

# Vieillesse de la population en Italie et efficacité des réformes Amato et Dini : un modèle d'équilibre général à générations imbriquées

Riccardo Magnani\*

*THEMA - Université de Cergy-Pontoise  
et Università degli Studi di Verona*

## 1 Introduction

Les pays de l'OCDE vivront dans les décennies futures une phase de changements démographiques importants. L'augmentation de la durée de vie, la réduction du taux de fécondité et surtout le baby-boom qui s'est produit pendant les années 1950 et 1960, entraînent un vieillissement de la population qui suscite déjà de nombreuses interrogations sur le problème du financement des retraites.

En ce qui concerne l'Italie, les projections basées sur l'hypothèse centrale présentées par l'Istat<sup>1</sup>, montrent des résultats préoccupants :

- une augmentation de la part de la population de plus de 65 ans, de 18 % en 2000 à 32,3 % en 2050;
- une réduction simultanée de la part des jeunes de moins de 19 ans (qui passe de 19,8 % en 2000 à 15,6 % en 2050) et de la part de la population âgée de 20 à 34 ans (de 22,5 % en 2000 à 14 % en 2050);
- une augmentation du ratio de dépendance (c'est-à-dire du ratio entre le nombre des personnes de plus de 65 ans et le nombre des personnes âgées de 15 à 64 ans) de 26,6 % en 2000 à 63,5 % en 2050;
- une réduction de la population totale, à partir de 2015, due à une réduction du taux de fécondité (qui est déjà inférieur à la valeur qui permet le

---

\* riccardo.magnani@eco.u-cergy.fr. Je voudrais exprimer mes remerciements à Jean Mercenier pour l'aide précieuse sans laquelle cet article n'aurait pu être rédigé. Je voudrais aussi remercier les deux rapporteurs anonymes pour les suggestions constructives qui ont contribué à une amélioration substantielle de l'article. Je reste, bien évidemment, le seul responsable des éventuelles erreurs et omissions.

<sup>1</sup> Istat (2001), Previsioni della popolazione residente per sesso, età e regione. Base 1.1.2001.

renouvellement des générations) non suffisamment compensée par le solde migratoire.

Les figures 1, 2 et 3 en Annexe indiquent respectivement, pour la période 1950 - 2050, l'évolution de la structure de la population, l'évolution du ratio de dépendance et celle de la population totale.

Cette évolution démographique pose inévitablement des interrogations quant au système actuel de financement des retraites. L'augmentation du ratio de dépendance provoque un fort déséquilibre entre la valeur des cotisations sociales perçues et des pensions versées. Ce déficit structurel menace le respect des critères du Pacte de Stabilité Européen. Les réformes du système de retraite mises en place pendant les années 90 (réforme Amato en 1992 et réforme Dini en 1995) visaient à résoudre ce problème. Cependant, ainsi que nous le verrons, même si elles prévoient une forte réduction de la valeur des pensions futures, elles permettront de contrôler uniquement l'évolution du ratio entre la dépense totale du système de retraite et le PIB et non pas d'atteindre l'équilibre financier du système de retraite.

Le problème du vieillissement de la population a déjà fait l'objet de plusieurs travaux. En particulier dans le contexte italien, Brugiavini et Fornero (1999), Castellino et Fornero (1997), Ferraresi et Fornero (2000), Franco (2000), analysent l'impact sur le système de retraite italien à l'aide d'une approche d'équilibre partiel, en faisant l'hypothèse que les salaires et le PIB croissent d'une façon constante et que les taux d'intérêt restent constants dans le temps. Toutefois, le vieillissement constitue un changement majeur de l'environnement macroéconomique dont les répercussions n'affecteront pas uniquement le système de sécurité sociale : on peut prévoir que l'évolution de l'offre de travail et de capital affectera sensiblement le niveau des principales variables macroéconomiques (consommation agrégée, épargne agrégée, production nationale) et, par conséquent, le niveau de bien-être national. Dans la présente étude, nous utiliserons une approche d'équilibre général à générations imbriquées qui permettra d'évaluer les impacts du vieillissement et de la mise en place des réformes du système de retraite sur l'économie dans son ensemble, et en particulier sur le marché du travail (et donc sur les salaires, qui influencent directement l'évolution des cotisations sociales) et des capitaux (et donc sur les investissements et les taux d'intérêt, qui influencent la croissance du PIB).

Plusieurs travaux ont déjà été effectués par l'approche d'équilibre général à générations imbriquées afin d'évaluer les impacts du vieillissement de la population sur les pays occidentaux, voir Auerbach *et al* (1989), Hviiding et Mérette (1998), Fougère et Mérette (1999), Miles (1999), Bouzazhah, de la Croix et Docquier (2002).

L'analyse faite ici diffère cependant de ces études, outre que l'attention est portée ici spécifiquement sur la situation italienne. Notre modèle est tout d'abord original en ce qu'il tient compte de la mortalité, de l'immigration et de l'accumulation du capital humain. L'introduction de la mortalité et de l'immigration nous a permis de reproduire l'évolution démographique

d'une façon très précise. En particulier, la distinction entre les personnes nées en Italie et les immigrés crée une hétérogénéité entre les individus. Cette hétérogénéité provient de l'hypothèse réaliste que les immigrés sont caractérisés par un niveau de productivité plus faible que les natifs et par un patrimoine initial faible (approximativement nul). Un travail ultérieur explorera plus spécifiquement l'effet des politiques d'immigration. L'introduction du capital humain nous a permis d'introduire un mécanisme de croissance endogène basé sur le niveau moyen des connaissances présentes dans l'économie. Le capital humain a été modélisé en considérant que les personnes appartenant à la première classe d'âge doivent décider du niveau d'investissement en éducation. Ceci semble important puisque les décisions d'investir ou non en capital humain dépendront des prix relatifs des facteurs susceptibles de varier considérablement du fait du vieillissement.

Notre approche diffère aussi des précédentes analyses du même type pour la technique de calibrage utilisée ici : notre modèle est calibré hors équilibre stationnaire afin de reproduire correctement les données de 1995.

L'objectif de ce papier est d'analyser les impacts du vieillissement sur l'économie italienne et en particulier sur le système de retraite, afin d'évaluer l'efficacité des réformes mises en place durant les années 1990. Nous cherchons donc à répondre à la question suivante : les réformes Amato et Dini sont-elles suffisantes ou appellent-elles de nouvelles réformes ?

Le papier s'organise de la façon suivante. Dans la section 2, nous décrivons les caractéristiques du système de retraite italien et des réformes mises en place dans les années 1990. Dans la section 3 nous décrivons la procédure utilisée afin de reproduire dans le modèle l'évolution démographique italienne. À suivre, nous analysons la structure du modèle à générations imbriquées et son calibrage hors équilibre stationnaire. Les sections 6 et 7 présentent les résultats des simulations du modèle concernant l'évolution démographique et la mise en place des réformes Amato et Dini. La section suivante présente deux analyses de sensibilité. Enfin, nous concluons dans la dernière section.

## 2 Le système de retraite italien et les réformes des années 1990

Les dépenses liées au système de retraite en Italie ont fortement augmenté à partir des années 1960<sup>2</sup>. L'anomalie principale de la situation italienne provient du fait qu'il n'existe pas de nette séparation entre le système de retraite proprement dit et un système d'aides sociales qui n'est pas lié à un système de cotisations. En particulier, le système de retraite italien comprend :

<sup>2</sup> Elles représentaient 5 % du PIB en 1960, 10,2 % en 1980 et 15,7 % en 1999 (Franco (2000)).

- les pensions liées à l'activité de travail les pensions de vieillesse, les pensions d'invalidité, les pensions versées en cas d'accidents du travail et de maladies professionnelles;
- les pensions de réversibilité, versées au conjoint de l'assuré;
- les pensions versées aux personnes âgées de plus de 65 ans avec un revenu insuffisant.

Un second problème est lié à l'existence de deux critères différents pour partir à la retraite : d'une part, la possibilité de partir à la retraite à un âge minimum (*pensione di vecchiaia*) et d'autre part, la possibilité de partir à la retraite avec un nombre minimum d'années cotisées (*pensione di anzianità*).

Au début des années 1990, le système de retraite italien était caractérisé par trois problèmes graves<sup>3</sup> :

- i) un déficit financier très élevé, promis à l'augmentation par le jeu de l'évolution démographique;
- ii) une inégalité distributive importante : la présence de différents régimes de retraite privilégiant les travailleurs indépendants par rapport aux travailleurs salariés<sup>4</sup>. Les salariés de l'administration publique étant eux même privilégiés par rapport aux salariés des entreprises privées (avant la réforme, pour les premiers, la pension était calculée sur la base du salaire perçu la dernière année de travail contre les 5 dernières années pour les seconds);
- iii) une incitation à sortir du monde du travail : l'inexistence d'un lien entre la valeur de la pension et l'âge de la retraite, poussait les individus à sortir le plus tôt possible du monde du travail, comme s'il existait une taxe implicite, très élevée, sur la prolongation de l'activité professionnelle<sup>5</sup>. Cela explique la faiblesse des taux d'activité des hommes et des femmes âgés de 55 à 65 ans.

Notre objectif est d'évaluer la viabilité du système de retraite italien. Aussi que déjà mentionné, deux réformes ont été mises en place durant les années 1990 (réforme Amato en 1992, puis réforme Dini en 1995) dans le triple but de réduire les dépenses des retraites par rapport au PIB, de rendre homogènes les différentes réglementations et d'augmenter l'équité du système de retraite. Les deux réformes prévoient un étalement dans le temps de leur application : la réforme Amato portait sur les personnes ayant moins de 15 ans de cotisations en 1992; la réforme Dini de 1995 met en œuvre une nouvelle réglementation pour les personnes qui sont entrées sur le marché du travail à partir de 1995 et prévoit un système mixte, dénommé *pro-rata*, pour les personnes ayant moins de 18 ans de cotisations en 1995.

L'état du système de retraite italien est donc intrinsèquement « en transition » et une évaluation de son évolution future exige une prise en

<sup>3</sup> Castellino et Fornero (1999).

<sup>4</sup> Peracchi et Rossi (1995) ont estimé que le rendement implicite des cotisations versées par les travailleurs indépendants était deux fois supérieur au rendement implicite des cotisations versées par les salariés.

<sup>5</sup> Brugiavini (1997).

compte des effets de ces réformes depuis leur implémentation. Ces réformes constitueront donc nos « chocs » de politique économique. Nous décrivons maintenant les principaux éléments de ces réformes.

## 2.1 La réforme Amato (1992)

Les principales innovations de la réforme Amato sont les suivantes :

- i)* pour obtenir la pension liée à l'âge de la retraite (*pensione di vecchiaia*), l'âge de la retraite a augmenté de 55 à 60 ans pour les femmes et de 60 à 65 ans pour les hommes, et le nombre minimum d'années de cotisations passe de 15 à 20 ans;
- ii)* pour obtenir la pension liée à la durée de cotisation (*pensione di anzianità*), le nombre d'années de cotisations augmente progressivement dans le secteur public à 35 ans, comme prévu dans le secteur privé;
- iii)* l'introduction de fonds de pension réglementés;
- iv)* l'indexation des pensions sur la base du taux d'inflation et non sur celle des salaires réels.

## 2.2 La réforme Dini (1995)

La réforme Dini prévoit le passage d'un système où le montant des prestations est calculé sur la base des rémunérations passées à un système où ce montant est calculé sur la base des cotisations versées pendant toute la durée du travail. Avec la nouvelle réforme, pour partir à la retraite il faut avoir soit 57 ans avec un minimum de 5 années de cotisations, soit 40 ans de cotisations. Les travailleurs peuvent décider de prendre leur retraite entre 57 et 65 ans et les pensions liées à la durée de cotisation (*pensione di anzianità*) vont disparaître. Le but de cette réforme est de pénaliser le fait d'avancer la date de la retraite.

La pension est calculée de la façon suivante :

- i)* pour ceux qui ont commencé à travailler après 1995 : les cotisations sociales versées durant toute la durée du travail sont virtuellement capitalisées au taux moyen de croissance du PIB nominal des 5 dernières années; cette valeur est multipliée par un coefficient de transformation fixé par la loi et qui dépend de l'âge de la retraite<sup>6</sup>;
- ii)* pour ceux qui en 1995 avaient plus de 18 ans de cotisations, la pension est calculée selon l'ancienne méthode, c'est-à-dire sur la base de la moyenne des revenus perçus pendant les 10 dernières années;
- iii)* pour ceux qui en 1995 avaient moins de 18 ans de cotisations, le calcul de la pension est effectué selon la méthode *pro-rata* : la pension est égale

<sup>6</sup> Les coefficients de transformation fixés par la loi sont indiqués dans le tableau 30 en Annexe.

à une moyenne pondérée entre la pension calculée avec l'ancienne et la nouvelle méthode.

### 3 Reproduction de l'évolution démographique

Le modèle présenté dans cet article est un modèle à générations imbriquées dans lequel 15 classes d'âge, indiquées par  $g(k)$  avec  $k = 1, \dots, 15$ , coexistent à chaque période  $t$  :

$g(1)$	20 – 24
$g(2)$	25 – 29
$g(3)$	30 – 34
$g(4)$	35 – 39
$g(5)$	40 – 44
$g(6)$	45 – 49
$g(7)$	50 – 54
$g(8)$	55 – 59
$g(9)$	60 – 64
$g(10)$	65 – 69
$g(11)$	70 – 74
$g(12)$	75 – 79
$g(13)$	80 – 84
$g(14)$	85 – 89
$g(15)$	> 90

L'immigration étant supposée concentrée sur la classe d'âge 30-34 ans, il est nécessaire de distinguer pour chaque classe d'âge suivante deux groupes d'individus, indiqués par  $z$  : les personnes nées en Italie ( $it$ ) et les immigrés ( $im$ ). À la fin de chaque période, les personnes appartenant à la dernière classe d'âge ( $k = 15$ ) meurent, une fraction des personnes appartenant aux autres classes meurt, et une nouvelle génération entre dans la population active.

L'évolution démographique est décrite par les équations suivantes :

$$POP_{g(1),t+4}^{it} = \sum_{k=1}^4 \eta_{g(k),t} \cdot (POP_{g(k),t}^{it} + POP_{g(k),t}^{im}) \quad (1)$$

$$POP_{g(3),t}^{im} = imm_{g(3),t} \quad (2)$$

$$POP_{g(k+1),t+1}^z = POP_{g(k),t}^z \cdot \gamma_{g(k+1),t+1} \quad (3)$$

L'équation (1) indique que le nombre des personnes appartenant à la première classe d'âge en  $t+4$  ( $POP_{g(1),t+4}^{it}$ ), c'est-à-dire le nombre des personnes

qui naissent en  $t$ , dépend du nombre des personnes âgées de 20 à 39 ans, nées en Italie et immigrées, et des paramètres  $\eta_{g(k),t}$  (avec  $k \leq 4$ ) qui représentent les taux de fécondité différenciés selon l'âge des parents. L'équation (2) indique que le nombre d'immigrés appartenant à la classe d'âge 30-34 ans ( $POP_{g(3),t}^{im}$ ) coïncide avec le flux migratoire ( $imm_{g(3),t}$ ). L'équation (3) indique que le nombre des personnes nées en Italie et d'immigrés appartenant aux classes d'âge suivantes en  $t+1$  ( $POP_{g(k+1),t+1}^z$ ) dépend du nombre des personnes appartenant à la classe précédente en  $t$  et du taux de survie, où  $\gamma_{g(k+1),t+1}$  indique la probabilité pour une personne appartenant à la classe d'âge  $g(k)$  à la date  $t$ , de rejoindre en  $t+1$  la classe d'âge  $g(k+1)$ . Nous faisons l'hypothèse que les taux de fécondité et les taux de survie sont identiques pour les personnes nées en Italie et les immigrés<sup>7</sup>.

