dans un premier temps, fixées. Les comportements d'épargne et la spécification du marché du travail sont comparables à ceux proposés dans le modèle exposé par d'Autume et Quinet (2001). La prise en compte d'agents

hétérogènes au sein d'une même cohorte, qui s'inspire des travaux de Hairault et al. (2004) et Hénin et Weitzenblum (2004), permet, en outre, d'approfondir l'analyse menée avec les modèles à générations traditionnels notamment en évaluant l'impact des règles propres au système de retraite Français sur la situation des agents.

Deux hypothèses polaires en matière d'ouverture internationale de l'économie peuvent être appréhendées dans le cadre de la maquette. Dans la première, l'économie est fermée, le taux d'intérêt réel s'ajuste en fonction de l'équilibre interne du marché du capital. Dans la seconde on retient l'hypothèse canonique de "petite économie ouverte", qui considère le taux d'intérêt comme une donnée exogène.

Pour faciliter la présentation on peut décomposer la maquette en quatre blocs (les trois derniers étant interdépendants):

- Le bloc "démographique" consiste en une pyramide des âges par genre qui évolue grâce aux projections durant la période de simulation. Ce bloc est complété par un scénario de taux d'activité par genre qui permet de fournir des projections sur la population active. Parmi cette population, on distingue trois groupes selon leur catégorie professionnelle (non cadre, cadre et fonctionnaire).
- Le bloc "macro-économique" repose principalement sur une fonction de production à rendements d'échelle constants. Celle-ci décrit les possibilités de production d'un bien physique composite, support de la consommation et de l'épargne, à l'aide de deux facteurs de production traditionnels : travail et capital (le travail étant augmenté d'un progrès technique exogène). Le travail effectif est déterminé, à l'équilibre, par confrontation d'une population active potentielle découlant du bloc démographique et de la demande de travail de la part des entreprises. Dans l'esprit des modèles *WS-PS* ("*Wage Setting - Price Setting*") des rigidités réelles sur le marché du travail ouvrent la porte à l'existence d'un taux de chômage structurel d'équilibre. L'ajustement du taux d'intérêt en économie fermée assure l'égalité du stock de capital et de l'épargne nette nationale. En économie ouverte, le taux d'intérêt étant donné, l'équilibre s'effectue par ajustement résiduel des mouvements de capitaux. Ce bloc macro-économique assure le bouclage du modèle en prenant en compte les effets rétroactifs (effet sur l'épargne de l'augmentation de la dette publique ou effet sur le salaire de l'augmentation des prélèvements obligatoires).
- Le bloc "revenu" permet de traduire en termes de consommation et d'accumulation d'actifs les différents flux de revenus du modèle (salaires, pensions, préretraites). Il alimente ainsi le bloc "macro-économique" à la période suivante.
- Le bloc "retraite" spécifie de façon rigoureuse et détaillées les règles de calcul des pensions, régies sous le système de la répartition, selon la catégorie socio-professionnelle des individus. Les cadres et le non-cadres cotisent à un régime de base par annuités et à une caisse complémentaire par points, mais sous des conditions différentes. Les fonctionnaires ne cotisent à aucune de ces caisses et sont soumis au régime particulier de la fonction publique. Le bloc retraite détermine le montant des pension à la liquidation pour chaque individu et la réévaluation du stock des pensions. Il permet de déterminer le solde des régimes

de retraite ainsi que le montant de la dette totale du système de retraite public, en l'absence d'ajustements des paramètres des régimes.

La première partie du document est consacrée à la présentation de ces blocs : les hypothèses démographiques et les scénarios d'activité (section 2.), le modèle macro-économique et les équations individuelles des agents (section 3.), ainsi que le fonctionnement du régime de retraite (section 4.). Nous présenterons ensuite l'équilibre du modèle (section 5.) avant d'examiner quelques simulations numériques (section 6.).

## 2. POPULATION ET ACTIVITÉ

A chaque période co-existent différentes générations, chacune se trouvant dans une phase différente de son cycle de vie. Les individus se distinguent en outre par leur genre et leur catégorie professionnelle. L'ambition prospective du modèle nous impose de recourir à des projections de populations. Le modèle est ainsi alimenté par des projections démographiques effectuées au CEPII sur la base de la méthode exposée par Sleiman (2002) et amendée par Bac et Chateau (2003). L'horizon temporel de l'étude est la période 2000-2050, les générations concernées par le modèle sont donc celles nées entre 1894 et 2049 puisqu'à chaque date la pyramide des âges décrit la répartition des individus âgés de 0 à 105 ans.

Les individus sont donc caractérisés par :

- leur date de naissance  $g \in [1894, 2049]$ ,
- leur sexe  $s \in \{H \text{ pour les hommes et } F \text{ pour les femmes}\}$ ,
- la catégorie professionnelle  $c$  à laquelle ils appartiennent. Nous considérons trois catégories les non cadres, les cadres et les fonctionnaires :  $c \in \{nc, ca, f\}$ .

L'âge de chaque individu est défini simplement à la date  $t$  par :  $a(t, g) = t - g$ .

### 2.1. L'évolution démographique

La taille  $Pop(t, g, s)$  de la population de type  $(g, s)$  à la date  $t$ , provient des données historiques ainsi que des projections démographiques. Pour la période 1946-1997 on reprend les données historiques de Daguet (2002). On complète la base par les données de l'INSEE pour la période 1998-2000, puis on effectue nos propres projections pour la période 2000-2050.

#### 2.1.1. Rappel sur la projection de population

Les projections démographiques pour la seule France métropolitaine utilisées sont celles réalisées au Cepii en prenant comme pyramides des âges de départ celle de l'INSEE au 1er Janvier 2000. Les projections sont effectuées avec la méthode des composantes. A partir d'une pyramide des âges au 1er Janvier 2000, on détermine le nombre de survivants au 1er Janvier de l'année suivante selon la probabilité de décéder entre l'âge  $a$  et l'âge  $a+1$  de cette année. Le nombre de naissance est obtenu en appliquant l'indice conjoncturel de fécondité à l'âge moyen de maternité pour l'année considérée.

Enfin, le solde migratoire (la différence entre le nombre d'immigrants et celui d'émigrants) est ajouté à cette projection par âge et par sexe.

Les indicateurs initiaux sont de 1.79 pour l'indice conjoncturel de fécondité, de 29.3 ans pour l'âge moyen à la maternité, le solde migratoire est de 44 000 personnes par an. Enfin, l'espérance de vie est de 75.2 ans pour les hommes et de 82.7 ans pour les femmes. Les valeurs de ces indicateurs retenues pour les projections sont de 1.8 pour l'indice conjoncturels de fécondité, de 50 000 pour le solde migratoire annuel et l'espérance de vie est fixée respectivement à 84.3 et 91 ans pour les hommes et les femmes à l'horizon 2050.

Les espérances de vie, respectivement des hommes et des femmes, sont supposées converger entre 2000 et 2050, via une loi exponentielle, vers les valeurs finales. Concernant l'âge moyen à la maternité et l'indice conjoncturel de fécondité, la convergence se fait entre 2000 et 2005. Pour le solde migratoire, la convergence s'opère plus lentement entre 2000 et 2010. Les principaux résultats de cette projection sont reportés dans le tableau 1.

TAB. 1 – *Projection de population totale (France Métropolitaine)*

Population totale en niveau (milliers d'individus)						
	2000	2005	2010	2020	2040	2050
	58739	59958	60989	62574	64099	63980
Proportions en pourcentage de la population totale						
moins de 20 ans	25.6	24.6	23.7	22.5	20.7	20.2
20 à 60 ans	53.8	54.5	53.4	50.6	46.5	45.3
20 à 65 ans	58.4	58.9	59.5	56.9	52.2	51.3
60 ans et plus	20.6	20.9	22.9	26.9	32.8	34.6
65 ans et plus	16.	16.5	16.7	20.5	27.1	28.6
80 ans et plus	3.6	4.5	5.2	5.8	9.6	11.4
Ratios de dépendance démographique (en pourcentage)						
$\frac{\text{plus de 60 ans}}{\text{20 à 60 ans}}$	38.3	38.4	42.9	53.2	70.5	76.4
$\frac{\text{plus de 65 ans}}{\text{20 à 65 ans}}$	27.4	28.	28.1	36.1	51.9	55.7

*Source* : Bac et Chateau (2003).

Les chiffres obtenus sont très proches de ceux issus de la projection centrale de l'INSEE (Brutel 2002) puisque reposant sur les mêmes hypothèses de projection. La diminution du nombre de personnes en âge de travailler se situe aux alentours de l'année 2010, un peu avant si on considère les 20-59 ans, un peu après si on considère les 20-64 ans. Dans le même temps, la population âgée représente une part plus importante de la population : 29% pour les 65 ans et plus en 2050 contre 16% en 2000, et ce en raison de l'arrivée aux âges élevés des générations du *baby boom* et de l'augmentation soutenue de l'espérance de vie. Ce phénomène conduit à une nette dégradation du ratio entre population âgée et population en âge de travailler. Quelles que soient les classes d'âges retenues pour le calcul de cet indicateur, dans les deux dernières lignes du tableau, le

ratio en question double sur la période 2000–2050.

## 2.2. La population active et sa structure

Pour notre exercice, il nous faut distinguer les populations de chaque catégorie professionnelle : cadres, non cadres et fonctionnaires.  $\text{rap}(t, g, s, c)$  est la part de la catégorie  $(g, s, c)$  dans la population totale en âge de travailler (définie dans le modèle comme la population âgée de 16 à 75 ans) l'année  $t$ . De fait, notre travail reprend l'approximation, dont la pertinence pour notre propos est commentée par Malabouche (1987), que les agents des catégories  $(g, s, c)$  sont représentés, à chaque date, par un individu représentatif. Ce dernier est ainsi à un même instant employé–chômeur–inactif (touchant un revenu social ou pas selon son âge). La taille  $N(t, g, s, c)$  de la population du type  $(g, s, c)$  à la date  $t$  est donc donnée par :

$$N(t, g, s, c) = \text{rap}(t, g, s, c) \cdot N(t, g, s) \quad \text{pour } 16 \leq a(t, g) \quad (1)$$

### 2.2.1. Répartition en trois catégories professionnelles

En affectant des parts de population et des taux d'activité par catégorie socio professionnelle, l'objectif est de reproduire les principales caractéristiques de la population active passée et actuelle.

Nous avons ainsi cherché à reproduire les faits suivants : une proportion de 21% de cadres dans l'emploi privé total, en 2000<sup>3</sup> ; une hausse progressive du taux d'encadrement au sein de l'emploi total du secteur privé, rapide entre 1950 et 1993 puis plus lente depuis 1993, soit une hausse de 12.1% en 1971 à 21% en 2000 puis 25 % en 2040<sup>4</sup> ; une proportion croissante de femmes dans la population des cadres atteignant 30% en 2001 (Chiffre Agirc mais aussi Ircantec); des recrutements massifs de fonctionnaires entre 1975 et 1985 puis une stabilisation voire une légère régression par la suite des embauches de fonctionnaires (Marchand, Massal et Raynaud 2002) ; en 2000, les fonctionnaires titulaires représentent 15.6% de l'emploi total, et 56.2% d'entre eux sont des femmes<sup>5</sup>.

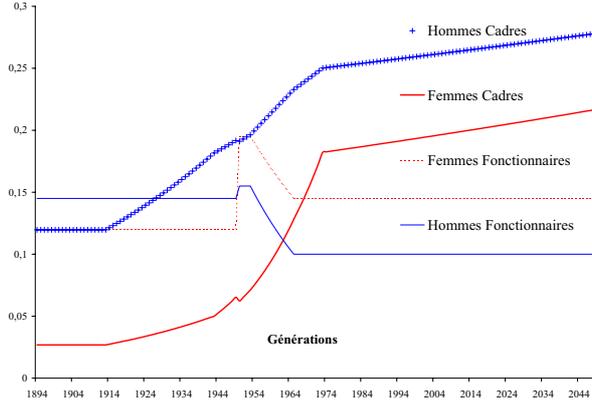
De fait, et sans entrer dans le détail, il faut préciser que c'est bien par générations que le taux d'encadrement augmente comme l'indique la figure 1 et non pas de façon uniforme sur l'ensemble de la population.

3. Ce chiffre est basé sur la proportion de cotisants à l'AGIRC auxquels on rajoute les cotisants aux tranches supérieures d'autres régimes en points (Ircantec, . . .) tels qu'ils ressortent de l'enquête EIR (échantillon interrégimes des retraités) (voir aussi Mesnard (2001a) pour une synthèse de ces informations).

4. Cette tendance et cette hypothèse prospective sont calées sur les données présentées dans les travaux effectués par l'AGIRC à l'occasion du rapport Charpin (1999). Ici cette part est partiellement endogène puisque fonction du taux de chômage mais aussi encadrée par les hypothèses faites en matière d'activité ; plutôt que de chercher à reproduire dans tous les scénarios une telle évolution on cherchera à reproduire ce niveau de 25% en 2040 uniquement dans le scénario central en économie ouverte. On conservera cette évolution de la part des cadres dans la population active pour les autres scénarios.

5. Ces chiffres sont obtenus sur la base des données du rapport Ministère de la Fonction Publique (2002) sur la situation de la fonction publique au 31/12/1999. Seule la fonction publique (FP) totale (FP d'Etat, FP territoriale, FP hospitalière ainsi que la poste) des titulaires est ici prise en compte, la proportion de femmes est calculée sous l'hypothèse que le taux de titularisation est le même pour les femmes et les hommes.

FIG. 1 – *Proportion de fonctionnaires et de cadres par génération et par sexe (en % du total de la catégorie)*



Sources : Hypothèses des Auteurs.

### 2.2.2. Activité

Nous définissons  $\theta_{act}(t, g, s, c)$  comme le taux d'activité de la population du type  $(g, s, c)$  à la date  $t$ . La taille de la population active du type  $(g, s, c)$  à la date  $t$   $N_{act}(t, g, s, c)$  est donnée par :

$$N_{act}(t, g, s, c) = N(t, g, s, c) \theta_{act}(t, g, s, c) \quad (2)$$

Soit  $D_2(g, s, c)$ , la durée moyenne d'éducation des  $(g, s, c)$  et  $D(g, s, c)$ , la durée moyenne de la carrière professionnelle, alors  $D_2(g, s, c) + D(g, s, c)$  est définie comme l'âge moyen de départ à la retraite. Concernant l'entrée et la sortie sur le marché du travail on effectue certaines hypothèses supplémentaires :

(i) personne ne travaille avant 16 ans ni au-delà de 75 ans, soit formellement :

$$\forall c : \theta_{act}(t, g, s, c) = 0 \quad \text{pour} \begin{cases} a(t, g) < 16 \\ a(t, g) > 75 \end{cases}$$

(ii) aucun fonctionnaire ne travaille, respectivement avant la fin de la durée moyenne d'éducation  $D_2(g, s, c)$  et au-delà de l'âge moyen de cessation d'activité  $D_2(g, s, c) + D(g, s, c)$  (où  $D(g, s, c)$  est la durée moyenne de la carrière) de cette classe (les définitions de ces deux âges extrêmes et le détail de leur calculs par classe d'individu sont reportés en Annexe), entre ces deux âges le taux d'activité est fixé à un, soit formellement :

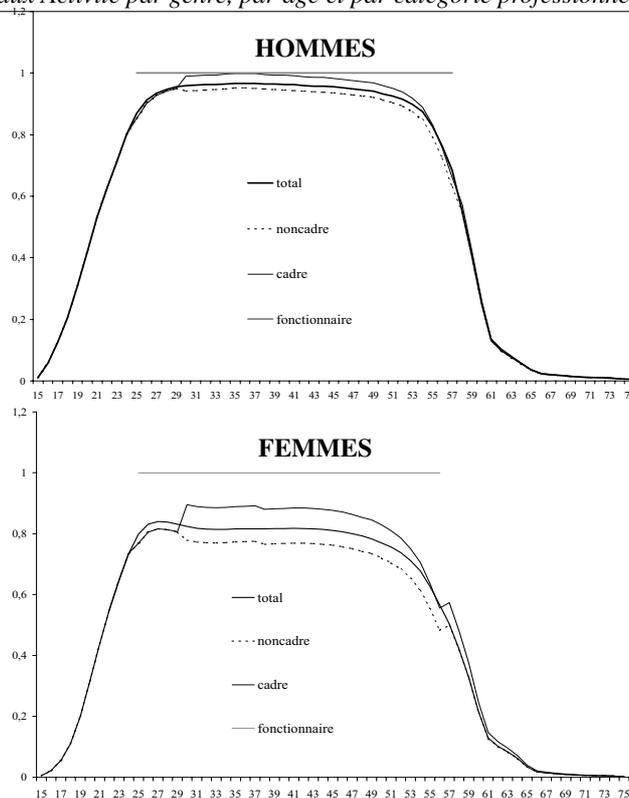
$$\theta_{act}(t, g, s, f^n) = 0 \quad \text{pour} \begin{cases} a(t, g) < D_2(g, s, f^n) \\ a(t, g) \geq D_2(g, s, f^n) + D(g, s, f^n) \end{cases}$$

$$\theta_{\text{act}}(t, g, s, f) = 1 \quad \text{pour} \quad D_2(g, s, f) \leq a(t, g) < D_2(g, s, f) + D(g, s, f)$$

(iii) avant l'âge moyen de durée d'étude calculé sur l'ensemble des individus  $\bar{D}_2(g, s)$  seuls sont actifs les non cadres ; au delà de cet âge les cadres entrent sur le marché du travail soit  $\theta_{\text{act}}(t, g, s, c) = 0$  pour  $a(t, g) < \bar{D}_2(g, s)$ .

(iv) Pour l'étalonnage du modèle, nous avons en outre effectué une série d'hypothèses spécifiques afin de rendre compte des faits stylisés suivants : le taux d'activité des cadres est plus élevé que celui des non cadres ; cet effet étant renforcé en période de fin d'activité ; et ce notamment pour les femmes (Fournier et Givord 2001). Les graphiques 2 illustrent l'ensemble des hypothèses faites en matière de participation au marché du travail pour chaque catégorie professionnelle.

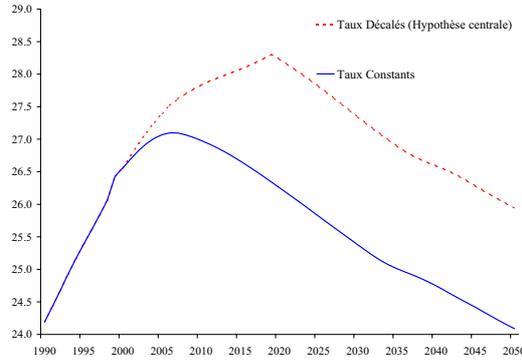
FIG. 2 – Taux Activité par genre, par âge et par catégorie professionnelle en 1999



Sources : Étalonnage des auteurs et taux moyens du recensement 1999 de l'INSEE.

A chaque date, les taux d'activité des deux catégories de salariés du secteur privé sont ajustés afin qu'au niveau agrégé on reproduise bien, sachant les parts "rap", les taux moyens d'activité historiques (repris des recensements effectués par l'INSEE entre 1968 et 1999) et projetés par génération et par genre. Les projections retenues ici sont

FIG. 3 – Projections de population active (en millions d'individus)



Sources : Calculs des Auteurs et données historiques de l'INSEE

extrêmement conservatrices au sens où nous étudierons seulement deux cas : soit les comportements d'activité demeureront inchangés entre 2000 et 2050, soit nous décalerons de trois ans les taux d'activité entre 45 et 65 ans sur la période 2000-2040, les taux aux autres âges restant inchangés<sup>6</sup>.

### 2.2.3. Retraités et "Pré-retraités"

Dans le modèle on définira les retraités  $N_{ret}(t, g, s, c)$  comme l'ensemble des individus touchant une pension de retraite. Autrement dit, tous les individus d'un âge supérieur à 75 ans et tous les individus de chaque classe qui sont inactifs au-delà de leur âge moyen de cessation d'activité.

Cependant dans la réalité de nombreuses pensions de retraite mais aussi de nombreuses autres allocations visant à rétribuer la cessation anticipée d'activité (pré-retraite, chômeurs DRE, ...) sont effectivement versées. Nous avons donc supposé que certains individus passaient entre l'activité et la retraite par une phase de pré-retraite. Nous avons ainsi supposé qu'à partir de 56 ans et jusqu'à l'âge moyen de cessation d'activité de la classe de l'individu correspondant, toute réduction de l'activité d'une génération entre deux dates successives correspond à de la pré-retraite :

$$N_{pre}(t, g, s, c) = \sum_{56 < a(t, g) < D + D_2} (N_{act}(t - 1, g, s, c) - N_{act}(t, g, s, c)) \text{ pour } c \neq "F" \quad (3)$$

Cette loi d'évolution quoique totalement *ad hoc* a le mérite de reproduire un nombre correct de pré-retraités en 2000. La raison principale est que le phénomène de vases

6. Le décalage de trois ans des taux d'activité signifie par exemple que le taux d'activité des hommes de 50 ans en 2040 est égal au taux d'activité des hommes de 47 ans en 2000.

communicants entre la baisse de l'activité des seniors et la hausse des pré-retraites en France a joué à plein sur la période 1970-1988 (Fournier et Givord 2001) ce qui tend à conforter l'existence de la loi précédente.

La répartition du stock actuel de retraités a été évaluée en s'appuyant sur différentes sources. A partir des données de l'échantillon inter régimes des retraités (IER) publiées en 2001 par la Drees, nous avons déterminé la répartition des retraités en fonctionnaires, cadres et non cadres. Nous avons évalué la répartition des cadres retraités entre hommes et femmes sur la base des données de l'AGIRC. Une partie des cotisants à l'IRCANTEC est rattachée au groupe "cadre". Sur la base de ces données nous avons alors ajusté les proportions de retraités calculées par notre modèle en 2000 qui découlaient des hypothèses précédentes. Ceci revient à supposer une mortalité différente des individus selon la catégorie professionnelle. Nous avons de plus supposé que ces écarts d'espérance de vie perdureraient dans l'avenir. L'ensemble de ces hypothèses nous permettent d'obtenir par simulation les chiffres suivants :

- 11.85 millions de retraités en 2000 ce qui est très proche du chiffre de 12.1 calculé par Mesnard (2001a) ; la différence s'explique par le fait que nos durées de carrière sont arrondies à l'entier supérieur,
- 526 000 pré-retraités, ce qui correspond là aussi bien aux chiffres usuels au cours de la décennie 90 (Fournier et Givord 2001),
- 15% des retraités sont des fonctionnaires (Cour des comptes 2003).
- 10.1% de l'ensemble des retraités sont des anciens cadres (Mesnard 2001a) et 20% des cadres retraités du secteur privé sont des femmes en 2000 (Agirc).

Pour déterminer la pension des individus qui liquident ou vont liquider leur pension dans les années à venir, il est nécessaire de reconstituer leur carrière. La structure par âges des taux d'activité par sexe au sens du recensement de 1968 à 1999 nous a permis de reconstruire, de façon approximative des carrières.

En gardant les taux d'activité de 1999 ainsi qu'en supposant constante la durée de la carrière professionnelle, la population active croît jusqu'en 2008 pour atteindre 27.1 millions puis décroît ensuite lentement pour atteindre 24.7 millions en 2040, ce qui n'est pas très éloigné des projections réalisées par l'INSEE (Nauze-Fichet 2002).

Le ratio de support, calculé comme le rapport de la population active sur la population retraitée montre une nette dégradation, même sous l'hypothèse d'une forte augmentation des taux d'activité des travailleurs âgés (tableau n°2). On passe en effet d'une situation d'un peu plus de 2 actifs pour 1 retraité en 2000 à un peu plus d'un actif pour un retraité en 2050.

Nous avons aussi réalisé une projection de population active très optimiste, dans laquelle : (1.) les taux d'activité sont décalés de trois ans (2.) les durées de carrières s'allongent (suivant les figures 9 reportées en annexe) et ce afin de tenir compte, d'une part, de l'augmentation tendancielle des taux d'activité féminine, et d'autre part, d'une réaction probable du comportement des agents aux allongements programmés des durées de cotisation nécessaire pour avoir le taux plein.

Dans le scénario de population active avec taux d'activité décalé la population active croît alors jusqu'en 2019 où elle atteint un maximum de 28.3 millions puis elle diminue pour atteindre 26.6 millions en 2040.

TAB. 2 – Evolution du Ratio de support\* selon l'hypothèse d'activité

Scénario	2000	2001	2020	2050	2040	2050
Taux d'activité constants	2.16	1.88	1.52	1.27	1.15	1.08
Taux d'activité décalés	2.16	2.04	1.79	1.47	1.31	1.24

\* Le ratio de support économique est défini ici comme le rapport des actifs à la somme des retraités et des pré-retraités.

Source : Calculs des auteurs.

### 3. LE CADRE MACROÉCONOMIQUE

#### 3.1. Le secteur productif

Le secteur productif est composé d'une entreprise représentative supposée agir de façon parfaitement concurrentielle. Elle produit un bien unique qui servira de support, soit à la consommation, soit à l'accumulation de capital physique. Ce bien est pris comme numéraire de l'économie, sans perte de généralité, on normalisera à chaque date son prix à un (i.e. on raisonne ici dans un cadre strictement réel). La production  $Y_t$  au cours de la période  $t$ , s'effectue au moyen d'une combinaison de capital physique installé  $K_{t-1}$  à la date  $t$  et des services du facteur travail  $N_t$ , suivant une forme fonctionnelle standard<sup>7</sup> :

$$Y_t = K_{t-1}^\alpha (\Gamma_t N_t)^{1-\alpha} \quad (4)$$

Le niveau  $\Gamma_t$  des "connaissances dans l'économie" *neutre au sens de Harrod* est supposé croître au taux exogène  $\gamma^\Gamma(t)$ . A partir de l'année 2005 celui-ci est fixé à un taux constant de 1.6% par an, et ce conformément aux estimations sur séries longues. Ceci implique une croissance du salaire superbrut à long terme en termes réels identique à celle retenues dans Bardaji, Sédillot et Walraet (2003) ainsi qu'à celle des scénarios macro-économiques des rapport du COR (2001) et du CGP(1999). Entre 2000 et 2004, en revanche, ce paramètre est ajusté de façon à reproduire les taux de croissance effectifs de l'économie Française sur la période 2000-2003<sup>8</sup>.

En faisant abstraction des impôts sur le bénéfice des sociétés, l'EBE de l'entreprise n'est rien d'autre que la différence entre la valeur ajoutée  $Y$  et la masse salariale super brute pour l'entreprise :  $w_t N_t$ , avec  $w_t$  le coût unitaire super brut du travail par unité de travail efficace. Notons  $\delta$  le taux de dépréciation, supposé constant et exogène du stock de capital, l'investissement au cours de la période est défini (pour  $t > 0$ ) par la loi d'évolution standard :  $I_t = K_t - (1 - \delta)K_{t-1}$ .

7. De fait, le choix d'une fonction à élasticité de substitution entre les facteurs unitaire n'est pas tout à fait anodin et permet d'éliminer certaines influences indirectes des facteurs de production sur le niveau de chômage d'équilibre.

8. L'ensemble de la procédure d'étalonnage repose sur l'utilisation des Comptes de la Nation de l'INSEE en Base SECN-95. Les valeurs sont exprimées en euros constants de 2000.

Pour simplifier le problème, on suppose ici que ce sont les ménages qui accumulent le capital physique et le louent à chaque date aux entreprises au coût  $r_t + \delta$ , avec  $r_t$  le taux d'intérêt net de l'amortissement. L'entreprise cherche, à chaque date, la combinaison de facteur  $(K_t, N_t)$  qui maximise son profit instantané :  $EBE_t - (r_{t+1} + \delta)K_t$ , ce qui donne, en univers concurrentiel, les conditions standards d'égalisation des coûts des facteurs à leurs productivités marginales :

$$\frac{\partial Y_t}{\partial K_{t-1}} = r_t + \delta \quad (5)$$

$$\frac{\partial Y_t}{\partial N_t} = w_t^s \quad (6)$$

Soulignons qu'ici les cotisations sociales à la charge des employeurs ne sont pas spécifiées, nous supposons que l'ensemble des cotisations retraite sont versées par les salariés, tandis que les autres pans de la protection sociale ne sont pas directement explicités<sup>9</sup>.

Le paramètre  $\alpha$  de la fonction de production est supposé constant et fixé à 38%. Nous posons  $\delta = 5.5\%$  par an, et ce afin de reproduire, sachant les autres équations et paramètres du modèle, une part de l'investissement dans le PIB égale à 30 % ainsi qu'un taux d'intérêt net  $r = 3.5\%$  en 2000, chiffres qui correspondent aux valeurs de long terme de d'Autume et Quinet (2001).