Puisque dans le modèle seules les personnes âgées de plus de 20 ans sont prises en compte, l'objectif est de reproduire l'évolution démographique de la population de plus de 20 ans, et en particulier :

- le ratio de dépendance, c'est-à-dire le rapport entre les personnes âgées de plus de 65 ans et les personnes âgées de 20 à 64 ans;
- la structure de la population, c'est-à-dire le rapport entre le nombre des personnes appartenant à une classe d'âge donnée et la population totale;
- la population totale.

Comme déjà mentionné, en ce qui concerne les flux migratoires, nous avons fait l'hypothèse que les immigrés qui arrivent en Italie sont âgés de 30-34 ans. Nous avons considéré un flux migratoire compris entre 100 000 et 120 000 personnes par an à partir de 1990, selon les hypothèses effectuées par l'Istat. Les migrations de retour ne sont pas prises en compte dans le modèle. En ce qui concerne les 9 premières classes d'âge, nous avons utilisé les probabilités de survie présentées par l'Istat et relatives à l'année 2000. Par contre, les probabilités de survie des autres classes d'âge ( $\gamma_{g(k),t}$  avec  $k \geq 10$ ) et les taux de fécondité ( $\eta_{g(k),t}$  avec  $k \leq 4$ ) ont été calibrés afin de reproduire l'évolution démographique. En particulier, les taux de fécondité, qui sont différenciés selon l'âge des parents, ont été calibrés en respectant les proportions entre les taux de fécondité résultant des données réelles<sup>8</sup>.

En Annexe, nous indiquons les probabilités de survie présentées par l'Istat pour l'année 2000 (tableau 4), les probabilités de survie utilisées dans le modèle pour les personnes âgées de plus de 65 ans (tableau 5) et les taux de fécondité utilisés dans le modèle (figure 6).

Les résultats de la reproduction de l'évolution démographique dans le modèle sont représentés en Annexe : la figure 7 concerne le taux de dépendance, la figure 8 concerne les différentes classes d'âge et la figure 9 concerne la population totale. En particulier, nous pouvons que le taux de

<sup>7</sup> Mayer et Riphahn (1999) ont estimé que les taux de fécondité des immigrés convergent vers les niveaux des natifs.

<sup>8</sup> En 1994, pour 1000 femmes, le taux de fécondité était de 40,4 pour la classe 20-24, de 84,7 pour la classe 25-29, de 74,6 pour la classe 30-34 et de 31,1 pour la classe 35-39 (Istat, 1999).

dépendance, c'est-à-dire la principale variable démographique, est presque parfaitement reproduite.

## 4 Le modèle

### 4.1 Les générations

#### 4.1.1 Caractéristiques du modèle

Le modèle comprend 15 classes d'âge à l'intérieur desquelles nous supposons qu'il existe un individu représentatif des personnes nées en Italie et un individu représentatif des immigrants (hétérogénéité intragénérationnelle), que les agents ont des anticipations parfaites et qu'il n'y a pas de contraintes de liquidité. Chaque période est constituée de 5 années et toutes les variables sont supposées constantes à l'intérieur de chaque période.

Les jeunes de moins de 20 ans ne sont pas pris en compte dans le modèle, car on les suppose totalement tributaires de leur famille. Comme mentionné précédemment, à la fin de chaque période toutes les personnes appartenant à la dernière classe d'âge meurent, une fraction des personnes appartenant aux autres classes meurt sur la base du taux de mortalité, et une nouvelle génération entre par ailleurs dans la population active.

Ceux qui meurent à la dernière période (donc à 95 ans) décident de laisser un héritage aux autres générations sur la base d'un processus de maximisation de l'utilité : dans ce cas on a des héritages volontaires. Par contre, les personnes appartenant aux autres classes d'âge, en cas de mort prématurée, ne programment pas la valeur du patrimoine final : dans ce cas apparaissent des héritages involontaires.

Les 9 premières classes d'âge travaillent. La décision de travailler est endogène pour les 7 premières classes d'âge. Les jeunes appartenant à la première classe d'âge (20-24 ans) doivent décider de la fraction du temps à consacrer aux études durant la première période de « vie active ». Les classes d'âge suivantes, jusqu'à la classe 50-54 ans, doivent décider de la fraction du temps à consacrer au travail et au loisir. En ce qui concerne les 2 dernières classes d'âge qui travaillent (55-59 et 60-64 ans), la fraction de personnes qui travaille est fixée d'une façon exogène sur la base des données réelles.

Les immigrants et les personnes nées en Italie ont exactement la même structure de préférences. Ils doivent décider du profil intertemporel de leur consommation et du loisir ainsi que la valeur de l'héritage volontaire à laisser à la fin de la dernière période de vie. Par contre, la décision de la fraction du temps à consacrer aux études concerne uniquement les personnes nées en Italie.



De plus, les immigrés diffèrent par rapport aux personnes nées en Italie par un niveau de productivité plus faible<sup>9</sup> et nous faisons l'hypothèse que les immigrés entrent en Italie avec un patrimoine nul.

Les enfants des immigrés, comme supposé dans le modèle de Storesletten (2000), sont considérés identiques aux enfants des personnes nées en Italie. Par conséquent, ils doivent décider eux même de la fraction du temps à consacrer aux études et la différence de productivité va s'effacer.

#### 4.1.2 Le capital humain

La modélisation du capital humain est similaire à celle de Lucas (1988), laquelle a été reprise, dans le contexte des modèles OLG, par Fougère et Mérette (1999) et Bouzahzah, de la Croix et Docquier (2002). Dans ces modèles, la croissance de l'économie est due à la transmission de capital humain aux générations futures, où les individus appartenant à la première classe d'âge reçoivent en héritage un stock de capital humain. Dans le modèle présenté dans cet article, la croissance de l'économie est liée au stock moyen de capital humain, qui représente le niveau moyen de connaissances de l'économie. Nous faisons l'hypothèse que toutes les personnes qui coexistent à la même période bénéficient de ces connaissances et donc que le stock moyen de capital humain influence directement leur niveau de productivité.

En particulier, la productivité de chaque travailleur dépend de trois éléments :

i) de la productivité liée à l'âge de l'individu, et donc à son expérience, indiquée par  $EP_{g(k)}$ ; cette composante est décrite par une fonction quadratique :

$$EP_{g(k)} = \theta + \theta_1 k + \theta_2 k^2 \quad (4)$$

avec  $k \leq 9$  car seulement les 9 premières classes d'âge travaillent;

ii) de la productivité liée à la décision d'étudier, indiquée par  $HC_{g(k),t}$ ; cette composante est décrite par une fonction concave :

$$HC_{g(1),t} = \left[ \Delta \cdot \left( 1 - l_{g(1),t}^{it} \right) \right]^{\alpha_{HC}} \quad (5)$$

où  $\Delta$  indique le nombre d'années qui constituent une période (5 ans) et  $l_{g(1),t}^{it}$  représente la fraction des personnes nées en Italie âgés de 20-24 ans qui travaille, ou bien la fraction du temps consacré au travail par un jeune de 20-24 ans; le stock de capital humain accumulé par l'individu appartenant à la première classe d'âge dépend donc du nombre d'années consacrées aux études,  $\Delta \cdot \left( 1 - l_{g(1),t}^{it} \right)$ ; par la suite, le capital humain constitué par l'individu se déprécie, selon un taux de dépréciation  $\delta_{HC}$  :

$$HC_{g(k),t+k-1} = HC_{g(1),t} \cdot [1 - (k-1) \cdot \delta_{HC}] \quad (6)$$

<sup>9</sup> Storesletten (2000) estime pour les États-Unis que la productivité des personnes qui immigreront à l'âge de 37 ans est inférieure de 13 % par rapport à celle des natifs.

avec  $1 < k \leq 9$ ;

iii) de la productivité liée au niveau moyen des connaissances présentes dans l'économie, indiquée par  $H_t$ ; le niveau moyen des connaissances présentes dans l'économie, indiqué par  $\bar{H}_t$ , est mesuré à chaque période par la moyenne pondérée des stocks de capital humain détenus par les classes qui coexistent à la même période, c'est-à-dire :

$$\bar{H}_t = \frac{\sum_k HC_{g(k),t} \cdot l_{g(k),t}^{it} \cdot POP_{g(k),t}^{it}}{\sum_k l_{g(k),t}^{it} \cdot POP_{g(k),t}^{it}} \tag{7}$$

où  $l_{g(k),t}^{it}$  indique la fraction des personnes nées en Italie appartenant à la classe  $g(k)$  qui travaille; le taux de croissance de cet indice ( $g_{H_t}$ ), qui représente le taux de croissance des variables par tête à l'équilibre stationnaire, est endogène et dépend du niveau moyen des connaissances selon la relation suivante :

$$g_{H_t} = \frac{H_{t+1} - H_t}{H_t} = g_{exo} \cdot \bar{H}_t^{\frac{1}{\alpha_{HC}}} \tag{8}$$

où  $g_{exo}$  est un paramètre exogène<sup>10</sup>; chaque individu ne peut influencer par sa décision d'étudier la valeur de cet indice; par conséquent, il y a une externalité positive.

La productivité totale, indiquée par  $A_{g(k),t}^z$ , pour un individu appartenant à la classe d'âge  $g(k)$ , est donnée par le produit des trois types de productivité; donc, nous avons :

$$A_{g(k),t}^z = EP_{g(k)} \cdot HC_{g(k),t} \cdot H_t \cdot \theta^z \tag{9}$$

avec  $\theta^{it} = 1$  et  $\theta^{im} = 0,87$ , car la productivité totale des immigrés est supposée inférieure de 13 % (Storesletten (2000))<sup>11</sup>.

<sup>10</sup> Nous pouvons noter que l'expression  $\bar{H}_t^{\frac{1}{\alpha_{HC}}}$  représente une moyenne pondérée du nombre d'années consacrées aux études par les individus qui travaillent en  $t$ , c'est-à-dire

$$\bar{H}_t^{\frac{1}{\alpha_{HC}}} = \left\{ \frac{\sum_k \left[ \Delta \cdot \left( 1 - l_{g(k),t-k+1}^{it} \right)^{\alpha_{HC}} \right] \cdot l_{g(k),t}^{it} \cdot POP_{g(k),t}^{it}}{\sum_k l_{g(k),t}^{it} \cdot POP_{g(k),t}^{it}} \right\}^{\frac{1}{\alpha_{HC}}}$$

En particulier, à l'équilibre stationnaire, où tous les individus consacrent la même quantité de temps aux études, nous avons que  $\bar{H}_t^{\frac{1}{\alpha_{HC}}} = \Delta \cdot \left( 1 - l_{g(1)}^{it} \right)$ . Cela signifie que, à l'équilibre stationnaire, le taux de croissance de la productivité est proportionnel au nombre d'années consacrées aux études,  $g_{H_t} = g_{exo} \cdot \Delta \cdot \left( 1 - l_{g(1)}^{it} \right)$ , ce qui correspond exactement à la formulation utilisée par Lucas (1988) pour définir l'évolution du taux de croissance de la productivité.

<sup>11</sup> Cette hypothèse implique que les immigrés ont un niveau de productivité liée à l'éducation inférieur de 13 % par rapport aux natifs, car nous pouvons supposer qu'un immigré et un natif ayant le même âge ont la même productivité liée à l'expérience et qu'ils bénéficient en mesure égale des connaissances présentes dans l'économie. En considérant l'équation (5), cela implique que les immigrés ont un stock de capital humain inférieur de 10 % par rapport aux natifs.

### 4.1.3 Fonction d'utilité

Les personnes nées en Italie et les immigrés présentent la même fonction d'utilité. Le niveau d'utilité de la génération née en  $t$  est donné par la somme de trois éléments :

- i*) la valeur actualisée de l'utilité de la consommation future, pondérée par la probabilité de survie;
- ii*) la valeur actualisée de l'utilité du loisir, pondérée par la probabilité de survie;
- iii*) la valeur actualisée de l'utilité de l'héritage laissé à la fin de la dernière période de vie, pondérée par la probabilité de survie.

La fonction d'utilité, du type logarithmique<sup>12</sup>, est donc la suivante :

$$\begin{aligned}
 U_t^z = & \\
 & \sum_k \log \left( c_{g(k),t+k-1}^z \right) \cdot B_{g(k)} \cdot \Omega_{g(k),t+k-1} + \\
 & \sum_k \varepsilon_{g(k),t+k-1} \log \left[ \Delta \cdot \left( 1 - l_{g(k),t+k-1}^z \right) \right] \cdot B_{g(k)} \cdot \Omega_{g(k),t+k-1} + \\
 & \beta_{BEQ} \cdot \log \left( BEQ_{t+14}^z \right) \cdot B_{g(15)} \cdot \Omega_{g(15),t+14}
 \end{aligned} \tag{10}$$

avec  $k \leq 15$  pour les personnes nées en Italie et  $3 \leq k \leq 15$  pour les immigrés.

$c_{g(k),t}^z$  représente la consommation réelle effectuée dans une période de 5 ans par la classe  $g(k)$ ,  $B_{g(k)}$  représente le facteur d'actualisation, avec  $B_{g(k)} = \prod_{s=1}^k \frac{1}{1+\rho_{g(s)}}$  où  $\rho_{g(k)}$  représente le taux de préférence intertemporel de l'individu appartenant à la classe d'âge  $g(k)$ ,  $\varepsilon_{g(k),t}$  mesure l'intensité de la préférence pour le loisir par rapport à la consommation,  $\beta_{BEQ}$  mesure l'intensité de la préférence pour l'héritage, et  $BEQ_t^z$  indique l'héritage volontaire laissé à la fin de la dernière période.

$\left( 1 - l_{g(k),t}^z \right)$  avec  $k > 1$  indique la fraction du temps que la classe  $g(k)$  consacre au loisir, alors qu'avec  $k = 1$ , c'est-à-dire pour la première classe d'âge, cette expression indique la fraction du temps consacré aux études.

$\Omega_{g(k),t}$  indique la probabilité qu'une personne de la classe d'âge  $g(k)$  soit vivante en  $t$ . Bien évidemment,  $\Omega_{g(1),t} = 1$ . En indiquant par  $\gamma_{g(k),t}$  la probabilité qu'une personne appartenant à la classe d'âge  $g(k-1)$  à la date  $t-1$  rejoigne en  $t$  la classe d'âge  $g(k)$ ,  $\Omega_{g(k),t}$  s'exprime de la façon suivante :

$$\Omega_{g(k),t} = \prod_{s=1}^k \gamma_{g(s),t-k+s} \tag{11}$$

<sup>12</sup> Nous avons utilisé une forme fonctionnelle logarithmique, au lieu d'une forme plus flexible (par exemple, une fonction CRRA), car la seule valeur de l'élasticité de substitution intertemporelle compatible avec l'équilibre stationnaire en présence de croissance est 1. Cela implique l'hypothèse que la croissance n'affecte pas la qualité du loisir.

#### 4.1.4 Contrainte budgétaire

En ce qui concerne la contrainte budgétaire, il faut distinguer deux cas :

i) La contrainte budgétaire pour les personnes qui vivent jusqu'à la dernière classe d'âge.

Pour elles, le patrimoine final (dont sa valeur actualisée est donnée par la différence entre la valeur actualisée des revenus futurs et la valeur actualisée des dépenses futures) est laissé volontairement en héritage. Par conséquent, la valeur actualisée du patrimoine final coïncide avec la valeur actualisée de l'héritage :

$$\sum_{k=1}^{15} R_{t+k-1} \cdot \left( m_{g(k),t+k-1}^z - d_{g(k),t+k-1}^z \right) = R_{t+14} \cdot p_{t+14} \cdot BEQ_{t+14}^z \quad (12)$$

$R_t$  représente le facteur d'actualisation, avec  $R_{t+k-1} = \prod_{s=t+1}^{t+k-1} \left( \frac{1}{1+r_{net_s}} \right)$ , où  $r_{net_t}$  est le taux d'intérêt pour une période de 5 ans net de la taxation directe.

Le revenu net perçu dans une période de 5 ans, indiqué par  $m_{g(k),t}^z$ , est donné par les revenus nets du travail, les pensions nettes et les héritages volontaires et involontaires perçus, c'est-à-dire :

$$\begin{aligned} m_{g(k),t}^z = & \\ & (1 - \tau_t - \tau_{cs}) \cdot l_{g(k),t}^z \cdot w_{lab,t} \cdot A_{g(k),t}^z + \\ & (1 - \tau_t) \cdot PP_{g(k),t}^z \cdot \Delta \cdot Pens_{g(k),t}^z + \\ & InhVOL_{g(k),t}^z + InhINV_{g(k),t}^z \end{aligned} \quad (13)$$

Le revenu net du travail perçu par une personne appartenant à la classe  $g(k)$  dépend de la fraction du temps consacrée au travail ( $l_{g(k),t}^z$ ), du salaire perçu dans la période ( $w_{lab,t} \cdot A_{g(k),t}^z$ ) et du niveau de taxation (où  $\tau_t$  indique le taux de taxation directe et  $\tau_{cs}$  indique le taux des cotisations sociales).  $PP_{g(k),t}^z$  indique la fraction des personnes appartenant à la classe  $g(k)$  qui sont à la retraite et  $Pens_{g(k),t}^z$  indique la valeur de la pension annuelle perçue par les personnes appartenant à la classe  $g(k)$ .

Les dépenses, indiquées par  $d_{g(k),t}^z$ , sont données par la consommation de biens et services et par les dépenses liées aux enfants ( $c\_childr_{g(k),t}^z$ ) :

$$d_{g(k),t}^z = p_t \cdot c_{g(k),t}^z + c\_childr_{g(k),t}^z \quad (14)$$

En particulier, les dépenses liées aux enfants dépendent du nombre d'enfants ( $n\_childr_{g(k),t}^z$ ) et du coût moyen de chaque enfant ( $c_t^{childr}$ )<sup>13</sup> :

$$c\_childr_{g(k),t}^z = n\_childr_{g(k),t}^z \cdot c_t^{childr} \quad (15)$$

<sup>13</sup> Nous faisons l'hypothèse que le coût moyen de chaque enfant est indépendant de l'âge de l'enfant et qui varie dans le temps selon l'évolution du PIB.

Les héritages volontaires ( $InhVOL_{g(k),t}^z$ ) et involontaires ( $InhINV_{g(k),t}^z$ ) sont distribués parmi les autres classes d'une façon uniforme. Les pensions sont calculées selon la méthode décrite dans le paragraphe 4.3.1.

ii) La contrainte budgétaire pour les personnes qui meurent avant d'atteindre la dernière classe d'âge est la suivante :

$$\sum_{k=1}^{T < 15} R_{t+k-1} \cdot \left( m_{g(k),t+k-1}^z - d_{g(k),t+k-1}^z \right) \underset{<}{\overset{>}{\geq}} 0 \quad (16)$$

La valeur actualisée du patrimoine de la personne qui meurt à la classe d'âge  $g(T)$  (avec  $T < 15$ ) peut être positive, négative ou nulle. Ce patrimoine représente un héritage involontaire.

#### 4.1.5 Choix optimal des individus

Dans le but de maximiser l'utilité en respectant la contrainte budgétaire intertemporelle, chaque individu né en  $t$  doit décider :

- i) du profil intertemporel de la consommation;
- ii) de la fraction du temps à consacrer aux études quand il appartient à la première classe d'âge ( $g(1)$ );
- iii) de la fraction du temps à consacrer au loisir quand il appartient aux classes  $g(2), \dots, g(7)$ ;
- iv) de la valeur de l'héritage volontaire à laisser à la fin de la dernière période de vie ( $g(15)$ ).

Les conditions du premier ordre sont les suivantes :

i) Le profil intertemporel de consommation :

$$\frac{c_{g(k+1),t+1}^z}{c_{g(k),t}^z} = \frac{\gamma_{g(k+1),t+1} \cdot (1 + r_{net,t+1})}{1 + \rho_{g(k+1)}} \cdot \frac{p_t}{p_{t+1}} \quad (17)$$

Cela implique qu'une augmentation de la probabilité de survie provoque, toutes choses égales par ailleurs, une augmentation de la consommation future et de l'épargne actuelle.

ii) La décision d'étudier (qui concerne uniquement les personnes nées en Italie) :

$$\begin{aligned} & (1 - \tau_t - \tau_{cs}) \cdot \frac{w_{lab,t} \cdot A_{g(1),t}^{it}}{\Delta} \\ & = \sum_{k=1}^9 R_{t+k-1} \cdot (1 - \tau_{t+k-1} - \tau_{cs}) \cdot w_{lab,t+k-1} \cdot \frac{\partial A_{g(k),t+k-1}^{it}}{\partial \left[ \Delta \cdot \left( 1 - l_{g(1),t}^{it} \right) \right]} \end{aligned} \quad (18)$$

Cela signifie que si l'individu décide d'étudier une année en plus en  $t$  (où  $\Delta \cdot (1 - l_{g(1),t}^{it})$  indique le nombre d'années consacrées aux études par les jeunes appartenant à la première classe d'âge), l'individu d'un côté renonce à une année de salaire, mais de l'autre obtient une augmentation de salaire durant les 9 périodes où il travaille. La condition du premier ordre indique que la décision optimale est celle qui permet d'égaliser le salaire annuel perdu par l'individu qui décide d'étudier une année en plus avec la valeur actualisée de tous les revenus supplémentaires obtenus grâce à l'augmentation de la productivité liée au capital humain<sup>14, 15</sup>.

iii) La décision concernant le loisir :

$$1 - l_{g(k),t}^z = \varepsilon_{g(k),t} \cdot \frac{p_t \cdot c_{g(k),t}^z}{(1 - \tau_t - \tau_{cs}) \cdot w_{lab,t} \cdot A_{g(k),t}^z} \tag{19}$$

$$^{14} \frac{\partial A_{g(k),t+k-1}^{it}}{\partial [\Delta \cdot (1 - l_{g(1),t}^{it})]} = EP_{g(k)} \cdot \frac{\partial HC_{g(k),t+k-1}}{\partial [\Delta \cdot (1 - l_{g(1),t}^{it})]} H_{t+k-1}.$$

<sup>15</sup> Il est important de noter que la décision optimale d'étudier dépend, indirectement, de la probabilité de survie. Pour montrer ce lien, nous allons simplifier l'analyse théorique en considérant un individu qui vit deux périodes. Dans la première période l'individu doit décider de la fraction de temps à consacrer aux études ( $w$ ), alors que dans la deuxième période il travaille toujours. Nous considérons une fonction d'utilité intertemporelle linéaire qui dépend uniquement de la consommation effectuée dans les deux périodes :

$$U = c_1 + \frac{c_2}{1 + \rho} \cdot \Omega, \text{ où } \Omega \text{ représente la probabilité pour une personne d'être vivante en deuxième période.}$$

$$\text{La contrainte budgétaire intertemporelle est la suivante : } (1 - u) \cdot HC_1 \cdot w_1 + \frac{HC_2 \cdot w_2}{1 + r_2} = c_1 + \frac{c_2}{1 + r_2},$$

où  $w$  représente le salaire par unité de travail efficace et  $HC$  représente la productivité liée au capital humain. En première période le niveau de productivité ( $HC_1$ ) dépend de la quantité de temps consacrée aux études ( $HC_1 = w^\alpha$ ). En deuxième période, le niveau de productivité reste constant c'est-à-dire qu'il n'y a pas de dépréciation du capital humain ( $HC_2 = HC_1$ ).

Les solutions optimales du problème de maximisation de l'utilité sont les suivantes :

$$\begin{cases} 1 + r_2 = \frac{1 + \rho}{\Omega} \\ u^* = \frac{\alpha}{1 + \alpha} \cdot \left( 1 + \frac{1 + \frac{w_2}{w_1}}{1 + r_2} \right) \end{cases}$$

En considérant les deux conditions du premier ordre au même temps, nous avons que :

$$u^* = \frac{\alpha}{1 + \alpha} \cdot \left( 1 + \frac{1 + \frac{w_2}{w_1}}{\frac{1 + \rho}{\Omega}} \right)$$

Cela signifie que la décision d'étudier dépend positivement de la probabilité de survie :  $\frac{\partial u}{\partial \Omega} > 0$ . Ce résultat est expliqué par le fait que l'augmentation de la probabilité de survie réduit le taux d'intérêt, ce qui augmente la valeur actualisée des gains de revenu en deuxième période. Les jeunes sont donc stimulés à étudier davantage.

Une augmentation du salaire net provoque donc une augmentation de l'offre de travail  $(1 - l_{g(k),t}^z)$ .

iv) L'héritage volontaire :

$$BEQ_t^z = \beta_{BEQ} \cdot c_{g(15),t}^z \quad (20)$$

Cela signifie que l'héritage (en termes réels) que l'individu décide de laisser à la fin de la dernière période est proportionnel à la consommation durant la dernière période de vie.

#### 4.1.6 Composition du portefeuille et rendement des actifs

Le patrimoine exprimé en valeurs courantes ( $Lend_{g(k),t}^z$ ) détenu par l'individu représentatif appartenant à la classe d'âge  $g(k)$ , est constitué par du capital physique et des obligations d'état, soit :

$$Lend_{g(k),t}^z = p_{t-1} \cdot Ks_{g(k),t}^z + p_{t-1} \cdot Bond_{g(k),t}^z \quad (21)$$

Le taux de rendement en  $t$  pour une période de 5 ans du capital physique existant ( $r_{k_t}$ ) est donné par la rémunération du capital liée à sa productivité marginale (net de la dépréciation) et par l'éventuel gain en capital qui se produit si, pendant les 5 années, le prix de vente du capital en  $t$  ( $PK_t$ ) est différent du prix d'achat en  $t-1$  ( $PK_{t-1}$ ), c'est-à-dire :

$$r_{k_t} = \frac{w_{cap,t} - \delta \cdot PK_t}{PK_{t-1}} + \left( \frac{PK_t}{PK_{t-1}} - 1 \right)$$

Le ménage a cependant le choix d'acheter du capital nouveau (investissement) plutôt que de l'équipement existant, les deux étant supposés parfaitement substituables. Le taux de rendement sur le capital nouveau est :

$$r_{k_t} = \frac{w_{cap,t} - \delta \cdot PK_t}{Pinv_{t-1}} + \left( \frac{PK_t}{Pinv_{t-1}} - 1 \right)$$

ce qui implique que le prix de marché du capital existant en  $t$  est égal au prix du capital de nouvelle constitution, c'est-à-dire  $PK_t = Pinv_t$ . De plus, le modèle ne comporte qu'un seul secteur et donc  $PK_t = Pinv_t = p_t$ . Par conséquent, on a que :

$$r_{k_t} = \frac{w_{cap,t} - \delta \cdot p_t}{p_{t-1}} + \left( \frac{p_t}{p_{t-1}} - 1 \right) \quad (22)$$

Obligations et actions étant parfaitement substituables, le taux de rendement des obligations d'état achetées en  $t-1$  ( $r_{bond_t}$ ) coïncide avec le taux de rendement du capital physique excepté pour une prime au risque  $\Pi$ , supposée constante :

$$r_{bond_t} = r_{k_t} - \Pi \quad (23)$$

Le rendement du patrimoine global ( $r_t$ ) est dès lors donné par une moyenne pondérée des rendements du capital physique et des obligations d'état, la pondération dépendant de la composition du portefeuille. Nous supposons que la composition des portefeuilles est identique pour chaque classe d'âge, et qu'elle reflète la structure de l'offre totale d'actifs financiers. Le taux d'intérêt net ( $r_{net,t} = r_t \cdot (1 - \tau_t)$ ) est déterminé en appliquant la taxation aussi sur le gain en capital, car nous supposons que les actifs financiers sont vendus tous les 5 ans et donc que le gain en capital est réalisé dans la période.

## 4.2 Les entreprises

Dans le modèle nous faisons l'hypothèse que l'économie produit un seul bien selon une technologie de production représentée par une fonction Cobb-Douglas :

$$Xs_t = \Gamma \cdot Kd_t^\alpha \cdot Ld_t^{1-\alpha} \quad (24)$$

où  $Xs_t$  représente la quantité produite dans une période de 5 ans,  $\Gamma$  la productivité totale des facteurs,  $Kd_t$  la demande de capital physique,  $Ld_t$  la demande de travail effectif, et  $\alpha$  la part de la richesse destinée au facteur capital.

Les conditions du premier ordre pour la maximisation du profit, étant donné la contrainte technologique, sont les suivantes :

$$\begin{aligned} w_{cap,t} \cdot Kd_t &= \alpha \cdot pd_t \cdot Xs_t \\ w_{lab,t} \cdot Ld_t &= (1 - \alpha) \cdot pd_t \cdot Xs_t \end{aligned} \quad (25)$$

où  $w_{cap,t}$  et  $w_{lab,t}$  représentent respectivement la rémunération brute du capital et du travail pour la période de 5 ans, et  $pd_t$  représente le prix du bien produit en Italie.

Le stock total de capital disponible dans l'économie est entièrement détenu par les ménages<sup>16</sup> :

$$Kstock_t = \sum_z \sum_k POP_{g(k),t}^z \cdot Ks_{g(k),t}^z \quad (26)$$

L'évolution du stock de capital dépend des investissements effectués dans la période ( $I_t$ ) et de la dépréciation du capital utilisé :

$$Kstock_{t+1} = Kstock_t \cdot (1 - \delta) + I_t \quad (27)$$

<sup>16</sup> Nous faisons donc l'hypothèse que le gouvernement ne détient pas de capital physique, que la balance commerciale est toujours en équilibre et qu'il n'existe pas de dette ou de créance vis-à-vis du reste du monde.