### 3.2. Salaire et Chômage d'équilibre

Suivant d'Autume et Quinet (2001) on adopte une approche WS-PS pour déterminer les niveaux de salaires réels et de chômage d'équilibre au niveau agrégé. On suppose qu'il existe des négociations salariales entre l'entreprise et un syndicat (représentant les intérêts des salariés) qui conduisent à un salaire réel net de cotisations-retraite fixé par application d'un taux de marge au niveau réel des indemnités chômage (voir Cahuc et Zylberberg (1996) pour une formalisation rigoureuse de ce type de modèle). Sans modéliser ces dernières explicitement on suppose simplement que les revendications des salariés visent à appliquer une marge sur un salaire de réserve qui croît au même rythme que  $\Gamma_t$  (afin de garantir à long terme l'existence d'un taux de chômage structurel). Cette marge est, en outre, supposée décroître avec le niveau du taux de chômage moyen dans l'économie, traduisant de ce fait une érosion du pouvoir de négociation effectif des syndicats en cas de pénurie de demande de travail :

$$\log(w_t)^d = (1 - \gamma) \cdot \log(w_{t-1}) + \gamma \cdot \left[ a_U \cdot \bar{\theta}_{\text{cho}}(t) + \log \left( \frac{\Gamma_t}{a_\tau (1 - \bar{\tau}_{t-1})} \right) + \Lambda(t) \right] \quad (7)$$

9. Le salaire net de cotisation retraite dans notre modèle ne correspondra donc pas au salaire net des ménages tel qu'il est habituellement calculé par l'INSEE mais à un salaire super brut net de la totalité des seules cotisations retraite.

où  $\bar{\theta}_{\text{cho}}(t)$  est le taux de chômage moyen dans l'économie,  $\bar{\tau}_t$  est un taux de cotisation retraite moyen<sup>10</sup> exprimant un coin social agrégé défini par l'égalité :  $\bar{\tau}_t \cdot w_t N_t = \text{Dépenses de Retraites}_t$ , qui serait vérifiée en l'absence de recours à l'endettement du régime de retraite.

$\Lambda(t)$  est un paramètre d'ajustement étalonné, durant la phase de transition, de façon à reproduire notamment les taux de chômage historiques sur la période 2000-2003 ainsi qu'à assurer une convergence d'ici à 2015 du taux de chômage effectif vers un taux de chômage d'équilibre de long terme de 6% (Hypothèse reprise de Bardaji et al. (2003) et correspondant aussi au scénario central du rapport Charpin (1999) et au scénario "gris" du rapport du COR (2001)).

$a_U$  est l'élasticité de long terme du salaire réel super brut au taux de chômage. Dans la simulation de base on posera  $a_U = -1$  ce qui revient à supposer une élasticité de long-terme du coût du travail au taux d'emploi de 1, soit une valeur légèrement plus faible que les 1.2 retenus par (d'Autume et Quinet 2001).  $a_\tau$  est l'élasticité au coin fiscal, dans ce document nous avons choisi de poser  $a_\tau(1 - \bar{\tau}_{t-1}) = 1$  afin de bloquer le mécanisme de coin fiscal tant ce dernier canal demeure sujet à caution du point de vue empirique. Le taux  $\bar{\theta}_{\text{cho}}$  de chômage moyen courant et passé que l'on reproduit dans le modèle est celui issu des données de l'OCDE.

### 3.3. Les individus

#### 3.3.1. Profils de chômage et de salaire des actifs

A chaque date, l'individu actif, représentatif de la classe (g,s,c), reçoit le revenu salarial moyen  $w_{rep}(t,g,s,c)$  défini comme :  $w_{rep}(t,g,s,c) = w(t,g,s,c) \cdot (1 - \theta_{\text{cho}}(t,g,s,c)) \cdot \theta_{\text{act}}(t,g,s,c)$  avec  $\theta_{\text{cho}}(t,g,s,c)$  le taux de chômage de cet individu moyen et  $w(t,g,s,c)$  le taux de salaire super brut. Cet individu "moyen" cotise aux différentes caisses selon sa catégorie professionnelle.

Les taux de chômage observés dépendent fortement de l'âge, du sexe et de la catégorie professionnelle des individus considérés. Nous définissons des profils exogènes de chômage  $\text{profil}_{\text{cho}}(t,g,s,c)$  qui varient selon l'âge, le sexe et la catégorie socio-professionnelle suivant le schéma suivant :

$$\text{profil}_{\text{cho}}(t,g,s,c) = a_{\text{cho}}(a(t,g)) \cdot b_{\text{cho}}(s,c) \quad (8)$$

avec  $a_{\text{cho}}(a(t,g))$  les taux de chômage relatifs par âge repris des données du recensement 1999 de la population de l'Insee et  $b_{\text{cho}}(s,c)$  les taux de chômage relatifs par genre et par CSP. A chaque période les taux de chômage effectifs  $\theta_{\text{cho}}(t,g,s,c)$  sont donc donnés par les expressions suivantes :

$$\theta_{\text{cho}}(t,g,s,c) = \text{aj}_{\text{cho}}(t) \cdot \bar{\theta}_{\text{cho}}(t) \cdot \text{profil}_{\text{cho}}(t,g,s,c) \quad \forall (t,g,s,c) \quad (9)$$

---

<sup>10</sup> En toute rigueur ce devrait être le taux courant  $\bar{\tau}_t$  qui devrait apparaître dans l'équation (7) et non le taux retardé d'une période, cependant afin de ne pas trop introduire d'interdépendance entre les équations simultanées du modèles nous avons sans perte de généralité opté pour la seconde spécification.

$$\bar{\theta}_{\text{cho}}(t) = \sum_{g,s,c} \theta_{\text{cho}}(t,g,s,c) \cdot \frac{N_{\text{Act}}(t,g,s,c)}{N_{\text{act}}(t)} \quad \forall t \quad (10)$$

La seconde égalité permet de déterminer, à chaque date, l'ajustement uniforme  $aj_{\text{cho}}(t)$  des taux effectifs afin d'assurer que le que le taux de chômage moyen résultant de la confrontation des courbes WS et PS soit bien égal la moyenne pondérée des taux de chômage des diverses catégories de population active.

Le profil de salaire est donné par le produit de la prime à l'ancienneté (à ce stade, il n'y a pas de profil de productivité par âge) par la prime à la qualification.  $a_W(a(t,g))$  peut être interprété comme une prime à l'ancienneté puisqu'il sera ici croissant avec l'âge. L'étude de Crépon, Deniau et Pérez-Duarte (2002) montre que cette prime dépend aussi du sexe et de la CSP des individus : la pente des salaires étant plus marquée, toutes autres choses égales par ailleurs, chez les hommes que chez les femmes. De fait plutôt que de croiser ces informations par genre, CSP et age, nous avons préféré combiner prime par âge et prime à la qualification selon le sexe  $b_W(s,c)$ , les profils exogènes de salaires  $\text{profil}_W(t,g,s,c)$  sont alors défini par :

$$\text{profil}_W(t,g,s,c) = a_W(t,g) \cdot b_W(s,c) \quad (11)$$

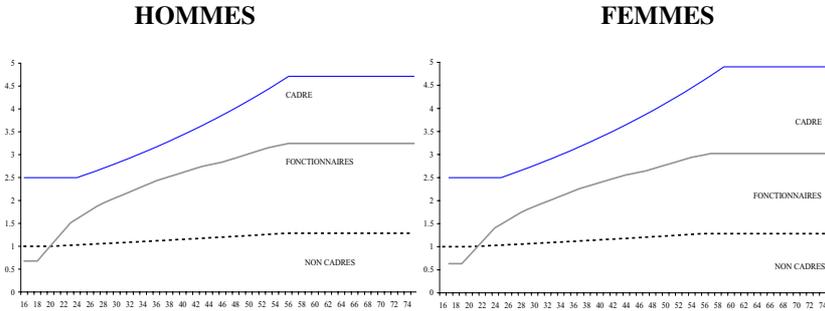
Comme pour le chômage, les taux de salaire effectifs  $w(t,g,s,c)$  sont donnés par les expressions suivantes :

$$w(t,g,s,c) = aj_w(t) \cdot w(t) \cdot \text{profil}_W(t,g,s,c) \quad \forall (t,g,s,c) \quad (12)$$

$$w(t) = \frac{\sum_{(g,s,c)} w(t,g,s,c)(1 - \theta_{\text{cho}}(t,g,s,c)) \cdot N_{Ac}(t,g,s,c)}{\sum_{(g,s,c)} (1 - \theta_{\text{cho}}(t,g,s,c)) \cdot N_{Ac}(t,g,s,c)} \quad (13)$$

(13) détermine, à chaque date, l'ajustement uniforme  $aj_w(t)$  des taux de salaire effectifs, afin d'assurer que le taux de salaire moyen de l'économie soit égal à la moyenne pondérée des taux de salaires des diverses catégories de population active.

FIG. 4 – Profils de carrière ( $\text{profil}_W(t,g,s,c)$ )



Sources : Étalonnage des Auteurs

La détermination des profils de carrière en fonction de l'âge, du sexe et du statut est stylisée en s'appuyant sur les statistiques de l'INSEE (séries longues sur les salaires) et sur les travaux de Caussat (1996), qui utilise les séries DADS. Il convient de rappeler que ces profils exogènes de capital humain reportés dans la figure 4 ne correspondent aux profils de salaire présentés par exemple par L. Caussat, ce dernier présente de fait le profil d'individu continuellement présents dans l'échantillon DADS, ce qui *grosso modo* revient à représenter  $w(t,g,s,c)(1 - \theta_{\text{cho}}(t,g,s,c)) \cdot \theta_{Ac}(t,g,s,c)$ . Ainsi corrigé par le chômage et l'activité les revenus salariaux issus du modèle reproduisent ainsi par exemple les caractéristiques suivantes reprises de Caussat (1996) : salaire brut des hommes supérieur à ceux des femmes, prime à l'ancienneté plus marquée chez les hommes cadres que chez leur homologue féminin, écart de rémunération cadre / non cadre moins marqué chez les femmes.

### 3.3.2. Les revenus

A chaque période le revenu d'un individu est constitué, d'une part, de ses revenus financiers qui sont égaux au produit de la richesse financière  $A(t-1,g,s,c)$  que l'individu a accumulée jusqu'à la période précédente et du taux  $r(t)$  de rendement de ces actifs et d'autre part de ses revenus assis sur la rémunération du travail.

Jusqu'à un âge minimum de  $r^a$ , à partir duquel l'individu peut obtenir des revenus de "pré-retraites", l'individu représentatif ne touche que son revenu salarial moyen  $w_{rep}(t,g,s,c)$ ; entre l'âge  $r^a$  et l'âge moyen de cessation d'activité l'individu moyen touche son revenu  $w_{rep}(t,g,s,c)$  ainsi qu'un revenu de remplacement de "pré-retraite" associé à la proportion de son temps considéré comme de la "cessation anticipée d'activité" (dans la réalité ces deux types de revenu sont souvent exclusifs l'un de l'autre au niveau individuel, cependant avec un agent représentatif on suppose qu'il perçoit un peu des deux); entre l'âge moyen de cessation d'activité et 75 ans l'individu moyen perçoit pour partie des revenus salariaux et pour partie une pension de retraite; enfin au-delà de 75 ans il ne touche plus que de sa pension  $P(t,g,s,c,caisse)$ .

Le revenu salarial moyen est assujéti à différents taux de cotisation retraite :  $\tau$ ("rb") est le taux de cotisation au régime de base,  $\tau_{ap}(c)$  est le taux d'appel identique pour les deux régimes complémentaires,  $\tau_1(c)$  et  $\tau_2(c)$  les taux de cotisation aux régimes complémentaires, enfin  $cet(c,caisse)$   $cet(c,caisse)$  sont des taux de contribution exceptionnelle qui sont fixés suivant la législation en vigueur (soit  $cet(c,"rc") = 0.16$  et  $cet("ca","rc") = 0.0035$  à partir de 2001) et ne donnant pas de droits à des pensions. Au total, le revenu d'origine salaire net de cotisations retraite  $Y(t,g,s,c)$  des agents dans cette maquette prend les formes suivantes à chaque date  $t$ ,

**Non-fonctionnaires :** (pour plus de lisibilité on omet par la suite de mentionner les indices (t,g,s,c) des expressions lorsque ceux-ci sont évidents)

$Y(g,s,c)$

$$\begin{aligned}
 &= [1 - \sum_{caisse} cet(c,caisse)]w_{rep} - [\tau("rb") + \tau_{ap}(c)\tau_1(c)] Min(w_{rep},w_{ss}) \\
 &- \tau_{ap}(c)\tau_2(c)Max(0,w_{rep}) \quad \text{pour } a(g) < \underline{r}^a \\
 &= [1 - \sum_{caisse} cet(c,caisse) + \pi_{pr}n_{pre}]w_{rep} - [\tau("rb") + \tau_{ap}(c)\tau_1(c)]Min(w_{rep},w_{ss}) \\
 &- \tau_{ap}(c)\tau_2(c)Max(0,w_{rep} - w_{ss}) \quad \text{pour } \underline{r}^a \leq a(g) < D_2(g,s,c) + D(g,s,c) \\
 &= n_{ret}(t,g,s,c) \cdot (P(g,s,c,"rb") + P(g,s,c,"rc")) + [1 - \sum_{caisse} cet(c,caisse)]w_{rep} \\
 &- \{[\tau(rb) + \tau_{ap}(c)\tau_1(c)]Min(w_{rep},w_{ss}) + \tau_{ap}(c)\tau_2(c)Max(0,w_{rep} - w_{ss})\} \\
 &\quad \text{pour } D_2(g,s,c) + D(g,s,c) \leq a(g) < 75 \\
 &= P(g,s,c,"rb") + P(g,s,c,"rc") \quad \text{pour } 75 \leq a(g)
 \end{aligned}$$

avec  $w_{ss}(t)$  le plafond de la sécurité sociale,  $n_{ret}(t,g,s,c) = \frac{N_{ret}(t,g,s,c)}{N(t,g,s,c)}$  et  $n_{pre}(t,g,s,c) = \frac{N_{pre}(t,g,s,c)}{N(t,g,s,c)}$  les proportions de retraités et de pré-retraités dans une catégorie. Pour étalonner le modèle nous avons calculé des valeurs  $\pi_{pr}(t,s,c)$  pour les ratios de remplacement du salaire par les pensions de pré-retraites à partir de ceux recensés dans l'étude de Colin, Iéhlé et Mahieu (2000).