### 4.3 Le gouvernement

#### 4.3.1 Le système de retraite

Dans le budget du gouvernement, nous allons d'abord considérer le système de retraite. Le système de retraite italien est un système par répartition (*pay as you go*) où les travailleurs paient des cotisations sociales sur la base d'un taux de 32,7 % et les retraités reçoivent une pension calculée sur la base des critères prévus par la norme en vigueur.

Dans le modèle, la valeur des pensions est calculée en considérant la mise en place de la réforme Dini qui prévoit des critères de calcul de la pension variant dans le temps. Nous avons donc appliqué l'ancienne méthode pour les pensions versées jusqu'en 2015, la méthode *pro-rata* pour les pensions versées entre 2020 et 2030, et la nouvelle méthode pour les pensions versées à partir de 2035.

Un problème important concerne l'agrégation des individus appartenant aux classes d'âge  $g(8)$  et  $g(9)$ , respectivement de 55-59 et 60-64 ans, car à l'intérieur de ces classes une fraction des individus travaille et une fraction est à la retraite. Nous considérons séparément ces deux cas.

En ce qui concerne les retraités appartenant à la classe  $g(8)$ , c'est-à-dire les retraités âgés de 55-59 ans, la pension est calculée de la façon suivante :

- Ancienne méthode ( $t \leq 2015$ ) : la pension est calculée sur la base du revenu moyen perçu dans les 10 dernières années (qui correspondent à 2 périodes dans le modèle) :

$$Pens_{g(8),t}^z = n_{g(8)} \cdot 0.02 \cdot \left( \frac{w_{lab,t} \cdot A_{g(8),t}^z + w_{lab,t-1} \cdot A_{g(7),t-1}^z}{2} \right) \quad (28)$$

où le taux de remplacement est proportionnel au nombre d'années travaillées par la classe  $g(8)$ ,  $n_{g(8)}$ .

- Nouvelle méthode ( $t \geq 2035$ ) : la pension est calculée en multipliant un coefficient de transformation  $\beta$  par la valeur des cotisations versées durant toute la durée du travail et capitalisées sur la base du taux moyen de croissance du PIB :

$$Pens_{g(8),t}^z = \beta_{g(8)} \cdot \left( \sum_k \tau_{cs} \cdot w_{lab,t+k-8} \cdot A_{g(k),t+k-8}^z \cdot \prod_{s=t+k-8}^t (1 + g_{PIB_s}) \right) \quad (29)$$

avec  $k \leq 8$  pour les personnes nées en Italie et  $3 \leq k \leq 8$  pour les immigrés et avec  $g_{PIB_t} = \frac{Pd_{t+1} \cdot X_{s_{t+1}}}{Pd_t \cdot X_{s_t}} - 1$ .

- Méthode *pro-rata* ( $2020 \leq t \leq 2030$ ) : la pension est égale à une moyenne pondérée entre la pension calculée avec l'ancienne et la nouvelle méthode,

où la pondération dépend du nombre d'années travaillées avant et après 1995.

En ce qui concerne les retraités âgés de 60-64 ans, il faut considérer qu'une fraction seulement de ces individus, notée par  $\lambda$ , est partie à la retraite entre 60 et 64 ans et que la fraction complémentaire,  $1 - \lambda$ , est partie à la retraite durant la période précédente (55-59 ans). En moyenne, la pension perçue par l'individu représentatif âgé de 60-64 ans est calculée de la façon suivante :

- Ancienne méthode ( $t \leq 2015$ ) :

$$\begin{aligned}
 Pens_{g(9),t}^z = & \\
 \lambda \cdot \left[ n_{g(9)} \cdot 0.02 \cdot \left( \frac{w_{lab,t} \cdot A_{g(9),t}^z + w_{lab,t-1} \cdot A_{g(8),t-1}^z}{2} \right) \right] & \quad (30) \\
 + (1 - \lambda) \cdot Pens_{g(8),t-1}^z &
 \end{aligned}$$

- Nouvelle méthode ( $t \geq 2035$ ) :

$$\begin{aligned}
 Pens_{g(9),t}^z = & \\
 \lambda \cdot \left[ \beta_{g(9)} \cdot \left( \sum_k \tau_{cs} \cdot w_{lab,t+k-9} \cdot A_{g(k),t+k-9}^z \cdot \prod_{s=t+k-9}^t (1 + g_{PIB,s}) \right) \right] & \\
 + (1 - \lambda) \cdot Pens_{g(8),t-1}^z & \quad (31)
 \end{aligned}$$

avec  $k \leq 9$  pour les personnes nées en Italie et  $3 \leq k \leq 9$  pour les immigrés.

- Méthode *pro-rata* ( $2020 \leq t \leq 2030$ ) : en ce qui concerne la fraction  $\lambda$  qui est partie à la retraite entre 60 et 64 ans, la pension est calculée en faisant la moyenne pondérée entre la pension calculée avec la nouvelle et l'ancienne méthode, alors que la fraction  $1 - \lambda$  qui est partie à la retraite la période précédente, reçoit  $Pens_{g(8),t-1}^z$ .

En ce qui concerne l'indexation des pensions, la réforme Amato prévoit que, à partir de 1995, les pensions ne sont plus indexées aux salaires réels, mais au taux d'inflation. L'hypothèse introduite dans le modèle de neutralité de la monnaie, et donc d'absence d'inflation, implique que les pensions perçues par un individu restent constantes dans le temps :

$$Pens_{g(k),t+k-9}^z = Pens_{g(9),t}^z \quad (32)$$

avec  $k \geq 10$ .

Le dernier problème concerne la détermination du coefficient de transformation. Ce coefficient est fixé par la loi sur la base de l'âge de la retraite de l'individu. Les coefficients de transformation utilisés dans le modèle pour

les classes  $g(8)$  et  $g(9)$  ont été calculés en considérant l'âge moyen de départ à la retraite à l'intérieur de ces classes d'âge.

Le déficit du système de retraite ( $DEF_{ss_t}$ ) pour une période de 5 ans est donné par la différence entre les pensions versées et les cotisations sociales perçues, c'est-à-dire :

$$DEF_{ss_t} = \sum_z \sum_k POP_{g(k),t}^z \cdot PP_{g(k),t}^z \cdot \Delta \cdot Pens_{g(k),t}^z - \sum_z \sum_k \tau_{cs} \cdot POP_{g(k),t}^z \cdot l_{g(k),t}^z \cdot w_{tab,t} \cdot A_{g(k),t}^z \quad (33)$$

où  $POP_{g(k),t}^z \cdot PP_{g(k),t}^z$  représente le nombre de retraités, alors que  $POP_{g(k),t}^z \cdot l_{g(k),t}^z$  représente le nombre de travailleurs, appartenant à la classe d'âge  $g(k)$ .

#### 4.3.2 Les dépenses publiques

Dans le modèle nous avons considéré trois types de dépenses publiques : celles qui sont liées à l'éducation des jeunes de 5 à 24 ans, notées par  $Gedu_t$ , les dépenses de santé publique ( $Gmed_t$ ), et les autres dépenses ( $G_t$ ). L'introduction des dépenses d'éducation des plus jeunes permet de prendre en compte le fait que l'impact négatif de la baisse des taux de fécondité sur le système macroéconomique, provoqué par les déficits du système de retraite et par l'augmentation des dépenses de santé publique qui réduisent le niveau d'épargne, l'accumulation du capital et la croissance, sera partiellement compensé par la réduction des dépenses liées à l'éducation.

Les dépenses d'éducation des jeunes de 5 à 24 ans ont été modélisées en faisant l'hypothèse qu'elles sont proportionnelles au nombre des jeunes qui étudient en  $t$ <sup>17</sup> :

$$Gedu_t = \varphi_t \cdot \left\{ \left( 1 - l_{g(1),t}^{it} \right) \cdot POP_{g(1),t}^{it} + POP_{g(1),t+1}^{it} + POP_{g(1),t+2}^{it} + POP_{g(1),t+3}^{it} \right\} \quad (34)$$

où  $\left( 1 - l_{g(1),t}^{it} \right) \cdot POP_{g(1),t}^{it}$  indique le nombre des personnes nées en Italie et âgées de 20 à 24 ans qui étudient en  $t$ , et  $POP_{g(1),t+i}^{it}$  (avec  $i = 1, 2, 3$ ) l'effectif en  $t$  des générations plus jeunes (de 5 à 19 ans). Nous avons fait l'hypothèse que  $\varphi_t$ , qui représente la dépense par étudiant, varie dans le temps selon l'évolution du PIB.

Les dépenses de santé publique ont été modélisées en faisant l'hypothèse qu'elles sont proportionnelles au nombre des personnes âgées de plus de 60 ans :

$$Gmed_t = \phi_t \cdot \sum_z \sum_{k=9}^{15} POP_{g(k),t}^z \quad (35)$$

<sup>17</sup> Nous faisons aussi l'hypothèse que tous les jeunes de 5 à 19 ans étudient.

Nous avons fait l'hypothèse que  $\phi_t$ , qui représente la dépense par personne âgées de plus de 60 ans, varie dans le temps selon l'évolution du PIB<sup>18</sup>.

En ce qui concerne les autres dépenses, nous avons fait l'hypothèse que leur valeur par rapport au PIB reste constante dans le temps :

$$\frac{p_t \cdot G_t}{pd_t \cdot X s_t} = const \quad (36)$$

### 4.3.3 Épargne publique et dette publique

L'épargne publique ( $S_{gov_t}$ ) pour une période de 5 ans, positive ou négative, est donnée par la différence entre les recettes (taxation directe sur les revenus du travail et du capital et sur les pensions)<sup>19</sup> et les dépenses (acquisition de biens sur le marché, dépenses d'éducation et de santé publique, paiement des intérêts sur la dette publique et déficit du système de retraite) :

$$\begin{aligned} S_{gov_t} &= \tau_t \cdot \sum_z \sum_k POP_{g(k),t}^z \cdot [l_{g(k),t}^z \cdot w_{lab,t} \cdot A_{g(k),t}^z + r_t \cdot Lend_{g(k),t}^z + PP_{g(k),t}^z \cdot \Delta \cdot Pens_{g(k),t}^z] \\ &- [Gedu_t + Gmed_t + p_t \cdot G_t + r_t \cdot p_{t-1} \cdot B_t + DEFss_t] \end{aligned} \quad (37)$$

Nous faisons l'hypothèse que la dette publique par rapport au PIB reste constante :

$$\frac{p_{t-1} \cdot B_t}{pd_t \cdot X s_t} = const \quad (38)$$

où  $B_t$  indique la quantité totale de titres émis.

L'équation (38) définit le niveau d'épargne (ou de déficit) qui permet de maintenir constant le rapport entre la dette publique et le PIB, alors que l'équation (37) détermine le taux de taxation directe qui permet d'obtenir le niveau d'épargne (ou déficit) publique compatible avec cette contrainte.

L'évolution de la dette publique est donnée par l'équation dynamique suivante :

$$p_t \cdot B_{t+1} = p_{t-1} \cdot B_t - S_{gov_t} \quad (39)$$

<sup>18</sup> L'hypothèse que la dépense moyenne croît sur la base de l'évolution du PIB pourrait porter à une surestimation de la dépense de santé publique, car on peut s'attendre à une amélioration des conditions de vie des personnes âgées dans les décennies futures. Cette surestimation est compensée par le fait que ces dépenses sont supposées proportionnelles au nombre de personnes âgées, quand, en réalité, elles croissent exponentiellement avec l'âge de l'individu. Cette modélisation simplifiée permet de toute façon de reproduire assez correctement l'évolution des dépenses de santé publique par rapport au PIB estimée par les autorités italiennes (qui devraient passer de 5,5% en 1995 à 7,5% en 2050).

<sup>19</sup> Les recettes du gouvernement comprennent aussi les impôts indirects sur la production et sur la consommation. Ces impôts ont été modélisés, mais ils ne sont pas indiqués dans les équations pour éviter d'alourdir l'exposition.

#### 4.4 Le reste du monde

La quantité des biens disponibles sur le marché, indiquée par  $X_t$ , est composée des biens produits en Italie qui ne sont pas exportés ( $Xxd_t$ ) et des importations ( $M_t$ ). Au bien composite ( $X_t$ ) est associé un prix agrégé  $p_t$ , alors que les prix des ventes domestiques et les prix mondiaux sont respectivement  $pd_t$  et  $pw_t$ . Nous considérons l'hypothèse d'Armington selon laquelle les biens domestiques et les biens importés ne sont pas des substituts parfaits à cause de leur origine géographique différente<sup>20</sup>. Les conditions du premier ordre sont les suivantes :

$$Xxd_t = \alpha_{Xxd} \cdot \left( \frac{p_t}{pd_t} \right)^{\sigma_M} \cdot X_t \quad (40)$$

$$M_t = \alpha_M \cdot \left( \frac{p_t}{pw_t} \right)^{\sigma_M} \cdot X_t \quad (41)$$

$$p_t \cdot X_t = pd_t \cdot Xxd_t + pw_t \cdot M_t \quad (42)$$

avec  $X_t = \sum_z \sum_k POP_{g^{(k)},t}^z \cdot c_{g^{(k)},t}^z + G_t + I_t$ , c'est-à-dire que le bien composite sert à la fois de bien de consommation aux ménages et au gouvernement, ainsi que de bien d'investissement.

La demande du reste du monde pour le bien domestique est donnée par une fonction décroissante du prix domestique :

$$E_t = E_{0t} \cdot \left( \frac{pw_t}{pd_t} \right)^{\sigma_E} \quad (43)$$

où nous supposons que  $E_{0t}$  croît sur la base du taux de croissance du PIB.

Nous supposons que la balance commerciale est toujours en équilibre, donc :

$$pd_t \cdot E_t = pw_t \cdot M_t \quad (44)$$

#### 4.5 Conditions d'équilibre

i) Marché des biens : la quantité produite dans une période doit coïncider avec la demande domestique et la demande du reste du monde.

$$Xs_t = Xxd_t + E_t \quad (45)$$

ii) Marché du travail : la demande de travail effectif de la part des entreprises doit coïncider avec l'offre :

$$Ld_t = \sum_z \sum_k POP_{g^{(k)},t}^z \cdot l_{g^{(k)},t}^z \cdot A_{g^{(k)},t}^z \quad (46)$$

<sup>20</sup> L'hypothèse d'Armington a été introduite dans les modèles OLG par Bettendorf et Heijdra (2001).

iii) Marché du capital physique : la demande de capital de la part des entreprises doit coïncider avec l'offre de capital de la part des ménages :

$$Kd_t = Kstock_t \quad (47)$$

iv) Marché des obligations d'état :

$$B_t = \sum_z \sum_k POP_{g(k),t}^z \cdot Bond_{g(k),t}^z \quad (48)$$

Les équations d'équilibre permettent de déterminer les prix d'équilibre, respectivement le prix domestique ( $pd_t$ ), le salaire par unité de travail efficace ( $w_{lab,t}$ ), le rendement du capital ( $w_{cap,t}$ ) et le taux d'intérêt sur les obligations d'état ( $r_{bond_t}$ ). Le bien numéraire est représenté par le bien mondial ( $pw_t = 1$ ) et une des équations d'équilibre est redondante du fait de la loi de Walras.