**Fonctionnaires :**

$$Y(g,s,"F") = \begin{cases} [1 - \tau("rF")] \cdot w_{rep}(g,s,"F") & \text{pour } a(g) < D_2(g,s,"F") + D(g,s,"F") \\ P(g,s,"F") & \text{pour } a(g) \geq D_2(g,s,"F") + D(g,s,"F") \end{cases}$$

### 3.3.3. Comportement de consommation et d'épargne

Dans l'esprit du modèle de Solow (1956) on retient une formulation des choix d'épargne où la consommation courante, notée  $c(t,g,s,c)$ , dépend du revenu disponible net courant mais aussi, suivant d'Autume et Quinet (2001), de la richesse,  $A(t-1,g,s,c)$ , accumulée au début de la période, soit pour tout individu tel que  $a(t,c) \geq 16$  :

$$c(t,g,s,c) = (1 - s(t,g)) \cdot (1 - \tilde{\tau}(t))[r(t)A(t-1,g,s,c) + Y(t,g,s,c)] + c_A A(t-1,g,s,c) \quad (14)$$

avec  $s(t,g)$  la propension exogène à épargner le revenu disponible net, indépendante de la catégorie professionnelle,  $c_A$  la propension exogène à consommer la richesse accumulée et  $\tilde{\tau}$  un taux proportionnel uniforme de taxe sur le revenu, visant à financer les pré-retraites et une partie des pensions retraites des fonctionnaires. Les comportements d'épargne et de consommation diffèrent donc suivant les phases du cycle de

vie.  $s(t,g)$  et  $c_A(t)$  sont fixés, lors de la phase d'étalonnage, de façon à reproduire un profil d'accumulation de richesse au cours du cycle de vie conforme à l'observation. Pour simplifier nous avons supposé que le taux d'épargne par âge ne prend que deux valeurs, selon que l'individu soit retraité ou pas. Suivant l'étude de Loisy (1999) nous avons en outre supposé que le taux d'épargne des retraités est deux fois moins élevé que celui des actifs.

La raison principale qui nous a poussé à retenir une forme fonctionnelle de la consommation fonction de la richesse accumulée par les agents est qu'une telle forme permet de reproduire un profil d'accumulation de richesse décroissant à partir d'un certain âge et ce sans supposer des taux  $s(t,g)$  négatifs aux âges élevés, qui sembleraient contre-factuels.

La contrainte budgétaire instantanée des ménages prend la forme usuelle suivante (avec  $A(t-1,g,s,c) = 0$  pour  $a(t,c) = 16$ ) :

$$A(t,g,s,c) + c(t,g,s,c) \cdot (1 + \text{cout}(t,g,s,c)) = [1 + (1 - \bar{\tau}(t))r(t)]A(t-1,g,s,c) + (1 - \bar{\tau}(t))Y(t,g,s,c) + h(t,g,s,c) \quad (15)$$

où  $h(t,g,s,c)$  est l'héritage reçu par l'agent (voir plus loin). La variable  $\text{cout}(t,g,s,c)$  exprime l'équivalent en termes de consommation d'un individu adulte et autonome de la consommation des enfants à charge des adultes. Pour simplifier on supposera ici : (1.) que ce coût relatif est uniforme pour l'ensemble des individus âgés de 29 à 65 ans (on suppose implicitement que les autres individus ne prennent pas en charge le coût d'éducation des enfants); (2.) que la catégorie des "enfants" est constituée de l'ensemble des individus inactifs et d'âge inférieur à l'âge moyen de fin d'étude. Ce coût relatif est alors calculé suivant la formule (16) suivante :

$$\text{cout}(t,g,s,c) = \frac{\sum_{a(t,g) < \bar{D}_2} \beta(a(t,g)) \cdot N \cdot (1 - \theta_{\text{act}})}{\sum_{29 \leq a(t,g) < 65} N} \quad (16)$$

où  $\beta(a(t,g))$  est le coût relatif par âge d'un enfant additionnel en termes de consommation d'un adulte repris du travail de Hourriez et Olier (1997). Conformément à cette dernière étude le coût moyen d'un enfant varie suivant son âge.

A chaque date des individus meurent, il nous faut alors préciser ce qu'il advient de la richesse qu'ils avaient précédemment accumulée<sup>11</sup>. Plusieurs solutions, pour modéliser ces transferts intergénérationnels, sont envisagées dans la littérature. Ainsi, l'épargne des ménages peut être supposée être placée dans des actifs contenant implicitement une assurance viagère, dans ce cas la richesse des disparus sera supposée être redistribuée aux membres survivants de la génération. Dans les faits les rentes viagères sont

---

11. Une autre alternative serait de supposer à l'instar de Blanchet (1992), que l'épargne des individus est entièrement constituée pour un motif de cycle de vie et que le montant global de cette "épargne-retraite" est géré de façon collective et repose sur un principe de mutualisation du risque décès de tous les individus. Dans ce cas en l'absence de cette épargne aucune accumulation de capital ne s'opérerait dans l'économie. C'est la raison pour laquelle Blanchet ajoute une classe d'agents "capitalistes" qui héritent, accumulent et lèguent une richesse sans référence explicite au revenu éventuel de leur travail.

très peu développées en France (Gaudemet 2001) et (Mahieu et Sédillot 2000). Une autre option est de supposer que ces actifs sont redistribués aux descendants mais ceci demande de conserver en mémoire l'historique des filiations pour chaque génération, et alourdit de ce fait les calculs sans apporter d'enseignement vital pour le résultat des simulations. Aussi on a préféré adopter, à l'instar d'Imrohoroglu (1998), l'idée que ces legs sont taxés à 100 % par l'Etat et redistribués de façon forfaitaire et uniforme à tous les individus survivants d'âge adulte.

Cet héritage, noté  $h(t,g,s,c)$  dans la contrainte (15), est supposé, par soucis de réalisme au regard des données Françaises, n'être reçu que par les individus dont l'âge dépasse 29 ans. A l'équilibre on aura alors les valeurs suivantes pour tout  $(g,s,c) \in [a(t,g) \geq 30]$ :

$$h(t,g,s,c) = \frac{\sum_{(g,s,c)} A(t-1,g,s,c) [N(t,g,s,c) - N(t-1,g,s,c)]}{\sum_{(g,s,c) \in [a(t,g) \geq 30]} N(t,g,s,c)} \quad (17)$$

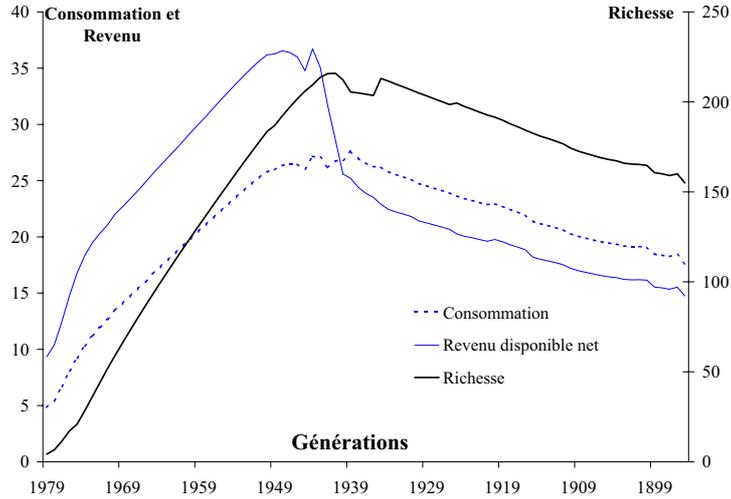
Les ménages ne connaissant *a priori* pas la date de leur décès, ils laissent, dans ce modèle, une richesse positive même s'ils atteignent l'âge de 105 ans (du moins pour des valeurs vraisemblables de  $c_A$ ). De fait, en l'absence de la modélisation du comportement d'optimisation de la part des individus, en général, et de leur choix en matière de transfert inter-générationnels privés, le statut des legs dans ce modèle n'est pas réellement assimilable à la seule part non volontaire des héritages, mais doit bien être compris comme l'ensemble de la richesse héritée (quelque soit le motif sous-jacent au legs).

Les paramètres  $s(t,g,s)$  et  $c_A$  sont respectivement fixés de façon : (1.) à reproduire initialement le stock de capital en 2000 sous l'hypothèse qu'à cette date la distribution de la richesse par agent est stationnaire ; (2.) à ce que la proportion du montant total des héritages dans la richesse totale des ménages en 2000 soit de 1.4%, conformément à la proportion calculée par Arrondel et Laferrère (1991). En fonction de cet étalonnage, on reproduit au début de la simulation le "cycle de vie" sur l'ensemble des générations de la figure 5. On constate effectivement qu'en fin de vie la richesse (reportée sur l'axe de droite) n'est pas nulle.

#### 4. LES PENSIONS DE RETRAITE PUBLIQUES

Le modèle porte sur les régimes de retraite les plus importants et couvre la quasi totalité des dépenses de retraite. Il s'agit des dépenses de retraites du secteur privé (pension de base et complémentaire), du secteur public et des non-salariés. Ces dépenses sont regroupées en plusieurs caisses : le régime général qui représente les dépenses de retraites de base autant pour les retraités du secteur privé que pour les non-salariés, deux caisses complémentaires selon que les individus du secteur privé qui y sont affiliés sont cadres ou pas, et une caisse de la fonction publique (y compris cnracl). A la différence des deux autres régimes dont les ressources proviennent seulement des cotisants, une partie du produit de la taxe portant sur l'ensemble des revenus de la population adulte alimente aussi la caisse "fonction publique". Le modèle inclut des préretraités dont le revenu de remplacement est aussi à la charge de la caisse "fonction publique", cette hypothèse répond au fait que dans la réalité les pré-retraites sont très rarement à la charge

FIG. 5 – Consommation, Richesse et Revenu disponible net moyens par génération en 2001 (milliers d'euros annuel en euros constant 2000)



Sources : Calculs des Auteurs.

des caisses de retraites.

Enfin, un fond de réserve pour les retraites a été créé en 2001 avec pour objectif d'amortir les chocs durant la phase de transition démographique. Or, après quelques dotations initiales, ce fond n'est pas alimenté par des recettes fiscales pérennes. Son rôle effectif n'est donc pas clair. Pour cette raison, les tableaux de résultats afficheront le montant de la dette publique sans la présence du fond de réserve des retraite.

#### 4.1. Le régime des fonctionnaires ("rf")

A chaque période, la pension à la liquidation  $P_L(t, g, s, "f")$  versée par la caisse publique à un nouveau retraité fonctionnaire (soit à l'âge  $D_2(g, s, "f") + D(g, s, "f")$ ) est donnée par la formule suivante :

$$P_L(t, g, s, "f") = \pi(t, g) \cdot w_{rep}(t-1) \cdot \text{Min}(D_1, D) \cdot (1 - \text{dec}(g, "rf")) \text{Max}(0, \text{Min}\{\bar{a} - a, D_1 - D\}) \quad (18)$$

où  $\pi(t, g, "f", "rf")$  est le ratio de remplacement du dernier revenu du travail de l'individu représentatif ( $w_{rep}(t-1, g, s, "f")$ ),  $D_1(g, s, "f")$  est la durée minimum de cotisation au régime des fonctionnaires pour obtenir une pension à taux plein et  $D(g, s, "f")$  est la durée de la carrière.  $\text{dec}(g, "rf")$  est la pénalité pour toute cessation d'activité anticipée

celle-ci est fonction de la génération concernée<sup>12</sup>.

Notons que l'âge au delà duquel aucune décote ne s'applique quelque soit le nombre d'annuités est, en 2004, de 65 ans dans le régime de base du secteur privé (cf. paragraphe suivant). La réforme en cours dans le secteur public instaure un âge similaire dans le secteur public mais de façon graduelle. Cet âge limite  $\bar{a}(t, g, "rf")$  passera de 61 ans en 2006 à 65 ans en 2020.

Au delà de l'âge moyen de liquidation, les pensions sont revalorisées suivant une formule standard :  $P(t, g, s, "f") = (1 + I(t, "rf")) \cdot P(t - 1, g, s, "f")$  pour  $a(t, g) > D_2(g, s, "f") + D(g, s, "f")$ . Dans le modèle l'indice de revalorisation des pensions versées au fonctionnaires  $I(t, "rf")$  est égal au taux de croissance du salaire moyen des fonctionnaires avant la réforme d'Août 2003 (et dans le cas des simulations ne tenant pas compte de cette réforme) et égal à l'indice d'inflation après.

#### 4.2. Le régime de base ("rb")

Nous supposons que tous les non fonctionnaires sont affiliés au régime général qui est un régime par annuités à prestations définies.

Le montant de la première pension que reçoit le retraité est calculé à partir du salaire de référence,  $W_R(t, g, s, c)$ , un paramètre qui résume la carrière passée du futur prestataire. Le salaire de référence d'un individu qui liquide sa retraite à la date  $t$  est la moyenne des revenus salariaux  $w_{rep}(t, g, s, c)$  sur les  $An(g)$  dernières années de la carrière (comme dans Bardaji et al. (2003) les années de pré-retraites sont implicitement validées). En pratique ce sont les revenus calculés sur les meilleurs années mais dans notre modèle ceux-ci correspondent à ceux de la fin de carrière (pour  $c \neq "f"$ ):

$$W_R(t, g, s, c) = \frac{\sum_{D_2+D-An(g) < a(t, g)}^{a(t, g) < D_2+D} [\prod (1 + I(t, "rb"))] \text{Min}(w_{rep}(t), w_{ss}(t))}{An(g)} \quad (19)$$

$I(t, "rb")$  est l'indice de revalorisation du salaire reçu à la date  $t$  au moment de la liquidation de la retraite. Il est égal au produit des indices de revalorisation annuelle des salaires<sup>13</sup>.  $w_{ss}$  est le plafond de la sécurité sociale, soit le seuil au-delà duquel aucun droit n'est acquis, conformément à la pratique en vigueur ce plafond de la sécurité social est ici proportionnel au revenu salarial moyen des non fonctionnaires :

$$w_{ss}(t) = a_{plaf}(t) \cdot \frac{\sum_{(g, s, c); c \neq "f"} N_{act}(t, g, s, c) \cdot w(t, g, s, c) \cdot (1 - \theta_{cho}(t, g, s, c))}{\sum_{(g, s, c); c \neq "f"} N_{act}(t, g, s, c) \cdot (1 - \theta_{cho}(t, g, s, c))} \quad (20)$$

12. La réforme d'Août 2003 programme une telle décote pour la fonction publique à partir du 1er janvier 2006. Son taux sera progressivement élevé pour finalement atteindre 5%. La décote consiste à minorer la pension de retraite liquidée de 1.25 % par trimestre manquant pour atteindre, soit la durée d'assurance nécessaire pour bénéficier du taux maximum de liquidation, soit la limite d'âge, dans la limite de 20 trimestres.

13. A partir de la réforme Balladur de 1993 le taux de revalorisation est égal au taux d'inflation. Avant la réforme il était égal au taux de progression des salaires.

Nous cherchons à reproduire au mieux les pensions effectives moyennes calculées sur la base des données de l'enquête EIR de 1997. Le coefficient de proportionnalité  $a_{plaf}(t)$  a été fixé à 1.05 suivant le rapport au salaire brut moyen des salariés des entreprises en 1999.