## 5 Calibrage du modèle

Le modèle est calibré hors équilibre stationnaire sur les données de 1995. Le but du calibrage est que les résultats simulés pour l'année 1995, après introduction du changement démographique<sup>21</sup> et de la mise en place des réformes du système de retraite des années 1990, reproduisent les données économiques de 1995.

Cette méthode de calibrage diffère de celui généralement fait (voir par exemple Hviding et Mérette (1998)) : le modèle est en général calibré à l'équilibre stationnaire, avec une population constante (éventuellement avec une croissance constante) et un taux de croissance de l'économie constant, en utilisant un ensemble de données macroéconomiques des années 1950 et 1960; ensuite, le choc démographique est introduit dans le modèle. Par conséquent, la simulation du choc démographique ne permet pas de reproduire correctement les données macroéconomiques des années récentes. Par contre, le modèle présenté dans cette étude a été calibré en 1950 d'une façon telle que, une fois que le choc démographique et les réformes du système de retraite sont introduits, la solution du modèle pour l'année 1995 reproduit les données réelles et, en particulier, la valeur du PIB, le ratio entre la consommation agrégée et le PIB, le ratio entre les investissements et le PIB, et le ratio entre les dépenses publiques et le PIB.

De plus, le calibrage du modèle n'a pas seulement l'objectif de reproduire les aspects macroéconomiques, mais aussi de reproduire d'un côté

<sup>21</sup> Le changement démographique est simulé en introduisant dans le modèle les valeurs exogènes des taux de fécondité, des taux de mortalité et des flux migratoires qui ont été déterminées afin de reproduire l'évolution démographique estimée par l'Istat.

la propension à épargner des différentes classes d'âge en 1995 (dans le but d'évaluer correctement l'évolution de l'offre de capital) et, de l'autre, les aspects concernant le système de retraite.

En ce qui concerne le calibrage des propensions à épargner, en général, dans les modèles à générations imbriquées, ce sont les profils de consommation qui sont calibrés, les profils d'épargne étant résiduels. Il en résulte que conformément à la théorie du cycle de vie, les adultes actifs présenteront une propension à épargner élevée et les personnes âgées une propension à épargner négative. Le vieillissement de la population provoquerait donc une forte réduction de l'épargne nationale. Les analyses microéconomiques sur les propensions à épargner des différentes classes d'âge (Poterba (1994)) suggèrent des conclusions complètement différentes, apparemment en contradiction avec la théorie du cycle de vie : les classes les plus âgées présentent des propensions à épargner positives, voir très élevées comme par exemple en Italie et au Japon. Les conséquences macroéconomiques du vieillissement sur l'épargne agrégée seraient dans ce cas sensiblement différentes, et en particulier plus faibles, par rapport à celles mesurées par les modèles précédents.

Afin d'évaluer correctement l'évolution de l'offre de capital, nous avons donc choisi de calibrer les propensions à épargner des classes d'âge dans le but de reproduire les données microéconomiques disponibles. Pour atteindre cet objectif, nous avons calibré le profil intertemporel de consommation et la valeur de l'héritage volontaire laissé à la fin de la dernière période de vie. Il en résulte un taux de préférence intertemporel calibré ( $\rho$ ) différent pour chaque classe d'âge. Cela nous a permis de reproduire correctement le profil d'épargne des différentes classes d'âge, ce qui aurait été impossible en considérant une valeur unique de  $\rho$ <sup>22</sup>. Une autre raison qui nous a poussé à utiliser un taux de préférence intertemporel différencié d'une classe d'âge à l'autre est que dans un modèle avec mortalité, même dans le cas où  $\rho$  est identique pour tous les individus, le taux de préférence « effectif » varie selon l'âge de l'individu, car il dépend de sa probabilité de survie.

L'héritage joue aussi un rôle fondamental dans le calibrage de la propension à épargner des classes d'âge. Dans le cas où l'héritage n'est pas pris en compte (comme par exemple dans le modèle de Miles (1999)), les personnes âgées, qui sont obligées de consommer la totalité, ou presque, du patrimoine avant la fin de la dernière période de vie, présentent forcément des valeurs des propensions à épargner très négatives et qui ne sont pas cohérentes avec les données réelles.

En ce qui concerne la modélisation du système de retraite, il faut considérer les particularités du système italien. Tout d'abord, les pensions

---

<sup>22</sup> Dans la plupart des modèles  $\rho$  est compris entre 0,5 % et 1,5 % et donc nettement inférieur au taux d'intérêt. Le profil de consommation sera par conséquent croissant et exponentiel et donc incompatible avec les données réelles.

peuvent être classifiées en trois catégories, sur la base de la nature du risque et du besoin que le système de retraite cherche à assurer<sup>23</sup> :

- i) fonction vieillesse, pour couvrir le risque lié à la vieillesse de l'individu (perte de revenu, revenu insuffisant...);
- ii) fonction invalidité, pour couvrir le risque d'incapacité d'exercer une activité de travail;
- iii) fonction réversibilité, pour couvrir le risque économique en cas de mort du conjoint<sup>24</sup>.

En ce qui concerne la fonction vieillesse, qui nous intéresse dans cette analyse, nous avons séparé les retraites proprement dites (pensions de vieillesse) des aides sociales. Ensuite, nous avons pris en considération les prestations de base, versées par les institutions publiques. Les tableaux 10 à 15, en Annexe, présentent des informations concernant le nombre de retraités et les dépenses du système de retraite pour l'année 2000.

L'agrégat qui nous intéresse est donc constitué par les prestations de base versées par les institutions publiques aux retraités âgés de plus de 55 ans. Ces prestations sont perçues par les salariés de l'administration publique, les salariés des entreprises privées et les travailleurs indépendants. Pour simplifier l'analyse, nous avons fait l'hypothèse que tous les travailleurs appartiennent au même système, c'est-à-dire que le taux des cotisations sociales et la règle de calcul de la pension sont les mêmes pour tous les travailleurs<sup>25</sup>.

Le but de ce calibrage est de reproduire, pour l'agrégat que nous avons défini, le ratio entre le nombre de retraités et le nombre de travailleurs, qui en 2000 était de 0,667, et le ratio entre la valeur des retraites et le PIB, qui en 2000 était de 10,8 %.

Le tableau 16 montre les principales valeurs des paramètres utilisés dans le modèle, alors que le tableau 17 indique les valeurs de quelques variables endogènes produites par le modèle et comparées avec les données de 1995.

En particulier, en ce qui concerne l'équation (4) qui détermine le niveau de productivité liée à l'âge de l'individu, les paramètres  $\theta$ ,  $\theta_1$  et  $\theta_2$  ont été déterminés de façon à reproduire, par une régression quadratique, le profil de productivité utilisé par Hviding et Mérette (qui prévoit la valeur maximale à 52 ans).

En ce qui concerne les équations (5) et (6), le paramètre  $\alpha_{HC}$  a été calibré de façon à reproduire les données concernant la fraction des per-

<sup>23</sup> Istat (2003), « Statistiche della previdenza e dell'assistenza sociale. I trattamenti pensionistici. Anni 2000-2001 ».

<sup>24</sup> Les pensions sont incluses dans cette catégorie seulement dans le cas où le bénéficiaire est âgé de moins de 65 ans; dans le cas contraire, la pension est incluse dans la fonction vieillesse.

<sup>25</sup> Dans la réalité, le taux de cotisations sociales prévu pour les salariés de l'administration publique (32 %) est très proche à celui prévu pour les travailleurs des entreprises privées (32,7 %); par contre, le taux de cotisations sociales prévu pour les travailleurs indépendants est sensiblement inférieur (15,6 %).



sonnes âgées de 20-24 ans qui étudient et nous avons utilisé un taux annuel de dépréciation du capital humain de 1 %.

Le paramètre  $g_{exo}$  dans l'équation (8) a été calibré afin de reproduire un taux annuel de croissance de l'économie de l'ordre de 2 %.

Les paramètres  $\rho_{g(k)}$  et  $\beta_{BEQ}$  dans la fonction d'utilité, qui représentent respectivement les taux de préférence intertemporel et l'intensité de la préférence pour l'héritage, ont été calibrés afin de reproduire les données concernant les propensions à épargner des différentes classes d'âge en 1995.

Les paramètres  $\varepsilon_{g(k),t}$ , qui représentent l'intensité de la préférence pour le loisir, ont été calibrés afin de reproduire les données concernant les taux d'occupation des différentes classes d'âge en 1995. Ces paramètres varient dans le temps afin de pouvoir prendre en considération l'augmentation du taux d'activité des femmes qui, en fait, ne dépend pas seulement de l'évolution des salaires, mais aussi de facteurs culturels.

Les dépenses pour les enfants ont été calibrées en considérant, pour l'année 2000, que le coût d'un enfant ( $c_t^{childr}$  dans l'équation (15)) représente, en moyenne, 30 % de la consommation du parent.

En ce qui concerne la fonction de production, en 1995 la part de la rémunération du capital dans le PIB était de 52,2 %<sup>26</sup>. Nous avons utilisé un taux annuel de dépréciation du capital physique de 2 %.

En 1995 la dette publique représentait 120 % du PIB, en 1997 les dépenses d'éducation représentaient 3,8 % du PIB et en 2000 les dépenses de santé publique représentaient 5,5 % du PIB. Les paramètres  $\varphi_t$  et  $\phi_t$ , respectivement dans les équations (34) et (35), ont été calibrés afin de reproduire ces ratios.

Afin de permettre la convergence de l'économie vers une situation de croissance équilibrée, la structure de la population est supposée constante au-delà d'une certaine date (35 périodes, c'est-à-dire 175 ans) : les taux de fécondité et les probabilités de survie sont supposés constants et l'immigration nulle.

Le calibrage et les simulations du modèle ont été effectués en utilisant le logiciel GAMS (General Algebraic Modelling System).

## 6 Effets macroéconomiques du vieillissement

Dans cette section nous analysons les effets macroéconomiques simulés de l'évolution démographique italienne et de la mise en place des réformes Amato et Dini, c'est-à-dire l'indexation des pensions sur la base du taux

<sup>26</sup> En fait, le PIB était de 923 052 milliards d'euros, la rémunération du travail de 394 459 milliards d'euros, la rémunération du capital de 431 211 milliards d'euros et les impôts indirects de 97 382 milliards d'euros (Istat, 2003).

d'inflation et la modification de la règle de calcul de la pension. Cette projection est comparée à celle qui aurait été obtenue si ces réformes n'avaient pas été adoptées, dans le but d'évaluer leur efficacité.

Une première variable d'intérêt est l'investissement. Ainsi que l'indique la figure 18, le vieillissement de la population déprime sensiblement le ratio entre les investissements et le PIB dans la période 2005-2040. En particulier, en présence des réformes du système de retraite, cet indice passe de 19,6 % en 1995 à 12,8 % en 2050. Cela est dû à plusieurs éléments. Premièrement, la réforme du système de retraite provoque une forte baisse de la valeur des pensions perçues à partir de 2020<sup>27</sup>. Afin de maintenir inchangé le profil de consommation, les générations qui subiront cette réduction modifient leur comportements de consommation et augmentent leur épargne durant la période de travail afin d'accumuler plus de capital à dépenser dans les périodes suivantes où les revenus seront plus faibles. Donc pour ces générations, la propension à épargner durant l'âge de la retraite sera plus faible que celle des générations précédentes. Deuxièmement, puisque le système de retraite produira des déficits considérables dans les décennies prochaines, il sera indispensable d'augmenter le taux de taxation générale appliqué aux revenus du travail, du capital et aux pensions. L'évolution du taux de taxation, indiquée dans la figure 20, provoque une réduction des revenus nets et donc de l'épargne de chaque classe d'âge. Un autre élément est donné par l'évolution des taux de fécondité. Comme il est indiqué dans le tableau 6, les taux de fécondité baissent considérablement dans la première période et augmentent à partir de 1995. Cette évolution influence les dépenses liées aux enfants et donc l'épargne des ménages avec enfants. La figure 19 indique l'évolution des propensions à épargner des classes d'âge 35-39, 45-49, 55-59 et 65-69, en présence des réformes du système de retraite.

Par contre, si les réformes n'avaient pas été adoptées, il aurait été nécessaire d'augmenter fortement le taux de taxation générale (figure 20) pour maintenir inchangé le rapport entre la dette publique et le PIB. L'effet négatif sur l'épargne agrégée aurait été considérablement amplifié et le ratio entre les investissements et le PIB aurait baissé de 17,2 % en 1995 à 7,3 % en 2050 (figure 18). De ce point de vue, les réformes semblent donc efficaces.

La réforme du système de retraite permet aussi une évolution plus favorable du PIB et du PIB par tête. La figure 21 indique le taux annuel de croissance du PIB en présence et en l'absence des réformes. De toute façon, même en présence des réformes, nous pouvons noter qu'à partir de 2005 l'évolution du taux de croissance du PIB est décroissante et qu'à partir de 2025 il sera inférieur à 2 %, c'est-à-dire au niveau de croissance de la productivité. Cela est dû, d'une part, à la réduction du taux d'investissement déjà commentée, et d'autre part, à la forte réduction de la population active.

En ce qui concerne l'impact du vieillissement sur le PIB par tête (figure 22), la réduction du taux de croissance annuel entre 2010 et 2030 est

<sup>27</sup> En fait, la méthode *pro-rata* est appliquée à partir de 2020 et la nouvelle méthode est appliquée à partir de 2035.

due à la réduction des investissements par rapport au PIB ainsi qu'au vieillissement de la population qui provoque une augmentation de la fraction improductive de la population. À partir de 2030, le taux de croissance du PIB par tête augmente surtout grâce à l'évolution favorable du taux d'occupation<sup>28</sup> (figure 23).

L'évolution des prix des facteurs productifs est rapportée dans les figures 24 et 25. Le vieillissement de la population, et donc la réduction de la population active, provoque une augmentation importante du salaire par unité du travail effectif. L'évolution du rendement moyen du capital dépend principalement de la demande de capital des entreprises. En fait, la réduction de la population active entraîne la réduction de la productivité du capital et donc la réduction de la demande de capital.

Les variations importantes qui affectent les salaires et les taux d'intérêt provoquent des impacts significatifs sur la décision d'investir en capital humain. En considérant la figure 26, nous pouvons noter que la présence des réformes du système de retraite permet une évolution plus favorable de la fraction du temps consacrée aux études sur toute la période prise en considération. En particulier, en considérant la mise en place des réformes, nous pouvons constater une augmentation jusqu'en 2025 de cet indice due à la réduction du taux d'intérêt et donc à l'augmentation de la valeur actualisée des salaires futurs. Après 2025, les jeunes sont moins incités à étudier, du fait du maintien du taux d'intérêt à un niveau à peu près constant et d'une forte augmentation du salaire. L'effet sur le taux de croissance de la productivité liée au niveau des connaissances présentes dans l'économie (figure 27) est toujours positif, notamment en cas de mise en place des réformes. Ce résultat est similaire à celui du modèle de Fougère et Mérette : le vieillissement de la population en provoquant une augmentation des salaires, crée des opportunités pour les jeunes d'investir en capital humain, ce qui stimule la croissance économique<sup>29</sup>.

<sup>28</sup> Le taux d'occupation est défini comme ratio entre les travailleurs âgés de 20 à 64 ans et la population âgée de 20 à 64 ans.

<sup>29</sup> À la différence du modèle de Fougère et Mérette, où l'investissement en capital humain a un effet très positif sur la croissance économique, dans notre modèle l'augmentation du taux de croissance de la productivité ( $g_{H_t}$ ) est moins importante : entre 1995 et 2045, il passe de 1,99 % à 2,34 %. Cependant, nous voulons souligner que ce résultat est cohérent avec les données empiriques. Barro (2001) a estimé, pour la période 1965-1995, que l'augmentation d'une année consacrée aux études par les individus âgés de plus de 25 ans permet d'augmenter le taux de croissance de 0,44 %. Dans notre modèle, le nombre moyen d'années consacrées aux études par les individus qui travaillent passe de 2,9 en 1995 à 3,73 en 2045. Selon l'estimation de Barro, cette augmentation du temps consacré aux études devrait produire une augmentation du taux de croissance annuel de la productivité de 0,365 %, ce qui est très proche de l'augmentation réalisée dans notre modèle (+0,35 %).

## 7 Effets du vieillissement sur le système de retraite

Les impacts au niveau macroéconomique sur le système de retraite sont représentés dans les figures 28 et 29 qui indiquent respectivement l'évolution de la dépense et du déficit du système de retraite par rapport au PIB. Ces évolutions indiquent clairement que l'impact du vieillissement de la population sur le système de retraite, en l'absence de la mise en place des réformes Amato et Dini, aurait été catastrophique. De l'autre côté, nous pouvons noter que la mise en place des réformes est très efficace uniquement dans la première période (1995 - 2010), grâce à la désindexation des pensions. Après cette période, la forte augmentation du ratio de dépendance provoque une importante détérioration de la situation financière du système de retraite, phénomène aggravé par la longue durée de la période de transition prévue par la réforme Dini : en 2040, le ratio entre la dépense pour les pensions et le PIB sera égal à 13,8 % et le déficit du système de retraite par rapport au PIB sera égal à 4,5 %. La situation financière s'améliorera seulement à partir de 2040, mais le déficit du système de retraite restera considérable (en 2055 il sera de l'ordre de 1,7 % du PIB).

Il est aussi instructif d'analyser les effets de la réforme Dini sur les pensions perçues par les individus selon les différents âges de départ à la retraite et en considérant les trois méthodes de calcul de la pension : l'ancienne méthode, pour ceux qui en 1995 avaient plus de 18 ans de cotisations ; la méthode *pro-rata*, pour ceux qui en 1995 avaient moins de 18 ans de cotisations ; la nouvelle méthode, pour ceux qui ont commencé à travailler après 1995. Par conséquent, l'ancienne méthode est appliquée jusqu'en 2015, la méthode *pro-rata* est appliquée à partir de 2020, et la nouvelle méthode est appliquée à partir de 2035.

Nous analysons deux indices : le taux de remplacement (c'est-à-dire le ratio entre la pension brute perçue et le dernier salaire brut) et le rendement implicite des cotisations versées.

Rappelons que, à la différence des analyses effectuées en équilibre partiel, les taux d'intérêt, les taux de croissance des salaires (utilisés pour déterminer les cotisations sociales) et les taux de croissance du PIB (utilisés pour capitaliser les cotisations avec la méthode *pro-rata* et la nouvelle méthode) ne sont pas considérés comme constants, mais ils sont générés par le modèle.

Le tableau 31, qui indique l'évolution du taux de remplacement, permet d'analyser la réduction de la valeur des pensions perçues par toutes les classes d'âge à cause de l'application de la nouvelle méthode<sup>30</sup>. Bien évidemment, le taux de remplacement n'est pas un indice approprié pour évaluer le niveau d'équité du système de retraite. En fait, à cet égard, il faut considérer que ceux qui retardent le départ à la retraite doivent verser des cotisations sociales pour des périodes supplémentaires et renoncer à

<sup>30</sup> La seule exception concerne les personnes qui partent à la retraite à 63 et 64 ans pendant la phase d'application de la méthode *pro-rata*.

quelques années de pension. Pour cette raison, l'autre indice est sans doute plus efficace que le taux de remplacement.

Le rendement implicite des cotisations ( $RI$ ) est calculé d'une façon telle que la valeur capitalisée des cotisations versées coïncide avec la valeur actualisée des pensions perçues :

$$\sum_{t=N}^T C_{soc_t} \cdot (1 + RI)^{T-t} = \sum_{t=T+1}^{85} Pens_t \cdot (1 + RI)^{T-t} \quad (49)$$

avec  $T = 57, 58, \dots, 64$ . Ici,  $N$  représente la date du début de l'activité de travail qui dépend de la décision d'étudier pendant la première période de vie active,  $T$  représente la dernière année de travail,  $T + 1$  indique la date à partir de laquelle l'individu commence à toucher la retraite,  $C_{soc_t}$  et  $Pens_t$  indiquent respectivement les cotisations annuelles versées et les pensions annuelles perçues. Nous faisons l'hypothèse que l'individu travaille sans interruption et qu'il reçoit la pension jusqu'à 85 ans.

Dans le tableau 32, nous pouvons noter qu'en 2005 il existe une très forte différence de traitement entre ceux qui partent à la retraite à 57 ans et ceux qui retardent le départ à la retraite. Le fait d'avancer le départ à la retraite est sans doute rentable. En 2005, c'est-à-dire avec l'ancienne méthode, le rendement implicite des cotisations versées est égal à 3 % pour ceux qui partent à la retraite à 57 ans et il est égal à 1,4 % pour ceux qui partent à la retraite à 64 ans. Cela représente une situation de grave iniquité, d'un côté, et de l'autre, une incitation à avancer la sortie du monde de travail, ce qui est très négatif pour le système économique.

L'introduction de la réforme Dini permet de réduire l'iniquité dans le temps. En 2035 la différence entre le rendement implicite perçu par ceux qui partent à la retraite à 57 ans et ceux qui partent à la retraite à 64 ans sera seulement de 0,61 %, contre 1,65 % en 2005.

## 8 Analyses de sensibilité

Dans cette section nous présentons deux analyses de sensibilité. La première permet d'évaluer l'évolution du système de retraite en considérant des différents taux de croissance de la productivité. Jusqu'ici, nous avons utilisé une valeur du paramètre  $g_{exo}$  qui permettait d'obtenir un taux de croissance de la productivité de l'ordre de 2 %. Maintenant, nous allons comparer les résultats de ce scénario (scénario de base) avec ceux que nous obtenons en considérant un niveau de productivité plus faible et plus élevée, par rapport au scénario de base : en particulier, à partir de 2005, nous avons modifié le paramètre  $g_{exo}$  afin d'obtenir un taux de croissance de la productivité de l'ordre de 1,5 % (scénario A) et de 2,5 % (scénario B).

L'évolution du taux de croissance du PIB, qui représente le taux de capitalisation des cotisations sociales dans le calcul de la pension avec la nouvelle méthode, est indiquée dans la figure 33.

Bien évidemment, la présence d'une croissance économique plus élevée permet une amélioration de la situation financière du système de retraite. Une croissance de l'économie plus élevée provoque d'un côté une augmentation des cotisations sociales, grâce à l'augmentation des salaires, et de l'autre une augmentation des pensions versées, à cause de l'augmentation des cotisations versées et de l'indice de capitalisation. L'augmentation des recettes étant plus élevée que celle des dépenses, l'impact sur le système de retraite d'une augmentation du taux de croissance sera positif.

En particulier, dans le cas où la croissance de la productivité est plus favorable (scénario B), le rapport entre le déficit du système de retraite et le PIB (figure 34) sera égal à 3,5 % en 2040 (contre 4,5 % dans le scénario de base et 5,1 % dans le scénario A) et il sera égal à 0,7 % en 2055 (contre 1,7 % dans le scénario de base et 2,3 % dans le scénario A). Le tableau 35 permet aussi d'observer que la présence d'un taux de croissance de la productivité plus élevé permet d'obtenir un rendement implicite des cotisations plus élevé, du fait de l'application de la nouvelle méthode de calcul de la pension.

La deuxième analyse de sensibilité concerne le taux d'occupation. Dans le scénario de base, nous avons reproduit l'évolution du taux d'occupation en prenant en considération l'hypothèse de la commission ministérielle Brambilla<sup>31</sup> qui, pour la période 2000-2050, prévoit une augmentation du taux d'activité de 59,6 % à 67,8 % et une réduction du taux de chômage de 10,6 % à 4,5 %. Cela implique une augmentation du taux d'occupation de 53 % en 2000 à 65 % en 2050. L'augmentation du taux d'activité est principalement due à la forte augmentation prévue de la participation féminine (de 46,4 % à 59,9 %) qui dépend surtout de facteurs culturels plutôt que de facteurs économiques.

Avec la deuxième analyse de sensibilité, nous analysons l'impact sur le système de retraite en considérant une évolution moins optimiste du taux d'occupation. Les résultats du scénario de base sont comparés avec ceux obtenus en faisant l'hypothèse que l'évolution du taux d'occupation dépend exclusivement de facteurs économiques, c'est-à-dire de l'évolution des salaires, sans prendre en considération l'augmentation de la participation féminine due à des facteurs culturels (scénario C). L'évolution du taux d'occupation qui en résulte est indiquée dans la figure 36. La réduction du taux d'occupation provoque un impact négatif sur la situation financière du système de retraite (figure 37). En 2040 le rapport entre le déficit du système de retraite et le PIB sera de 5,2 % contre 4,5 % prévu par le scénario de base, et en 2055 il sera de 2,4 % contre 1,7 %.

L'impact négatif sur le système de retraite dû à la réduction du nombre de travailleurs est en partie compensé, d'un côté par l'augmentation des

<sup>31</sup> Relazione della Commissione Ministeriale per la valutazione degli effetti della legge n. 335/95 e successivi provvedimenti (2001).

salaires (grâce à la réduction de l'offre de travail) et donc des cotisations et, de l'autre, par la réduction du taux de croissance du PIB, et donc de la valeur des pensions versées. La présence d'une évolution moins favorable du taux d'occupation implique une réduction du taux de croissance du PIB et, par conséquent, du rendement implicite des cotisations (tableau 38).

## 9 Conclusions

L'objectif de ce travail est d'analyser l'impact du vieillissement de la population italienne et d'évaluer l'efficacité des réformes Amato et Dini. La mise en place d'une réforme était nécessaire pour deux raisons principales : éviter la faillite du système de retraite et réduire les effets négatifs sur la croissance économique provoqués par la forte baisse de l'épargne agrégée et donc des investissements.

Cette analyse a été effectuée à l'aide d'un modèle d'équilibre général à générations imbriquées. En fait, l'approche d'équilibre général représente le seul outil capable d'évaluer non seulement les effets macroéconomiques (impacts sur la consommation agrégée, sur l'épargne agrégée, sur la production nationale, sur les salaires, sur les taux d'intérêt...), mais aussi les effets sur le système de retraite, car l'évolution des salaires influence celle des cotisations sociales, et l'évolution du PIB influence la valeur de la retraite en raison de la mise en place de la réforme Dini.

Les impacts macroéconomiques de la mise en place des réformes sont essentiellement positifs, du fait qu'elles semblent permettre de réduire l'effet négatif sur l'épargne agrégée et, par conséquent, de produire une meilleure évolution du PIB et du PIB par tête.

Un autre aspect positif de la réforme est qu'elle réduira l'incitation à avancer le départ à la retraite des travailleurs. Jusqu'à la mise en place de la réforme, le rendement implicite des cotisations sociales versées était nettement supérieur pour ceux qui partaient à la retraite à 57 ans par rapport à ceux qui partaient à la retraite à 64 ans.

Nous montrons cependant que la réforme Dini est insuffisante. Elle permettra tout au plus d'éviter une forte augmentation du rapport entre la dépense totale et le PIB. En fait, même en faisant des hypothèses très optimistes concernant la croissance de la productivité et l'évolution du taux d'activité pour les femmes, l'équilibre du système de retraite ne sera pas atteint. De plus, à cause de la longue période de transition prévue par la réforme, dans la période 2025 - 2045, des déficits de l'ordre de 3 - 5 % par rapport au PIB sont prévus. Pour cette raison, la mise en place d'une nouvelle réforme semble indispensable.

Accessoirement, nos résultats montrent que la réforme pose des problèmes d'équité intergénérationnelle. Du fait qu'elle adopte trois critères différents de calcul de la retraite suivant l'âge des individus en 1995, elle

favorise considérablement ceux qui en 1995 avaient plus de 18 ans de cotisations, car pour eux la méthode de calcul n'a pas changé; par contraste, elle pénalise les générations suivantes qui, au moment de l'approbation de la réforme, n'avaient pas le droit de vote.



Annexe A : Data

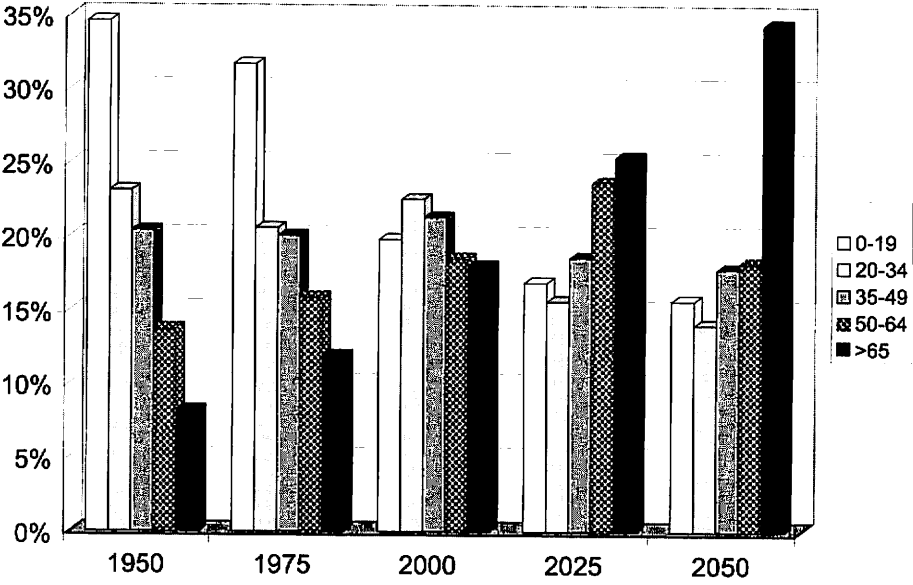


Figure 1 : évolution de la structure de la population (en % de la population)