Conformément à la législation en vigueur, le montant de la pension à la liquidation  $P_L(t, g, s, c, "rb")$  pour chaque individu ayant l'âge de la retraite à  $t$  (i.e.  $a(t, g) = D_2(g, s, c) + D(g, s, c)$  et  $c \neq "f"$ ) est donné, à la date  $t$ , par :

$$\frac{P_L(g, s, c, "rb")}{W_R(g, s, c)} = \left[ \pi(g, c, "rb") - dec(g, "rb") \text{Max}(0, \text{Min}\{65 - a, D_1 - D\}) * \text{Min}\left(1, \frac{D}{pro(t, g)}\right) \right] \quad (21)$$

où  $\pi(t, g, c, "rb")$  est le ratio maximum de remplacement du salaire de référence.  $dec(g, "rb")$  est la pénalité pour toute cessation d'activité anticipée. Elle est fonction de la génération concernée, conformément à la législation en vigueur pour la CNAV et aux réformes en cours<sup>14</sup>.  $pro(t, g)$  est la durée exigée pour obtenir le taux plein. Elle sera portée, suivant la réforme d'août 2003, progressivement de 150 à 159 trimestres selon l'année de naissance de l'assuré.

Au delà de l'âge moyen de liquidation, les pensions sont revalorisées suivant une formule standard :  $P(t, g, s, c, "rb") = (1 + I(t, "rb")) \cdot P(t - 1, g, s, c, "rb")$  pour  $a(t, g) > D_2(g, s, c) + D(g, s, c)$  et  $c \neq "f"$ . Depuis 1993, l'indice de revalorisation des pensions est égal à l'indice d'inflation.

### 4.3. Les régimes complémentaires ("rc")

Les régimes complémentaires sont en pratique des régimes par points à cotisations définies. En France les cadres cotisent à deux caisses distinctives selon que leur salaire dépasse ou non le plafond de la sécurité sociale. Les non cadres quant à eux cotisent à une unique caisse mais les règles sont différentes selon la partie du salaire au-dessus et en-dessous du plafond. Les caisses complémentaires fonctionnent avec un régime par points. Les individus  $(g, s, c)$  achètent chaque année  $t$  de leur vie active  $point(t, g, s, c, caisse)$  points auprès de la caisse à laquelle ils sont affiliés à un prix  $P_{pt}(t, c)$  et les vendent à un prix  $V(t, c)$  au moment où ils liquident leurs retraites. Plutôt que de distinguer deux caisses selon la CSP nous avons choisi de distinguer deux types de points accumulés, soit (pour  $a(t, g) < D(t, g, s, c) + D_2(t, g, s, c)$  et à chaque date  $t$ ) :

$$point_1(g, s, c) = \tau_1(c, "rc") \frac{\text{Min}(w_{rep}(g, s, c), w_{ss})}{P_{pt}(c)} \quad (22)$$

14. La réforme d'août 2003 programme, à partir de décembre 2003, une baisse progressive de ce coefficient de 1.25 % par trimestre manquant pour les générations nées avant 1944 à 0.625% pour les générations nées après 1952. Notons que le coefficient de 0.625% atteint à terme est plus faible que les 1.25% correspondant dans le secteur public. Cependant les formules de calcul des pensions sont différentes dans les deux régimes de sorte qu'en définitive la pénalité pour trimestre manquants sera à terme identique quelque soit le régime.

$$point_2(g,s,c) = \tau_2(c, "rc") \frac{Max(0, w_{rep}(g,s,c) - w_{ss})}{P_{pt}(c)} \quad (23)$$

Notons qu'implicitement, et conformément à la législation en vigueur, des points sont acquis durant la période de cessation anticipée d'activité, même si aucune cotisation n'est présente en contrepartie. Ces avantages non contributifs en général sont financés par les caisses d'assurance-chômage ou le budget général. Dans notre cas ils sont financés par la taxe sur les revenus. Le nombre de point accumulés depuis de début de la carrière est simplement égal à :

$$NP_i(t,g,s,c) = cc(s,c)_i \sum_{\substack{age(t,g) \leq D_2 + D \\ age(t,g) \geq D_2}} point_i(t,g,s,c) \quad \text{pour } i = 1,2$$

où les  $cc(s,c)_i$  sont des coefficients correcteurs fixés, une fois pour toute, pour chaque  $(s,c)$  de façon à rendre compte de l'acquisition de points reflétant des avantages non contributifs (chômage indemnisé, enfants, ...). Ces coefficients ont été étalonnés afin de reproduire en 2000 des pensions de retraites complémentaires à la liquidation conformes aux données issues de l'EIR (2001).

La pension complémentaire totale  $P(t,g,s,c, "rc")$  est ensuite calculée à chaque date  $t$ , grâce à la formule suivante et ce quelque soit l'âge du pensionné :

$$P(g,s,c, "rc") = Min(1, 1 - dec(g, "rc")) \cdot Max(D_1 - D, 0) \cdot [65 - D - D_2] \cdot (V_1(c) \cdot NP_1 + V_2(c) \cdot NP_2) \quad (24)$$

avec  $V_i(t,c)$  la valeur des points en euros constants 2000 calculée grâce aux données historiques fournis par les caisses complémentaires AGIRC, ARRCO et IRCANTEC jusqu'en 2003 et fixées par la suite (i.e. indexée sur le niveau général des prix comme dans Bardaji et al. (2003)) sauf mention contraire (i.e. scénario de baisse programmée des pensions,...). De façon plus générale nous avons utilisée les séries de salaire super brut sur la période 1950-2000 des comptes de la Nation afin de de reproduire de façon correcte l'ensemble des droits de retraite acquis par les différents individus à la date initiale de la simulation.

## 5. EQUILIBRE DU MODELE

### 5.1. Caisses de Retraite

#### Recettes des caisses de retraites :

Les recettes des caisses privés sont supposées égales à la somme des cotisations de tous les salariés du privée en activité à cette date, tandis que les recettes de la caisse publique tiennent aussi compte de la taxe proportionnelle sur l'ensemble des revenus des agents (soit sur le PNB de l'économie) à chaque date  $t$  :

$$\begin{aligned}
 Rec("rb") &= \sum_{(c \neq "F", g, s)} N(g, s, c) [cet(c, "rb") \cdot w_{rep} + \tau("rb") Min(w_{rep}, w_{ss})] \\
 Rec("rc") &= \sum_{(c \neq "F", g, s)} cet(c, "rc") \cdot w_{rep} \cdot N(g, s, c) \\
 &+ \sum_{(c \neq "F", g, s)} \tau_{ap}(c) \cdot N(g, s, c) \cdot [\tau_1(c) \cdot Min(w_{rep}, w_{ss}) + \tau_2(c) \cdot Max(0, w_{rep} - w_{ss})] \\
 Rec("rf") &= \tau("rf") \sum_{(g, s)} N("f") \cdot w_{rep}("f") + \tilde{\tau} \cdot PNB
 \end{aligned}$$

#### Dépenses des caisses de retraites :

$$\begin{aligned}
 Dep("rb") &= \sum_{(c \neq "F", g, s); age(g) \geq D + D_2} N_{ret}P("rb") \\
 Dep("rc") &= \sum_{(c \neq "F", g, s); age(g) \geq D + D_2} N_{ret}P("rc") \\
 Dep("rf") &= \sum_{(g, s); age(g) \geq D("f") + D_2("f")} N_{ret}("f")P("f") + \sum_{(c \neq "F", g, s)} N_{pre}(g, s, c) \pi_{pre} w_{rep}
 \end{aligned}$$

#### Équilibre des caisses de retraites :

A chaque période, le déficit primaire d'une caisse de retraite est défini par la différence entre les dépenses et les recettes :  $Def(\text{caisse}, t) = Dep(\text{caisse}, t) - Rec(\text{caisse}, t)$ ,  $\forall \text{caisse} \in \{rb, rf, rc\}$ .

Lors de l'étalonnage on cherche à reproduire le niveau historique des dépenses propres à chacune des caisses que l'on a construites. Plus concrètement, le modèle reproduit pour l'année 2000 les valeurs suivantes : un ratio prestations vieillesse-survie sur PIB de 12.6% (Mesnard 2001b) ainsi que la répartition de ces dépenses entre les trois caisses suivante :  $Dep("rf") = 28.9\%$ ,  $Dep("rb") = 44.8\%$ ,  $Dep("rc") = 26.2\%$ <sup>15</sup>. Pour coller à ces données nous avons dû ajuster certaines variables : si les profils des stocks de pensions liquidées en 2000 par génération, sexe et CSP reproduisent pour chaque caisses ceux issus des données de l'EIR (2001), à cette même date, les niveaux moyens des pensions liquidées par caisse et les taux de remplacement à la liquidation (ainsi que les valeurs des points) pour chaque type d'agent en 2000 sont quant à eux ajustés.

<sup>15</sup>. Ces chiffres sont calculés sur la base des données de la Commission des comptes de la Sécurité Sociale de Septembre 2001 en tenant notamment compte de l'ensemble des dépenses des régimes en points des non-salariés du secteur privé dans la caisse complémentaire et l'ensemble des dépenses des régimes en annuités de ces mêmes individus dans le régime de base. Les prestations versées par les régimes spéciaux sont quant à elles regroupées dans le "régime public".

Nous partons aussi de l'hypothèse qu'en 2000 les comptes de chaque caisse sont strictement équilibrés et que les caisses ne possèdent ni créances, ni dettes. Pour rendre compatibles les sorties du modèle à cette hypothèse nous avons choisi d'ajuster certains paramètres de la partie recettes des régimes : le taux de taxe  $\tilde{\tau}(2000)$  pour la caisse "publique", le taux d'appel dans les régimes complémentaires et le taux de cotisation au régime de base.

Par la suite, il est possible d'envisager différents ajustements des paramètres pour assurer ou non l'équilibre primaire des caisses. Si l'équilibre primaire n'est pas assuré, les dépenses (recettes) excédentaires devront être financées (capitalisées) par endettement. Comme il n'y a pas lieu de supposer que les différentes caisses aient accès à des sources de financement externes différentes de celles des autres agents, la dette globale du système de retraite  $Dette_{ret}(t)$  évolue de la façon suivante, avec  $R(t) = 1 + (1 - \tilde{\tau}(t))r(t)$  :

$$Dette_{ret}(t) = R(t)Dette_{ret}(t-1) + \sum_{\text{caisse}} Def(\text{caisse}, t) \quad (25)$$

On suppose qu'initialement il n'y a pas de dette ( $Dette_{ret}(2000) = 0$ ), en revanche conformément à la législation actuellement en vigueur il existe un fonds de réserves pour les retraites. De 2000 à 2003 celui-ci est abondé suivant les apports de recettes historiques (direction de la Sécurité Sociale, 2004). Au-delà, son évolution n'étant pas explicitement précisé dans la législation, on suppose simplement la loi d'évolution suivante :  $FR(t) = R(t)FR(t-1)$ , de sorte qu'à chaque date la dette nette du système de retraite public par répartition  $Dette_{pub}(t)$  évolue selon le schéma suivant :

$$Dette_{pub}(t) = R(t)(Dette_{ret}(t-1) - FR(t-1)) + \sum_{\text{caisse}} Def(\text{caisse}, t) \quad (26)$$

## 5.2. Équilibre du marché financier :

Le bouclage du modèle s'analyse à partir du fonctionnement du marché du capital. Deux cas polaires sont envisagés dans ce document. Dans le premier, l'économie est "fermée", le bouclage du modèle est néo-classique : *ex ante*, l'offre nette de fonds prêtables des résidents, c'est à dire la richesse agrégée des ménages qui sera notée  $A(t) = \sum_{(g,s,c)} N(t,g,s,c)A(t,g,s,c)$ , détermine le stock de capital installé dans le pays à la période suivante, eq. (27), le taux de rendement interne du capital s'ajustant à cet effet.

Dans le second cas, l'hypothèse retenue est celle d'une "petite économie ouverte". L'accumulation d'actifs des résidents et la demande de capital domestique sont négligeables au niveau mondial. Leur influence sur le niveau du taux d'intérêt mondial,  $r^*(t)$ , l'est donc tout autant. En raison de la parfaite substituabilité supposée des actifs, entre les titres domestiques et étrangers mais aussi entre la dette publique et les autres actifs, le taux d'intérêt domestique est alors fixé sur les marchés financiers internationaux, et l'ensemble des agents de l'économie prennent celui-ci comme donné.

Dès lors, la demande de capital (5) de la part des entreprises s'ajuste à ces conditions extérieures. Nous supposons dans ce cas que les anticipations sont tournées vers le passé :  $K_{t-1} = N_{t-1}\Gamma_{t-1}f'^{-1}(r_{t-1} + \delta)$ <sup>16</sup>. Dans ce contexte, l'équilibre du marché financier est assuré par le montant  $B(t)^*$  de dettes (créances) contractées par les résidents auprès des agents étrangers, eq. (28). Plus fondamentalement, les prix des facteurs sont fixés par des conditions extérieures. Il s'en suit, en analogie avec le théorème de non-substitution de *Leontieff*, que les décisions productives sont indépendantes du comportement des ménages.

$$K(t) = A(t) - Dette_{pub}(t) \quad \text{“Économie Fermée”} \quad (27)$$

$$B(t)^* = K(t) + Dette_{pub}(t) - A(t) \quad \text{“Petite Économie Ouverte”} \quad (28)$$

Dans tous les cas, l'équilibre du marché financier eq. (27) ou eq. (28) suffit avec les autres équations du modèle à décrire l'équilibre général de cette économie. En effet, il est possible de montrer après quelques calculs fastidieux mais aisés que la *loi de Walras* est vérifiée dans ce modèle. L'équilibre sur le marché des biens est ainsi assuré dès lors que l'ensemble des autres équations du modèle sont satisfaites, soit  $C(t) \equiv \sum_{(g,s,c)} (1 + \text{cout}(t,g,s,c)) \cdot c(t,g,s,c) \cdot N(t,g,s,c)$  la consommation agrégée. On a alors :

$$Y = K(+1) - (1 - \delta)K + C \quad \text{“Économie Fermée”}$$

$$Y = K(+1) - (1 - \delta)K + C - B(+1)^* + (1 + r^*)B^* \quad \text{“Petite Économie Ouverte”}$$

## 6. EFFETS MACRO-ÉCONOMIQUES DES RÉFORMES DU SYSTÈME DE RETRAITE

Deux modélisations alternatives sont donc envisagées : celle d'une petite économie ouverte, où le taux d'intérêt est exogène, et celle d'une économie fermée, où le taux d'intérêt varie en fonction des conditions économiques internes. Dans ce paragraphe nous cherchons à étudier comment, sous ces deux schémas, les variables macroéconomiques réagissent face à des modifications exogènes de l'environnement socio-démographique et/ou des ajustements paramétriques des règles de fonctionnement des régimes de retraite.