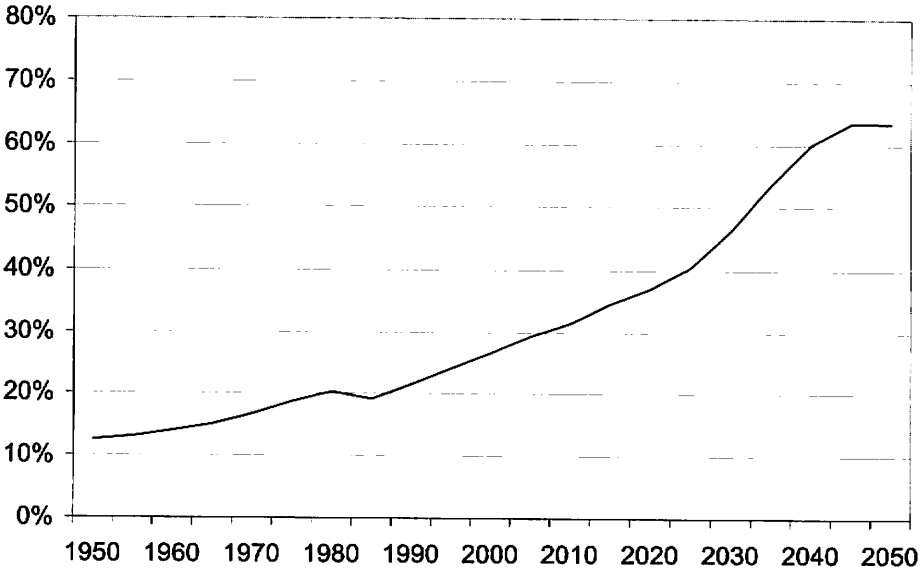


Figure 2 : évolution du ratio de dépendance (> 65 / 15-64)

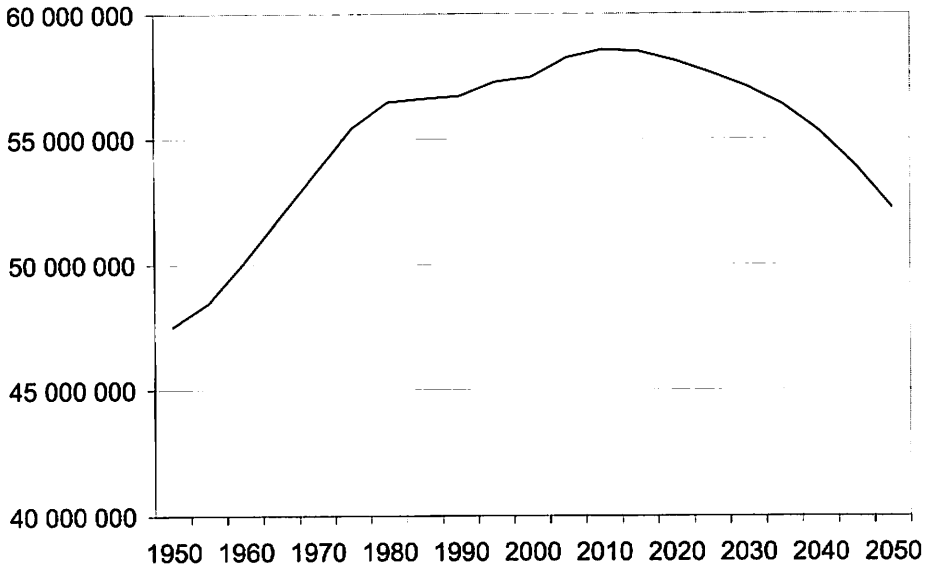


Figure 3 : évolution de la population totale

20 – 24	99,73 %
25 – 29	99,69 %
30 – 34	99,68 %
35 – 39	99,61 %
40 – 44	99,45 %
45 – 49	99,17 %
50 – 54	98,65 %
55 – 59	97,86 %
60 – 64	96,59 %
65 – 69	94,49 %
70 – 74	90,86 %
75 – 79	84,84 %
80 – 84	75,58 %
85 – 89	59,57 %
90 – 94	43,63 %
95 – 99	26,24 %
100 – 104	12,13 %
105 – 109	4,21 %
110 – 114	1,05 %
115 – 119	0,19 %

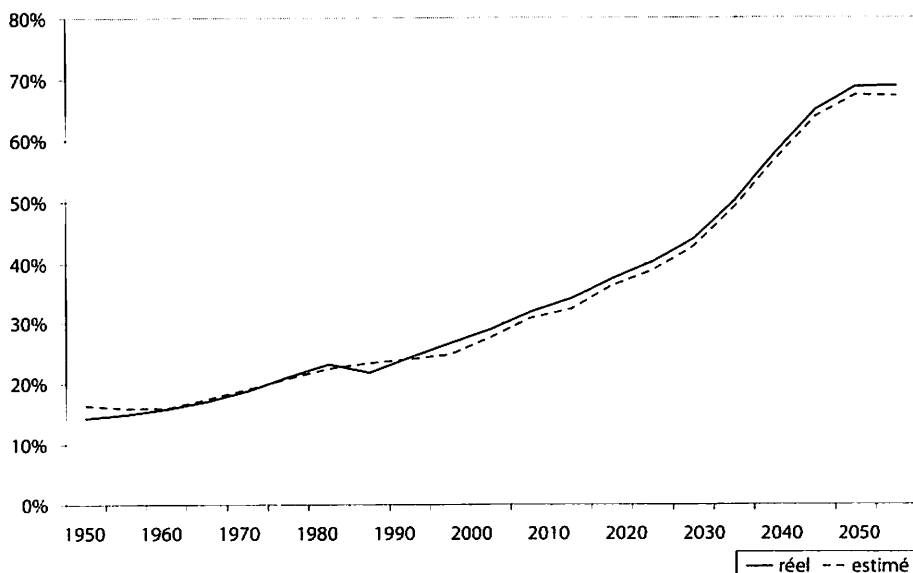
Tableau 4 : probabilité de survie (Istat, 2000)

	$g(10)$ 65 – 69	$g(11)$ 70 – 74	$g(12)$ 75 – 79	$g(13)$ 80 – 84	$g(14)$ 85 – 89	$g(15)$ > 90
1950	66,6 %	64,6 %	61,5 %	51,2 %	45,0 %	35,0 %
1955	67,0 %	72,3 %	61,9 %	52,6 %	45,4 %	35,4 %
1960	69,0 %	80,3 %	69,9 %	60,6 %	47,1 %	35,8 %
1965	72,9 %	81,8 %	77,8 %	68,6 %	52,6 %	36,2 %
1970	80,9 %	82,2 %	78,2 %	69,0 %	53,0 %	37,0 %
1975	88,3 %	82,6 %	78,6 %	69,4 %	53,4 %	37,4 %
1980	90,8 %	85,1 %	79,0 %	69,8 %	53,8 %	37,8 %
1985	93,3 %	87,6 %	81,5 %	72,3 %	56,3 %	40,3 %
1990	93,7 %	90,1 %	84,0 %	74,8 %	58,8 %	42,8 %
1995	94,1 %	90,5 %	84,4 %	75,2 %	59,2 %	43,2 %
2000	94,5 %	90,9 %	84,8 %	75,6 %	59,6 %	43,6 %
2005	94,9 %	92,1 %	86,3 %	77,1 %	61,1 %	45,1 %
2010	95,3 %	92,5 %	87,8 %	78,6 %	62,6 %	46,6 %
2015	95,7 %	92,9 %	89,2 %	80,1 %	64,1 %	48,1 %
2020	96,1 %	93,3 %	89,6 %	81,6 %	65,6 %	49,6 %
2025	96,5 %	93,7 %	90,0 %	83,1 %	67,1 %	51,1 %
2030	96,9 %	94,1 %	90,4 %	84,2 %	68,1 %	52,6 %
2035	97,3 %	94,5 %	90,8 %	84,6 %	68,5 %	53,2 %
2040	97,3 %	94,5 %	90,8 %	84,6 %	68,5 %	53,2 %
2045	97,3 %	94,5 %	90,8 %	84,6 %	68,5 %	53,2 %
2050	97,3 %	94,5 %	90,8 %	84,6 %	68,5 %	53,2 %

**Tableau 5 :** *probabilités de survie utilisées pour les personnes âgées de plus de 65 ans*

	20 – 24	25 – 29	30 – 34	35 – 39
1950	0,235	0,492	0,442	0,174
1955	0,212	0,442	0,392	0,156
1960	0,192	0,400	0,342	0,144
1965	0,208	0,434	0,377	0,152
1970	0,206	0,430	0,382	0,159
1975	0,192	0,381	0,351	0,153
1980	0,167	0,331	0,301	0,131
1985	0,142	0,281	0,251	0,109
1990	0,105	0,231	0,201	0,079
1995	0,082	0,181	0,151	0,060
2000	0,105	0,221	0,184	0,073
2005	0,128	0,268	0,242	0,104
2010	0,126	0,275	0,253	0,110
2015	0,126	0,275	0,253	0,110
2020	0,126	0,275	0,253	0,110
2025	0,126	0,275	0,253	0,110
2030	0,126	0,275	0,253	0,110
2035	0,135	0,283	0,261	0,114
2040	0,160	0,335	0,309	0,135
2045	0,205	0,429	0,395	0,172
2050	0,216	0,452	0,416	0,181

**Tableau 6 : taux de fécondité utilisés dans le modèle**



**Figure 7 : reproduction dans le modèle du taux de dépendance (> 65 / 20-64)**

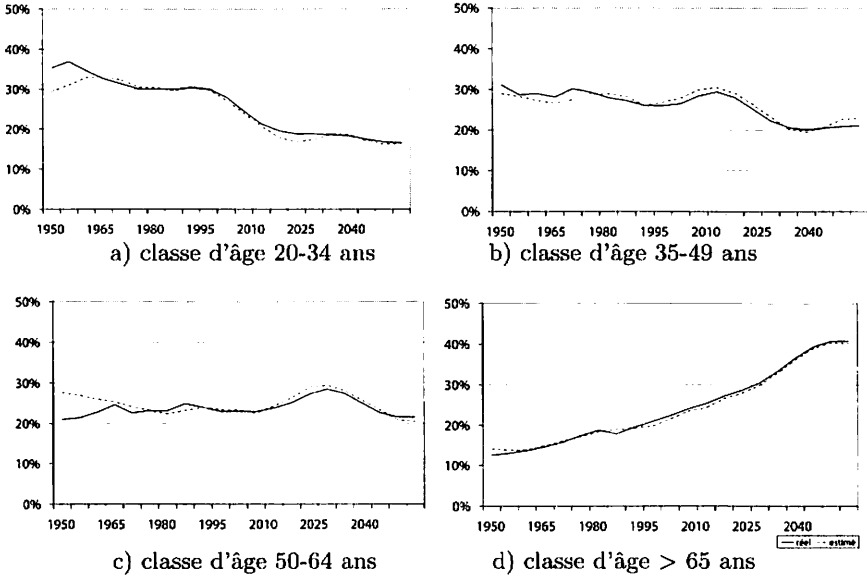


Figure 8 : reproduction dans le modèle des classes d'âge

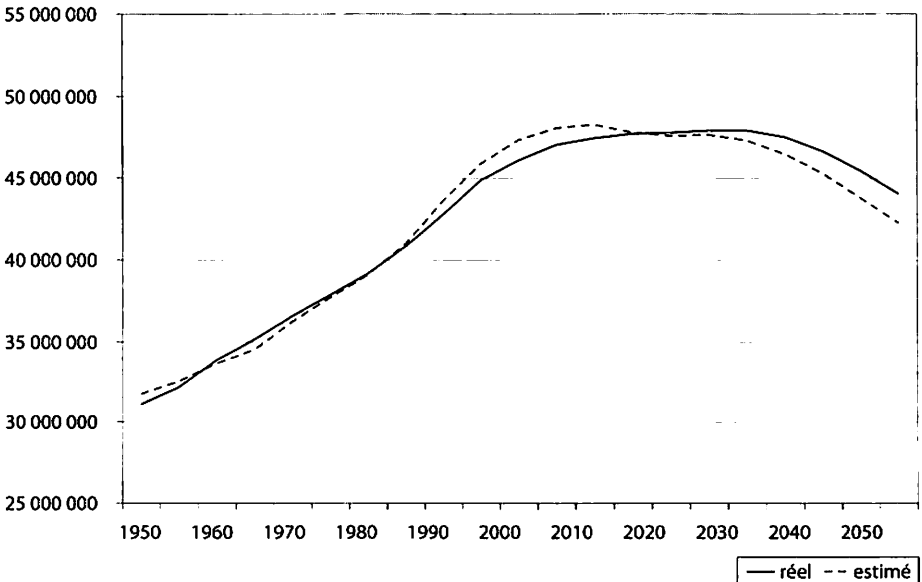


Figure 9 : reproduction dans le modèle de la population âgée de plus de 20 ans

	Institutions Publique	Institutions Privées	Total
Pensions proprement dites	13 901 000	382 011	14 283 011
de base	13 800 959	126 273	13 927 232
complémentaires	100 041	255 738	355 779
Aides sociales	3 966 962		3 966 962
<b>Total</b>	<b>17 867 962</b>	<b>382 011</b>	<b>18 249 973</b>

**Tableau 10 :** *fonction vieillesse (nombre de pensions)*

	Institutions Publique	Institutions Privées	Total
trav. administr. publique	2 269 194		2 269 194
trav. entreprises privées	9 082 022	4 710	9 086 732
trav. indépendants	2 425 978		2 425 978
professions libérales	23 765	121 563	145 328
<b>Total</b>	<b>13 800 959</b>	<b>126 273</b>	<b>13 927 232</b>

**Tableau 11 :** *fonction vieillesse, prestations de base (nombre de pensions)*

	Institutions Publique	Institutions Privées	Total
trav. administr. publique	36 789	0	36 789
trav. entreprises privées	79 736	204	79 940
trav. indépendants	15 174	0	15 174
professions libérales	125	1 353	1 478
<b>Total</b>	<b>131 823</b>	<b>1 558</b>	<b>133 381</b>

**Tableau 12 :** *fonction vieillesse, prestations de base (dépenses en millions d'euro)*

	nombre pensions	dépense
40-44	8 947	98
45-49	72 356	944
50-54	344 655	5 184
55-59	965 202	14 555
60-64	2 057 639	23 890
65-69	2 972 263	26 883
70-74	2 683 508	23 235
75-79	2 209 190	18 345
80-84	1 150 345	9 037
85-89	919 978	6 713
90-94	340 414	2 387
95 +	74 120	529
autre	2 342	23
<b>Total</b>	<b>13 800 959</b>	<b>131 823</b>

**Tableau 13 :** *fonction vieillesse, prestations de base, instil. publiques*

	nombre pensions	population	n. pens. / populat.
55-59	965 202	3 388 966	28,5 %
60-64	2 057 639	3 396 644	60,6 %
65-69	2 972 263	3 112 130	95,5 %
70-74	2 683 508	2 740 398	97,9 %
75-79	2 209 190	2 251 253	98,1 %
80-84	1 150 345	1 048 244	109,7 %
85-89	919 978	846 356	108,7 %
>90	416 876	325 648	128,0 %
Total	13 375 001	17 109 639	

**Tableau 14 :** fonction vieillesse, prestations de base, instit. publiques, > 55 ans

nombre pensions	dépense	n. pens / n. travail	dépense / PIB
13 375 001	125 597	66,0 %	10,78 %