Plusieurs simulations sont effectuées sur la période 2001 à 2040. Dans le scénario 1., le modèle est projeté en considérant la législation 2004 en matière de règles du système de retraite et en supposant un allongement de l'activité. Ce scénario constitue le cadre de référence pour les autres variantes envisagées. Le scénario 2. suppose des comportements d'activité inchangés par rapport à ceux adoptés par les agents en 1999. Le scénario 3. reprend les deux scénarios précédents, mais sans les modifications apportées par la

---

<sup>16</sup>. Il est tout à fait possible d'envisager des anticipations parfaites dans ce modèle en adoptant une règle de détermination du capital telle que l'on ait  $K_t = N_{t+1}\Gamma_{t+1}f'^{-1}(r_{t+1} + \delta)$ , cependant en l'absence de coût d'ajustement sur la constitution du stock de capital, un tel schéma entraîne des ajustements trop erratiques du capital qui ne sont absolument pas réalistes. Pour cette raison nous avons préféré ignorer cette hypothèse.

Réforme d’Août 2003. Il permet ainsi d’estimer les réductions des besoins de financement des différentes caisses de retraite permises grâce à la Réforme de 2003. Les deux derniers scénarios évaluent les effets de modes de financement alternatifs des caisses de retraite. Le quatrième scénario suppose ainsi que l’équilibre financier de chaque régime de retraite est assuré à chaque date grâce à l’ajustement du taux de remplacement correspondant, tandis que le scénario 4. suppose pour ce faire des ajustements des taux de prélèvements sociaux.

### **6.1. Scénario 1. : Allongement de la durée d’activité**

Dans ce scénario à législation 2004, on suppose qu’une remontée de l’âge effectif de fin d’activité (scénario “optimiste” de population active présentée dans la section 2.) accompagne les principales mesures de la Réforme d’Août 2003. Les principales caractéristiques de la Réforme qui sont prises en compte dans le modèle sont :

- l’allongement progressif de la durée d’assurance requise pour l’obtention du taux plein et la modification du barème des coefficients de proratisation dans les régimes de base et public,
- la modification de la décote pour le secteur privé et l’instauration progressive d’une décote pour le secteur public<sup>17</sup>),
- l’indexation des pensions sur les prix dans le secteur public,
- et la hausse du taux de cotisation au régime de base de 0.2 point dès 2006.

L’équilibre financier des régimes de retraite est, dans ce paragraphe, assuré par recours à l’emprunt en cas de soldes primaires négatifs ou par la constitution de réserves dans le cas inverse, eq. (25).

#### **6.1.1. “Petite économie ouverte”**

L’économie prend comme donné le taux de rendement du capital, fixé à 3.5 % par an comme chez d’Autume et Quinet (2001), de sorte que la demande de capital de la part des entreprises est, une fois le niveau d’emploi déterminé, uniquement dépendant des conditions externes. Dans ce cas, tout déficit d’épargne nationale par rapport à l’investissement est financé automatiquement par des entrées de capitaux.

Les principaux résultats macro-économiques de ce scénario sont reportés dans le tableau 3, ainsi que des indicateurs de soutenabilité des régimes de retraites et deux indicateurs de niveau de vie relatif. Le premier est le ratio de remplacement net qui est égal au rapport de la pension nette moyenne, tous régimes confondus, versée aux retraités au revenu net moyen du travail des actifs. Il ne s’agit donc pas d’un ratio de remplacement calculé à partir d’un cas-type sur une carrière complète mais plutôt d’un indicateur de niveau relatif des pensions par rapport aux salaires. Le second indicateur est le rapport du niveau de consommation moyen des retraités par rapport à celui des

---

17. Actuellement cependant la maquette ne prend pas en compte l’accumulation de points après l’âge de liquidation pour ceux qui continuent de travailler et donc pas non plus la surcote, puisque dans le modèle les individus moyens ne peuvent liquider au-delà de l’âge moyen de la retraite.

actifs. Conformément aux études récentes, il apparaît qu'en début de période le "niveau de vie" moyen des retraités dépasse de 10% celui des actifs (Hourriez et Legris 1995). Cette différence de situation par rapport à l'indicateur précédent s'explique par les revenus financiers et les coûts privés d'éducation des enfants. Enfin on présente le taux de propriété. Il s'agit de la proportion de patrimoine des résidents permettant de couvrir les besoins en capital de la nation, le complément étant fourni par les capitaux étrangers. En fixant cet indicateur à la valeur de 1 en 2000, il diminuera (augmentera) avec des entrées (sorties) nettes de capitaux étrangers.

TAB. 3 – *Scénario de Décalage des taux d'activité : "Petite économie ouverte"*

	2001	2010	2020	2030	2040	2050
Taux d'intérêt fixe à 3.5%						
Croissance du PIB (en %)	2.14	2.2	1.5	1.25	1.41	1.34
Dépenses de retraites (en % du Pib)	12.2	12.5	13.7	15.7	17.1	17.8
Dette des régimes de retraites (en % du Pib)	-.2	.2	7.9	41.5	104.6	179.6
Variation de capital (en %)	3.84	2.4	1.7	1.3	1.4	1.3
Variation de l'emploi (en %)	.37	.5	-.2	-.34	-.18	-.3
Ratio de remplacement net	78.2	78.6	77.6	77.8	77.5	76.2
Consommation relative des retraités	1.1	1.	.96	.92	.9	.89
Taux de Propriété	1.03	.97	.95	.94	.85	.7

Source : Calculs des auteurs.

En prenant en compte l'allongement des durées de cotisation avec ce scénario de taux d'activité favorable, la solvabilité des régimes de retraites est désormais assurée jusqu'en 2010. Après cette date, l'accumulation de soldes financiers négatifs entraîne une hausse importante de l'endettement des régimes jusqu'à atteindre près de 100% du PIB en 2040.

Ces forts besoins de financement nécessitent des afflux massifs de capitaux entrants ; le taux de propriété se dégrade alors progressivement au cours des 3 premières décennies puis très fortement après 2030. Il faut souligner que la convergence vers un taux de chômage structurel de 6% s'effectue ici rapidement puisqu'on atteint 6.3% dès l'année 2015. Ceci combiné avec une hausse de la population active jusqu'en 2025 explique les fortes entrées de cotisations durant les 15 premières années et donc l'équilibre global du système de retraite à cet horizon malgré l'accélération du processus de vieillissement démographique *par le haut* (cf. Tableau 1). Ces recettes supplémentaires, si elles sont cohérentes avec la logique du modèle, n'en demeurent pas moins dépendantes des hypothèses optimistes quant à l'évolution du marché du travail qui se traduit directement en termes de croissance du PIB.

Dans ce scénario macro-économique "rose" la situation relative des retraités se dégrade légèrement puisque leur pension n'est pas indexée sur le surcroît de croissance du PIB des premières périodes. Aussi le ratio de remplacement net diminue légèrement. La situation relative des retraités en termes de consommation se dégrade beaucoup plus nettement. D'une part, la baisse de la natalité induit une baisse des enfants à charge des actifs, et d'autre part, les revenus financiers des retraités seront, toutes choses égales par ailleurs, moindres que ceux que des retraités actuels, car la croissance de l'économie sur la période 2000-2040 est globalement plus faible que celle sur la période 1960-

2040.

De façon plus générale, le rythme de croissance de l'économie sur la période 2000-2020 est nettement plus faible ici qu'il ne l'est dans les rapports du COR (2001) et (2004) (aux alentours de 3 à 3.5 % par an entre 2000 et 2010). Ceci, ajouté à des hausses de l'emploi et de l'activité supposées encore plus fortes dans ces deux rapports que dans cette simulation de base, explique pourquoi aucun besoin de financement des régimes de retraites n'est à attendre avant 2020 pour le COR mais aussi explique, via l'indexation des pensions sur les prix, la dégradation importante des ratios de remplacement dans le rapport de 2002.

En définitive, la "solvabilité financière" du régime de retraite Français telle qu'elle est souvent présentée dans les études et rapports publics ne dépend *grosso modo* que des hypothèses faites en matière de perspectives de croissance et de comportement d'activité. Cependant l'apport de notre démarche consiste, entre autres, à s'affranchir de ces purs calculs comptables afin d'analyser l'impact même des modes de financement des régimes de retraite, y compris par endettement, sur la dynamique de l'économie. L'effet retour est, de fait, d'autant plus important que l'économie considérée est tributaire des seuls capacités de financement de ses résidents. C'est la raison pour laquelle nous examinons dans le paragraphe suivant, le même scénario mais dans le cadre de raisonnement fictif d'une économie fermée ; la situation réelle se trouvant entre ces deux cas polaires.

### 6.1.2. "Économie autarcique"

Dans cette spécification, le financement de la dette des régimes de retraite publics et l'accumulation du capital productif ne proviennent que du seul recours à l'épargne nationale. La hausse des besoins de financement a alors un impact récessif plus important à long terme car le taux d'intérêt augmente désormais (cf Tableau 4). Le fait que l'économie se situe au-delà de 2040 sur une trajectoire de croissance négative est ici purement illustratif au sens où ceci signifie que l'on ne peut laisser intacts les paramètres des régimes de retraite. Concrètement la trajectoire est forcément insoutenable puisque cumulativement récessive. Le taux d'intérêt bondit sous l'effet de la raréfaction relative de l'épargne nette des ménages (ponctionnée par les besoins de financement du régime de retraite), l'écart avec le taux de croissance déprimé de l'économie entraîne une spirale cumulative négative.

Durant la phase de transition, en revanche, le désendettement public laisse plus d'opportunités à l'épargne des ménages de se réorienter vers des investissements productifs durant la décennie 2010 ; l'accumulation de capital et la croissance sont alors plus vigoureuses. Cependant elles entraînent nécessairement une baisse de la rentabilité du capital à long terme qui a un effet retour négatif marqué sur la croissance de l'économie et de l'emploi à l'horizon 2040 via la baisse de l'accumulation de capital par rapport au cas de la "petite économie ouverte".

Dans cette version du modèle, où les prix des facteurs sont endogènes, l'emploi à long terme serait pénalisé par rapport au cas de la petite économie ouverte. La hausse du coût relatif du capital productif entraîne un stock de capital par unités de travail efficace plus faible, l'offre potentiel de travail restant fixé, l'emploi s'en trouve pénalisé car si

TAB. 4 – *Décalage des taux d'activité : "Économie autarcique"*

	2001	2010	2020	2030	2040	2050
Croissance du PIB (en %)	2.1	1.75	1.3	0.6	-0.7	-8.7
Dépenses de retraites (en % du Pib)	12.2	12.8	14.2	16.6	20	29
Dette des régimes de retraites (en % du Pib)	-0.3	.7	13	56	163	493
Variation de capital (en %)	1.54	1.61	1.3	.19	-2.15	-14
Variation de l'emploi (en %)	-0.1	.2	-0.3	-0.7	-1.4	-6.9
Ratio de remplacement net	78.6	79.9	79.8	81	87.1	120
Consommation relative des retraités	1.1	1.	1	0.98	1.05	1.35
Taux d'intérêt annuel	3.7	3.9	4.	4.1	5	7.8

Source : Calculs des auteurs.

le salaire réel offert par les entreprises diminue le salaire désiré par les ménages lui restent temporairement élevé ce qui se traduit par un surcroît de chômage.

## 6.2. Scénario 2. : Projections à comportements d'activité constants

Dans ce scénario, on suppose qu'en dépit des réformes en cours du système de retraite, le comportement de participation au marché du travail des agents ne change pas : les taux d'activité tout comme la durée moyenne des carrières professionnelles ne changent pas par rapport à ceux de 1999. Le tableau 5 indique que la charge des retraites est désormais plus importante d'environ 1 point de PIB à l'horizon 2030, par rapport à ce qu'elle est dans le scénario 1<sup>18</sup>. La dette est alors nettement plus importante à la fin de l'horizon considéré car les recettes sont plus faibles, comme l'indique l'inflexion plus marquée des taux de croissance de l'économie et de l'emploi.

TAB. 5 – *Variante à Taux d'activité constants : "Petite économie ouverte"*

	2001	2010	2020	2030	2040
Croissance du PIB (en %)	2.01	1.79	1.27	1.25	1.36
Dépenses de retraites (en % du Pib)	12.2	13.6	15.4	16.7	17.3
Dette des régimes de retraites (en % du Pib)	-0.2	3.9	28	75.2	143
Variation de capital (en %)	3.77	2.02	1.28	1.25	1.37
Variation de l'emploi (en %)	.2	.05	-0.32	-0.34	-0.25
Ratio de remplacement net	78.2	80.9	77.2	72.4	67.7
Consommation relative des retraités	1.1	1.04	.95	.88	.82
Taux de Propriété	1.03	.98	.96	.89	.76

Source : Calculs des auteurs.

La hausse de la part des dépenses de retraites dans le PIB est cependant moins importante que celle à laquelle on aurait pu s'attendre du fait d'une baisse du ratio de remplacement moyen. Malgré une raréfaction relative des actifs dans ce scénario, le revenu moyen du travail n'évolue pas (puisque le coût du travail reste dicté par les

18. Pour faciliter la comparaison entre ce travail et les différentes études citées concernant l'étude du financement des retraites en France nous bornons désormais l'Horizon de l'étude à l'année 2040.

conditions extérieures). En revanche, les pensions sont moins élevées que dans le scénario 1, du fait de carrières salariales plus brèves et de pénalités plus marquées dans le calcul des pensions pour ces carrières. Notons qu'en raison de la dégradation du ratio de remplacement le niveau de consommation relative des retraités se dégrade d'avantage. En économie ouverte, le recours à l'emprunt financé par des capitaux étrangers permet d'amortir l'effet sur la conjoncture.

Il nous faut souligner que, dans les deux cas que l'on vient de voir, le vieillissement démographique a nécessairement un effet négatif sur le taux de croissance de long terme qui dans le meilleur des cas ne dépasse pas 1.4% par an à l'horizon 2040 soit un rythme de près de 1 point de moins que celui connu par l'économie Française durant la période 1960-2000. La raison principale de ceci n'est pas fondamentalement la hausse de la part des pensions de retraite dans le PIB mais bien la baisse du nombre de travailleurs occupés résultant mécaniquement du vieillissement de la population.

### 6.3. Scénario 3. : Variantes sans la Réforme 2003

Dans ce paragraphe, on se propose d'évaluer l'effet des mesures de la Réforme d'août 2003 en raisonnant de manière contre-factuelle, comme si cette réforme n'avait pas eu lieu. Il s'agit donc d'une variante sans l'allongement de la durée de cotisation prévue pour le secteur privé et pour le secteur public. L'écart entre le scénario central et cette variante peut s'interpréter comme une évaluation de la réforme même si certains aspects de cette réforme (surcote) ne sont pas pris en compte.

TAB. 6 – Variante sans la Réforme 2003 : “Petite économie ouverte”

	Décalage des taux d'activité				
	2001	2010	2020	2030	2040
Croissance du PIB (en %)	2.14	2.2	1.5	1.25	1.41
Dépenses de retraites (en % du Pib)	12.3	12.9	14.6	17.3	19.4
Dette des régimes de retraites (en % du Pib)	-0.2	3.3	19.9	71	163
Variation de capital (en %)	3.84	2.42	1.65	1.25	1.39
Variation de l'emploi (en %)	0.37	0.45	-0.19	-0.34	-0.18
Ratio de remplacement net	78.8	82.	84.6	89.1	92.1
Consommation relative des retraités	1.1	1.04	0.99	0.97	0.96
Taux de Propriété	1.03	0.97	0.93	0.89	0.74
	Taux d'activité constants				
Croissance du PIB (en %)	2.01	1.79	1.27	1.25	1.36
Dépenses de retraites (en % du Pib)	12.3	14.1	16.9	19.3	20.3
Dette des régimes de retraites (en % du Pib)	-0.2	7.2	43.9	118.7	227.9
Variation de capital (en %)	3.77	2.02	1.28	1.25	1.37
Variation de l'emploi (en %)	0.2	0.05	-0.32	-0.34	-0.25
Ratio de remplacement net	78.8	84.8	88	88.4	85.4
Consommation relative des retraités	1.1	1.05	0.99	0.94	0.9
Taux de Propriété	1.03	0.98	0.94	0.82	0.6

Source : Calculs des auteurs.

Sans la réforme d'août 2003, et avec néanmoins allongement de l'activité, la dette des régimes de retraite serait plus élevée de 10 points de PIB à l'horizon 2020 et la part des dépenses plus élevée de 1 point. A l'horizon 2040, les dépenses seraient de 1.5 point de

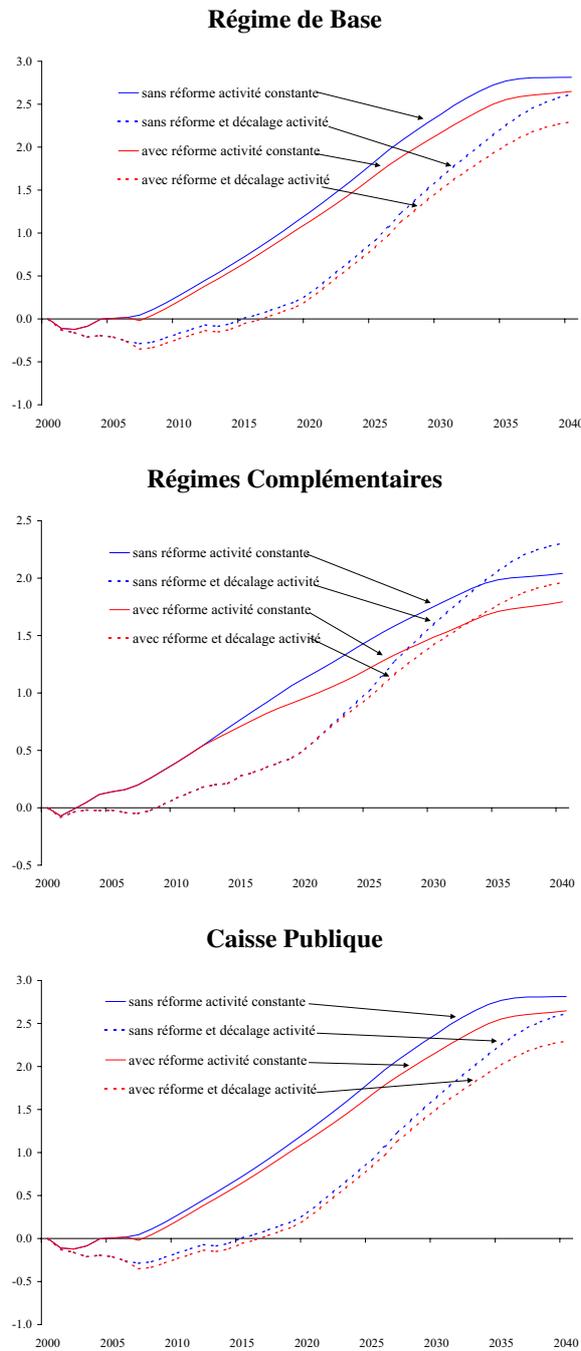
PIB plus élevées qu'avec la réforme. Autrement dit, bien que la réforme ne permette pas d'assurer la pérennité du système de retraite en l'état (CF scénario 1.), sauf à supposer une profonde modification des comportements d'activité et/ou un scénario d'évolution des gains de productivité particulièrement optimiste, elle a cependant un impact non négligeable. Toutefois, en comparant le haut du tableau 6 avec le tableau 3, on constate que les effets positifs de la réforme sur la dette des régimes passe essentiellement par une dégradation relative du niveau de vie des retraités.

La figure 6 permet d'évaluer l'impact de la réforme sur les différentes caisses de retraite. Le premier constat qui s'impose est que, jusqu'aux années 2020, les hypothèses en matière de comportement de participation au marché du travail ont une influence cruciale sur la solvabilité financière des régimes. L'impact de la réforme proprement dite est quant à lui du second ordre. La hausse de l'activité, et de l'emploi, permet aux différentes caisses d'être excédentaires jusqu'en 2010-2015. Pour les régimes complémentaires l'impact de la réforme ne se juge qu'à long terme.

Le second constat est que la hausse de l'activité, si elle est bénéfique au début de la période en termes de recettes financières, aggrave plutôt la situation en fin de période. La hausse de l'activité élève fortement, au bout de 25 à 30 ans, et dans tous les cas, les droits à pension acquis, le calcul des pensions dépendant fortement des salaires perçus durant les dernières années de carrière. La situation financière des caisses se trouve alors aggravée, vers 2030-2040, par la hausse supplémentaire des prestations que la hausse de l'activité induit et ce même si les ratios de support sont plus élevés que dans le cas de maintien des comportements d'activité (CF tableau 2). Encore une fois, il apparaît que la soutenabilité des régimes de retraite ne peut être envisagée à terme sans ajustements futurs des paramètres des régimes (envisagés par exemple dans les paragraphes 6.4. et 6.5.).

Enfin si la réforme concerne *a priori* essentiellement les fonctionnaires, son impact sur les finances de leur régime de retraite reste limité.

FIG. 6 – Déficits des Régimes de Retraite (en % du PIB)



#### 6.4. Scénario 4. : Ajustement des taux de remplacement

Dans cette variante, on suppose que les taux de remplacement moyens, ou la valeur des points, s'ajustent de façon à ce que chaque caisse de retraite présente des comptes équilibrés à chaque période. Le premier constat que l'on peut dresser est que ce type d'ajustement obère nettement moins la croissance économique future que ne le fait le recours à l'endettement dans le scénario 1, dans le cas d'une économie fermée (Tableaux 7 et 4). Jusqu'en 2020 la croissance est plus élevée en économie ouverte qu'en économie fermée. Au delà de cette date la proposition est inversée. Dans le cas d'une économie fermée, en effet, la hausse du revenu au niveau macro-économique permet progressivement une accumulation de capital plus vigoureuse ; ce supplément de capital par rapport au cas en économie ouverte soutient alors de façon durable une croissance légèrement plus élevée.

TAB. 7 – *Ajustement par les taux de remplacement : Décalage des taux d'activité*

	"Petite économie ouverte"				
	2001	2010	2020	2030	2040
Croissance du PIB (en %)	2.14	2.2	1.5	1.25	1.41
Dépenses de retraites (en % du Pib)	12.4	12.4	12.2	11.6	11.7
Variation de capital (en %)	3.84	2.42	1.65	1.25	1.39
Variation de l'emploi (en %)	.37	.45	-.2	-.34	-.18
Ratio de remplacement net	80	78	67	53	47
Consommation relative des retraités	1.1	1.01	.9	.8	.75
Taux de Propriété	1.03	.97	.96	1	1.
	Economie Fermée				
Croissance du PIB (en %)	2.07	1.79	1.59	1.5	1.5
Dépenses de retraites (en % du Pib)	12.5	12.4	12.3	11.6	11.7
Variation de capital (en %)	1.48	1.68	1.78	1.69	1.57
Variation de l'emploi (en %)	-.13	.25	-.13	-.22	-.14
Ratio de remplacement net	81	77	67	53	47
Consommation relative des retraités	1.1	1.02	.92	.81	.75
Taux d'intérêt annuel (en %)	3.7	3.87	3.88	3.69	3.58

Source : Calculs des auteurs.

Dans le cas d'une économie ouverte le taux de croissance de l'économie n'est pas affecté par rapport au cas de recours à l'endettement, puisque le taux de croissance n'évolue qu'en fonction du taux de croissance de la PGF et de celui de l'emploi, l'intensité capitaliste étant toujours déterminée de façon exogène par le taux de rendement mondial.

La contrepartie des "bonnes performances" macro-économiques d'un tel mode de gestion de l'équilibre financier des caisses est la dégradation très importante du pouvoir d'achat relatif des pensions de retraite par rapport aux salaires. C'est évidemment l'objectif ultime d'une telle mesure de faire porter l'essentiel du vieillissement démographique à venir sur les retraités. La hausse des revenus du travail sur l'ensemble du cycle de vie des agents permet cependant durant la période d'activité d'accumuler un patrimoine plus important et donc d'élever les revenus financiers des retraités. D'où une dégradation relative moindre de la consommation des retraités par rapport à celle du ratio de remplacement. Avec l'allongement de la durée d'activité, la baisse du taux de

remplacement est d'environ 40 % à l'horizon 2040 contre 3 à 4 % dans le scénario 1. Notons que le ratio de remplacement est plus élevé que dans les autres scénarios dès la première simulation du modèle en 2001 car le solde des caisses de retraites est positif ce qui entraîne mécaniquement une hausse de ce ratio dans cette variante d'ajustement par le taux de remplacement.

Il faut cependant souligner qu'à ce stade l'exercice envisagé demeure incomplet dans la mesure où il est à prévoir en cas de baisse programmée des pensions que les ménages ajustent à la hausse leur taux d'épargne pour compenser celle-ci à terme. Or dans ce document on suppose inchangé le comportement d'épargne. Un enrichissement du modèle dans cette direction est à prévoir dans l'avenir afin de présenter une prospective un peu plus réaliste.

### 6.5. Scénario 5. : Ajustement des taux de Cotisation

Dans ce dernier scénario, on suppose qu'à chaque période, les taux de prélèvements s'ajustent de façon à éviter tout besoins de financement de chaque caisse du système de retraite. Concrètement les paramètres qui s'ajustent sont : le taux de cotisation du régime de base, le taux de taxe sur l'ensemble des revenus dans la caisse publique et les taux d'appel dans les régimes complémentaires.

Dans le modèle, seules les cotisations retraites sont prises en compte pour la transformation du salaire brut en salaire net. Le taux de cotisation du système est à chaque date calculé comme celui qui équilibre les soldes des régimes de retraites. Nous supposons que l'augmentation du taux de prélèvement moyen n'a pas d'effet en retour sur l'équation de salaire (eq. 7). Autrement dit, on fait abstraction de l'effet de "coin fiscal" sur les revendications salariales et donc le chômage.

TAB. 8 – *Ajustement par les taux de Cotisation : Décalage des taux d'activité*

	"Petite économie ouverte"				
	2001	2010	2020	2030	2040
Croissance du PIB (en %)	2.14	2.2	1.5	1.25	1.41
Dépenses de retraites (en % du Pib)	12.2	12.5	13.7	15.7	17.1
Variation de capital (en %)	3.84	2.42	1.65	1.25	1.39
Variation de l'emploi (en %)	.37	.45	-.19	-.34	-.18
Ratio de remplacement net	78.2	78.6	77.6	77.8	77.5
Consommation relative des retraités	1.1	1.02	.97	.96	.96
Taux de Propriété	1.03	.97	.96	.99	1.01
	Economie Fermée				
Croissance du PIB (en %)	2.07	1.78	1.56	1.44	1.45
Dépenses de retraites (en % du Pib)	12.21	12.77	14.1	15.7	16.9
Variation de capital (en %)	1.49	1.67	1.73	1.59	1.48
Variation de l'emploi (en %)	-.13	.25	-.14	-.25	-.165
Ratio de remplacement net	78.6	79.9	79.2	77.5	76
Consommation relative des retraités	1.1	1.05	1	0.97	0.95
Taux d'intérêt annuel (en %)	3.7	3.87	3.9	3.73	3.66

Source : Calculs des auteurs.

Ici encore, dans le cas d'une économie ouverte, le taux de croissance de l'économie est indépendant du mode de financement des retraites (cf. paragraphe précédent). Dans le cas d'une économie fermée, ce type d'ajustement implique, en revanche, un rythme de croissance globalement moins élevé que dans le cas précédent d'une baisse des ratios de remplacement. Cependant la croissance reste plus forte que dans le cas de recours à l'endettement du scénario 1 (Tableaux 8 et 4). L'effet principal de cette gestion des caisses de retraites est de réduire les capacités de financement des ménages actifs puisqu'une partie désormais plus importante des revenus de leur travail est prélevée par le système de retraite, d'où la moindre croissance du stock de capital en économie fermée. En revanche ce type d'ajustement permet de limiter fortement le déséquilibre de revenus entre les salaires et les pensions qui apparaissait dans le paragraphe 6.4. précédent.

Aussi globalement le niveau relatif des pensions par rapport aux revenus du travail peut apparaître plus satisfaisant dans la mesure où la situation relative des retraités par rapport à celle des actifs demeure plus équilibrée. En outre, même à comportement d'épargne inchangé, l'ajustement par les taux de cotisation, rendant le niveau de revenu relatif de chaque agent moins dépendant des revenus de leur patrimoine, permet de limiter les écarts de niveau de consommation tout au long du cycle de vie, non seulement entre les générations mais aussi entre les différents type d'agent.

## **7. CONCLUSION**

La maquette France présentée en détail dans ce document n'est qu'un élément d'un modèle plus large qui devrait comprendre des maquettes similaires pour d'autres pays européens. A ce stade ce modèle permet cependant de mettre en évidence les mécanismes liés au vieillissement de la population ainsi que les effets que l'on peut attendre des réformes, en cours et programmées, des régimes de retraite par répartition Français. Ce document décrit l'architecture générale d'une maquette pays et les modalités de son étalonnage. Il s'interroge ensuite sur la question du bouclage macro-économique du modèle et donc sur le rôle de l'accumulation de capital, et ce de façon à s'émanciper du cadre purement comptable dans lequel le problème du financement du système de retraite face au vieillissement démographique est en général abordé. Ceci permet d'insister sur l'absence de soutenabilité financière à long terme des régimes de retraite, point qui apparaît en général peu clair dans les purs modèles comptables puisque la question de la détention de la dette consécutive aux déséquilibres successifs des régimes de retraite n'est pas abordée.

La suite de l'étude illustre les propriétés de la maquette en projection, et différentes variantes paramétriques de réformes du système de retraites sont présentées. Elles montrent que le vieillissement démographique a nécessairement un impact négatif sur la croissance de long terme lorsque les mécanismes de celle-ci sont schématisés par un modèle de croissance néo-classique et ce quelque soient le scénario macro-économique et les modifications du régime de retraite envisagés. En général, l'effet récessif est renforcé à long terme dans l'hypothèse polaire d'une économie autarcique.

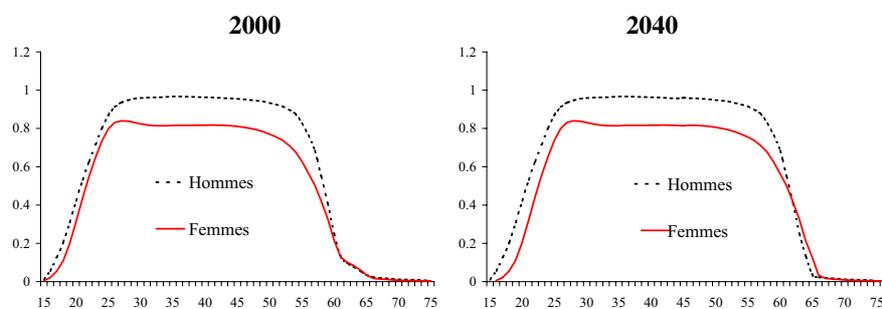
Deux conclusions principales ressortent de l'examen des différents scénarios de perspectives envisagés. Le premier concerne le caractère crucial des hypothèses effectuées en matière de comportement d'activité et de rythme de croissance du progrès technique pour l'avenir pour la question de la solvabilité financière des régimes de retraite. Le second point concerne les différents modes de gestion de l'équilibre financier des régimes. Le recours à l'emprunt seul paraît au vu des résultats impossible à long terme ; la baisse programmée des pensions permet de garantir un équilibre aux vertus macro-économiques indéniables mais reste porteuse de déséquilibres de situations individuelles importants tant entre les générations qu'entre les types d'agents ; la hausse des taux de cotisation évite cet écueil au prix d'une croissance un peu moindre en économie fermée.

## A ANNEXE

### A1. Décalage des taux d'activité

En projection, on décale les taux d'activité de trois ans pour tenir compte de l'augmentation des taux d'activité féminine et du l'allongement de la durée de cotisation nécessaire pour avoir le taux plein.

FIG. 7 – *Décalage des taux d'activité*



Sources : Recensement pour 2020 et Calcul des auteurs 2040.

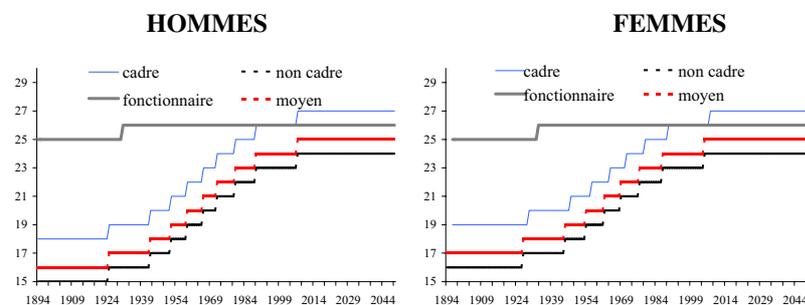
### A2. L'âge de fin d'étude et la durée de carrière

L'âge de fin d'étude joue un rôle important dans le modèle. En effet, l'âge de fin d'études combiné à l'âge de liquidation vont déterminer la durée moyenne d'activité qui intervient dans le calcul des pensions.

La détermination de l'âge moyen de fin d'étude est calquée sur celle déterminée dans le

modèle de microsimulation de l'Equipe Destinie (1999)<sup>19</sup>. L'âge de fin d'étude se caractérise par un allongement pour les générations nées avant 1975 puis une stabilisation de l'âge moyen autour de 24 ans pour les générations suivantes. Il s'agit d'une fonction logistique qui a été ajustée à partir des données de l'enquête emploi 1997 et dont les valeurs en projection sont obtenues en prolongeant la courbe. Nous avons ensuite distingué l'âge de début d'activité selon le genre et le statut. Pour ce faire nous nous sommes calés pour les non fonctionnaires sur les durées moyennes observées pour la génération 1958-1962 reportées dans le travail d'Assous, Bonnet et Colin (2000).

FIG. 8 – *Age de fin d'études par sexe, génération et catégorie professionnelle (D<sub>2</sub>)*



Sources : (Destinie 1999) pour la durée moyenne, étalonnage des auteurs pour les catégories professionnelles.

Une des hypothèses de notre modèle est la stabilité de l'âge d'entrée des fonctionnaires (25/26 ans selon le sexe). Cependant, comme l'âge de fin d'étude augmente on a une baisse relative de l'âge d'entrée des fonctionnaires.

### A3. Eléments d'explication sur les simulations numériques

La structure du modèle est entièrement tournée vers le passé, aussi pour simuler ce dernier nous avons opté pour la facilité en utilisant le logiciel GAMS. En effet, ce logiciel se révèle extrêmement pratique pour la simulation de modèles où les variables sont définies sur de nombreuses dimensions (ici le temps, la génération, le sexe, la catégorie professionnelle et parfois la caisse de retraite). La procédure de simulation s'effectue en deux étapes. Dans la première on simule le modèle sur le passé de 1950 à 2000, afin de calculer les droits à la retraite acquis par chaque type d'agent dans le passé ainsi qu'afin d'étalonner les paramètres du modèle pour reproduire une représentation de l'économie conforme à la situation de l'an 2000. Dans la seconde étape, une fois précisé le scénario retenu en matière de tendances exogènes (démographie, activité, PGF, règles des régimes de retraite, ...) on effectue la simulation correspondante pour

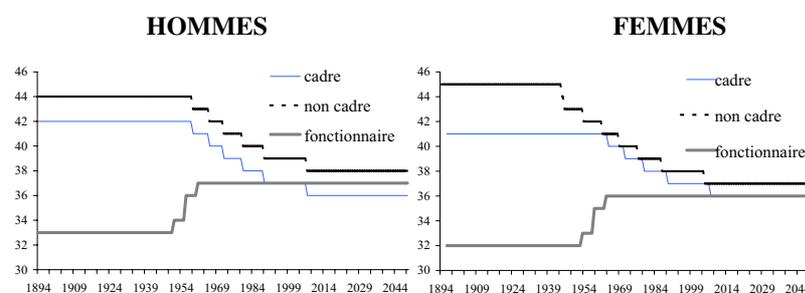
<sup>19</sup>. Dans la dernière version de Destinie, la valeur maximale à long terme de l'âge moyen de fin d'étude est désormais fixé à 21 ans et non plus 24 ans (Bardaji, Sédillot et Walraet 2002).

la période 2000-2050 en prenant comme donné une fois pour toute l'état de l'économie calculé dans la première phase.

#### A4. La durée moyenne de la carrière

Pour l'ensemble des générations jusqu'en 1934, la durée moyenne de carrière est déterminée à partir des âges moyens à la liquidation par sexe et par catégorie professionnelle fournis dans l'étude de Coeffic (2003) duquel on retranche le nombre d'année d'études calculé dans le paragraphe précédent. Pour les générations suivantes on extrapole les tendances passées suivant le schéma reporté dans les figures 9

FIG. 9 – *Durée de la carrière par sexe, génération et catégorie professionnelle (D)*



Sources : Coeffic (2003) pour les données historiques , étalonnage des auteurs pour les futurs retraités.

#### Références

- Arrondel, L. et A. Laferrère, Succession et héritiers à travers les données fiscales, *Economie et Prévision*, 1991, 100-101 (4/5), 137–160.
- Assous, L., C. Bonnet, et C. Colin, Comparaison des régimes de retraite des cadres et des non-cadres, *Dossiers Solidarité et Santé*, juillet-septembre 2000, 3.
- Auerbach, A. et L. Kotlikoff, *Dynamic Fiscal Policy*, London: Cambridge University Press, 1987.
- d'Autume, A. et A. Quinet, Une maquette de moyen terme de l'économie française, *Economie et Prévision*, Avril-Juin 2001, 148, 1–22.
- Bac, C., C. Bonnet, O. Bontout, et G. Cornilleau, *Exercices de simulation de l'évolution à long terme du système de retraite*, Document de travail : série Etudes 38, DREES, Paris Octobre 2003.
- et J. Chateau, *Actualisation des Projections démographiques du CEPII pour 7 pays de l'Union Européenne*, Mimeo, CEPII, Septembre 2003.
- Bardaji, J., B. Sédillot, et E. Walraet, *Évaluation de trois réformes du Régime Général d'assurance vieillesse à l'aide du modèle de microsimulation DESTINIE*, Working Paper G2002/07, Insee, Malakoff Juin 2002.

- , —, et —, *Un outil de prospective des retraites : le modèle de microsimulation DESTINIE*, Mimeo, Insee, Malakoff 2003.
- Blanchet, D., Retraites et croissance à long terme: un essai de simulation, *Economie et Prévision*, Octobre-Décembre 1992, 105, 1–16.
- Brutel, C., La Population de la France Métropolitaine en 2050, *Economie et Statistiques*, 2002, 355-356, 57–72.
- Cahuc, P. et A. Zylberberg, *Economie du travail* Balises, de boeck université éditeur 1996.
- Caussat, L., Retraite et correction des aléas de carrière, *Economie et Statistique*, 1996, 291-292 (1/2), 185–205.
- Charpin, J., *L'avenir de nos retraites* Rapport au Premier Ministre, la documentation française éditeur, Paris: Commissariat Général du Plan, 1999.
- Coeffic, N., *l'âge de liquidation des droits à la retraite de la génération 1934*, Etudes et Résultats 237, DREES, Paris 2003.
- Colin, C., V. Iéhlé, et R. Mahieu, *Les trajectoires de fin de carrière des salariés du secteur privé*, Dossiers solidarité et santé 3, DREES, Paris Juillet-Septembre 2000.
- COR, *Retraites : renouveler le contrat social entre les générations : Orientations et débats.*, La documentation française, *Premier Rapport au Premier Ministre*, Paris: Conseil d'orientation des retraites, Décembre 2001.
- , *Retraites : les réformes en France et à l'étranger, le droit à l'information*, à paraître à la la documentation française, *Second Rapport au Premier Ministre*, Paris: Conseil d'orientation des retraites, 2004.
- Crépon, B., N. Deniau, et S. Pérez-Duarte, *Wages, Productivity, and Worker Characteristics : A French Perspective*, Mimeo, CREST, INSEE Janvier 2002.
- Cour des comptes, *Les pensions des fonctionnaires civils de l'Etat*, la documentation française éditeur, *Rapport au Président de la République* Avril 2003.
- Daguet, F., *Un siècle de fécondité française : caractéristiques et évolution de la fécondité de 1901 à 1999*, Résultats Société : 8, INSEE Octobre 2002.
- Equipe Destinie, *Le modèle de microsimulation dynamique*, Working Paper G9913, Insee, Malakoff Aout 1999.
- Diamond, P., National Debt in a Neoclassical Growth Model, *American Economic Review*, 1965, 55, 1126–1150.
- Feldstein, M., Incidence of a capital income tax in a growing economy with variable saving rates, *Review of Economic Studies*, 1974, 41, 503–513.
- Fournier, JY. et P Givord, *La réduction des taux d'activité aux âges extrêmes, une spécificité française?*, Document de travail G2001/16, INSEE, Malakoff Décembre 2001.
- Gaudemet, J., Les dispositifs d'acquisition à titre facultatif d'annuités viagère en vue de la retraite : une diffusion limitée, *Economie et Statistique*, 2001, 348 (8), 81–106.
- Hairault, JO., F. Langot, et T. Sopraseduth, Retraite choisie et réduction des déficits, *revue française d'économie*, janvier 2004, 18, 75–136.
- Hénin, PY. et T. Weitzenblum, Eléments d'évaluation de la réformes des retraites, *revue française d'économie*, janvier 2004, 18, 9–74.

- Hourriez, J.M. et B. Legris, Le niveau de vie relatif des personnes âgées, *Economie et Statistique*, 1995, 283-4 (3/4), 137–158.
- et L. Olier, Niveau de vie et taille du ménage : estimation d'une échelle d'équivalence, *Economie et Statistique*, 1997, 308-309-310, 65–94.
- Imrohoroglu, S., A quantitative analysis of capital income taxation, *International Economic Review*, May 1998, 39 (2), 307–328.
- Loisy, C., Taux d'épargne par catégorie de ménages ', in INSEE, éditeur, *Données Sociales*, Paris: Insee, 1999, chapitre 6, pp. 294–300.
- Mahieu, R. et B. Sédillot, *Equivalent patrimonial de la rente et souscription de patrimoine complémentaire*, Working-Paper G2000/09, Insee, Malakoff Juillet 2000.
- Malabouche, G., L'évolution à long terme du système de retraite : une nouvelle méthode de projection, *Population*, 1987, 1, 1–22.
- Marchand, S., P. Massal, et P. Raynaud, *Situation et perspectives démographiques de la fonction publique de l'État*, Mimeo du Bureau des statistiques, des études et de l'évaluation, DGAFP, Paris Juin 2002.
- Mesnard, O., *Les retraites en 2000*, Études et résultats 147, Drees, Paris Décembre 2001.
- , *Les retraites en 2000*, Études et résultats 147, Drees, Paris Décembre 2001.
- Ministère de la Fonction Publique, *La fonction publique de l'Etat : rapport annuel mars 2001 - mars 2002.*, la documentation française éditeur Décembre 2002.
- Modigliani, F., Cycle de vie épargne individuelle et richesse des nations, *Revue Française d'Économie*, 1986, 1 (2), 16–54.
- Nauze-Fichet, E., Projections de population active en 2050 : l'essoufflement de la croissance des ressources en main d'œuvre, *Économie et Statistiques*, 2002, 355-356, 73–104.
- Samuelson, P., An exact consumption-loan model of interest with or without the social contrivance of money, *Journal of Political Economy*, 1958, 66 (6), 467–482.
- Sleiman, R., *Projections démographiques de quelques pays de l'Union Européenne*, Document de travail 2002-13, CEPII, Paris Octobre 2002.
- Solow, R., A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, février 1956, 70 (1), 65–94.