**Tableau 15 :** fonction vieillesse, prestations de base, instit. publiques, > 55 ans

CLASSES D'ÂGE		
Paramètres pour le profil de productivité liée à l'âge	$\theta$	1,234
	$\theta_1$	0,284
	$\theta_2$	-0,019
Paramètre pour la productivité liée à l'éducation	$\alpha_{HC}$	0,117
Taux de dépréciation du capital humain	$\delta_{HC}$	5,1 %
Paramètre pour la productivité lié aux connaissances	$g_{exo}$	0,059
Elasticité de substitution intertemporelle		1
Indice de préférence pour le loisir	$\varepsilon_{g(2)}$	0,600
	$\varepsilon_{g(3)}$	0,451
	$\varepsilon_{g(4)}$	0,351
	$\varepsilon_{g(5)}$	0,296
	$\varepsilon_{g(6)}$	0,301
	$\varepsilon_{g(7)}$	0,411
Indice de préférence pour l'héritage	$\beta_{BEQ}$	3,026
ENTREPRISES		
Taux de dépréciation du capital physique	$\delta$	10,4 %
Part de la rémunération du capital dans la valeur ajoutée	$\alpha$	52,2 %
GOUVERNEMENT		
Taux des cotisations sociales	$\tau_{cs}$	32,7 %
Dette publique / PIB		120 %
Dépense publique / PIB		16 %

**Tableau 16 :** principales valeurs des paramètres utilisés dans le modèle

		Valeur simulée	Valeur réelle
Taux des impôts directs		15,2 %	
PIB (en milliards d'euros)		923,053	923,052
Consommation / PIB		61,84 %	60,6 %
Investissements / PIB		19,64 %	19,3 %
Gedu / PIB		3,88 %	3,8 %
Gmed / PIB (en 2000)		5,54 %	5,5 %
Pensions / PIB (en 2000)		11,3 %	10,8 %
N. de retraités / N. de travailleurs (en 2000)		0,652	0,66
Propension à épargner	$s_g(3)$	19,8 %	20 %
	$s_g(4)$	25,6 %	26 %
	$s_g(5)$	21,7 %	22 %
	$s_g(6)$	22,4 %	23 %
	$s_g(7)$	30,5 %	31 %
	$s_g(8)$	31,7 %	32 %
	$s_g(9)$	33,3 %	34 %
	$s_g(10)$	35,6 %	36 %
	$s_g(11)$	30,8 %	31 %
Taux d'occupation	$l_g(1)$	35,9 %	35,9 %
	$l_g(2)$	57,1 %	57,8 %
	$l_g(3)$	68,1 %	68,8 %
	$l_g(4)$	72,5 %	72,0 %
	$l_g(5)$	71,2 %	71,4 %
	$l_g(6)$	67,1 %	67,2 %
	$l_g(7)$	54,8 %	55,4 %
	$l_g(8)$	37,7 %	37,7 %
	$l_g(9)$	18,2 %	18,2 %
Taux d'occupation national		54,62 %	54,57 %

**Tableau 17 :** *valeur en 1995 de quelques variables endogènes*



### Annexe B : Résultats du modèle

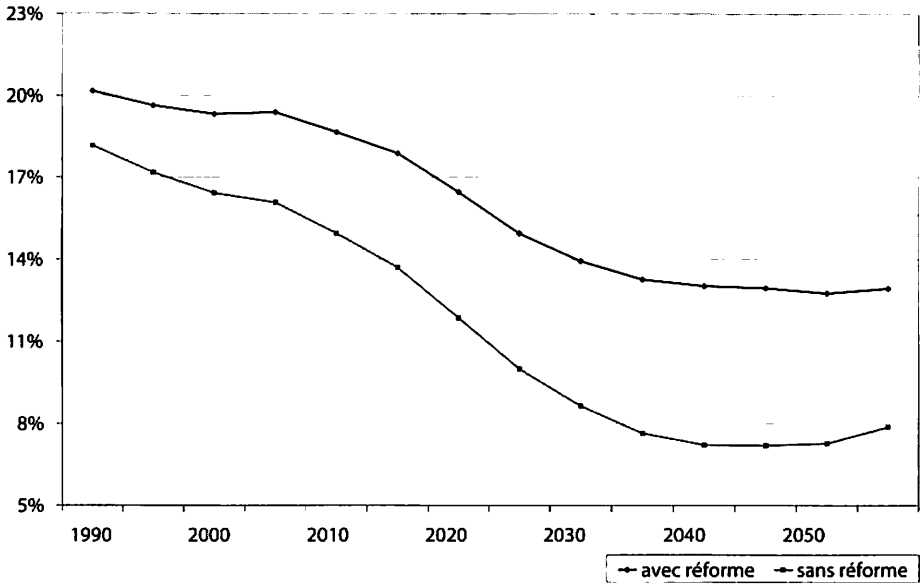


Figure 18 : investissements / PIB

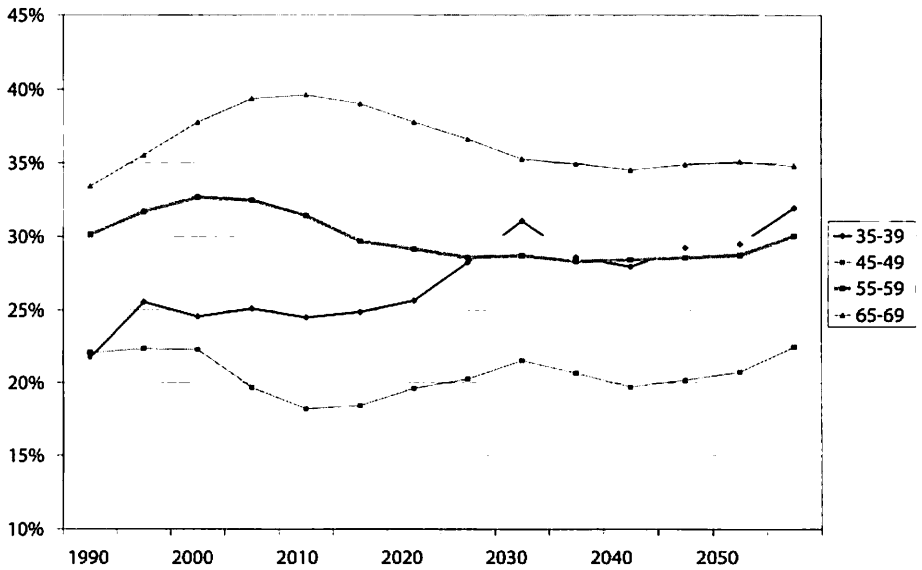


Figure 19 : propension à épargner pour certaines classes d'âge (avec réforme)

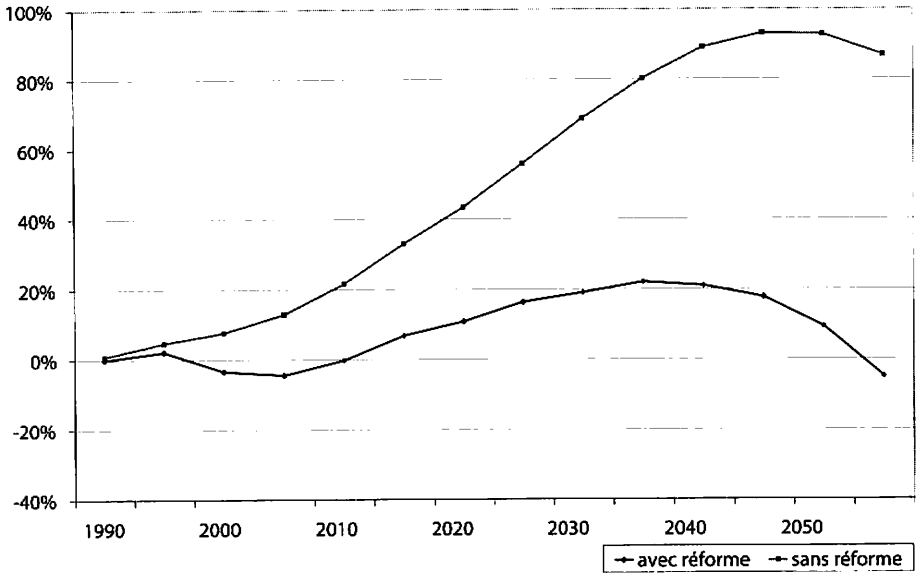


Figure 20 : taux de taxation général (variations en rapport à l'année 1990)

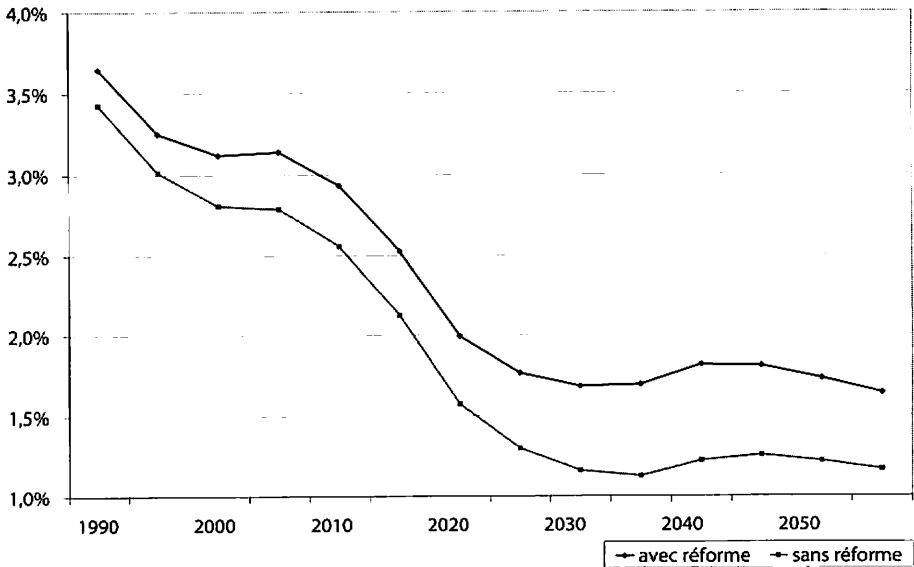


Figure 21 : taux de croissance du PIB

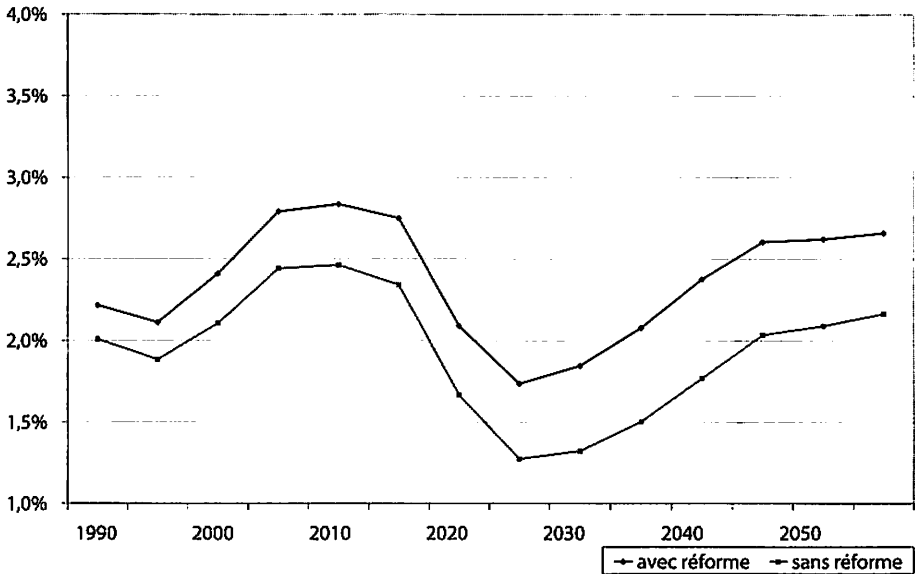


Figure 22 : *taux de croissance du PIB par tête*

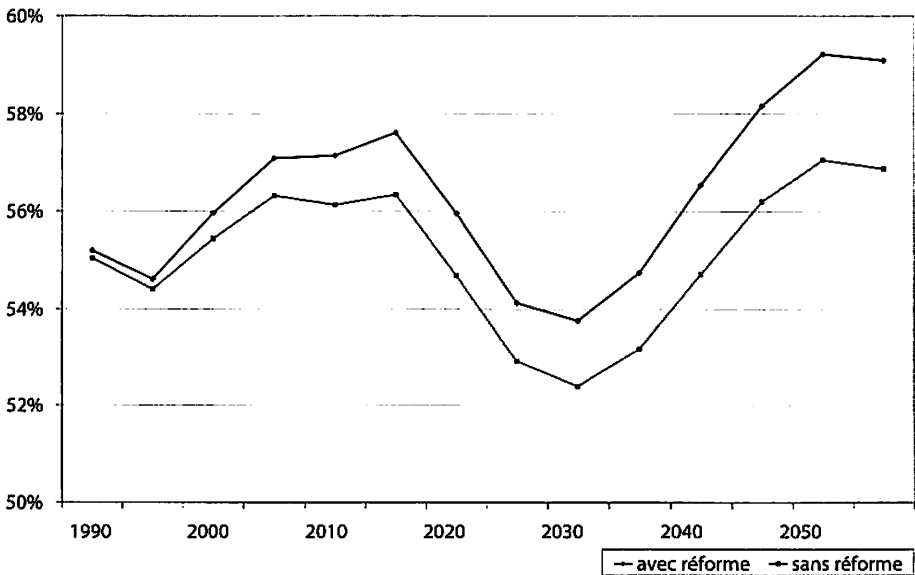


Figure 23 : *taux d'occupation*

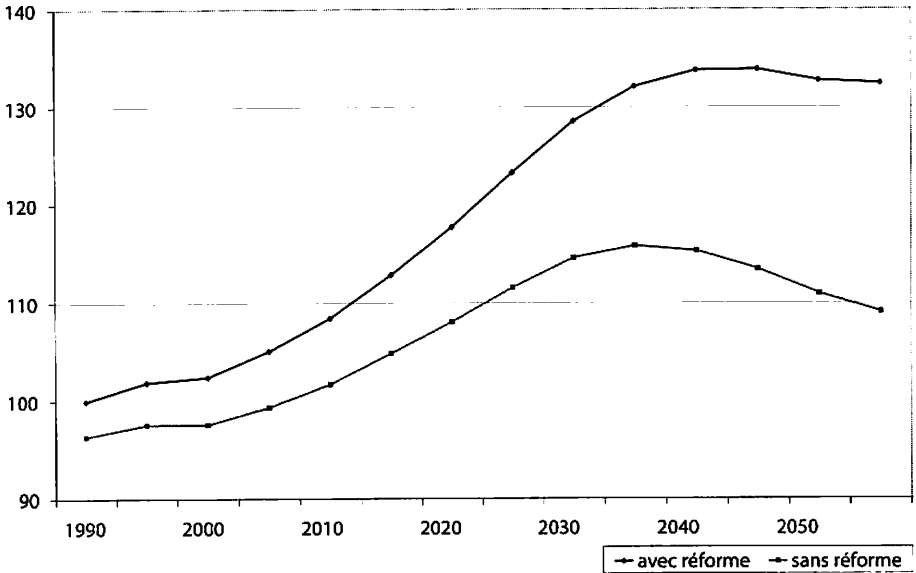


Figure 24 : salaire par unité de travail effectif (salaire en 1990 = 100)

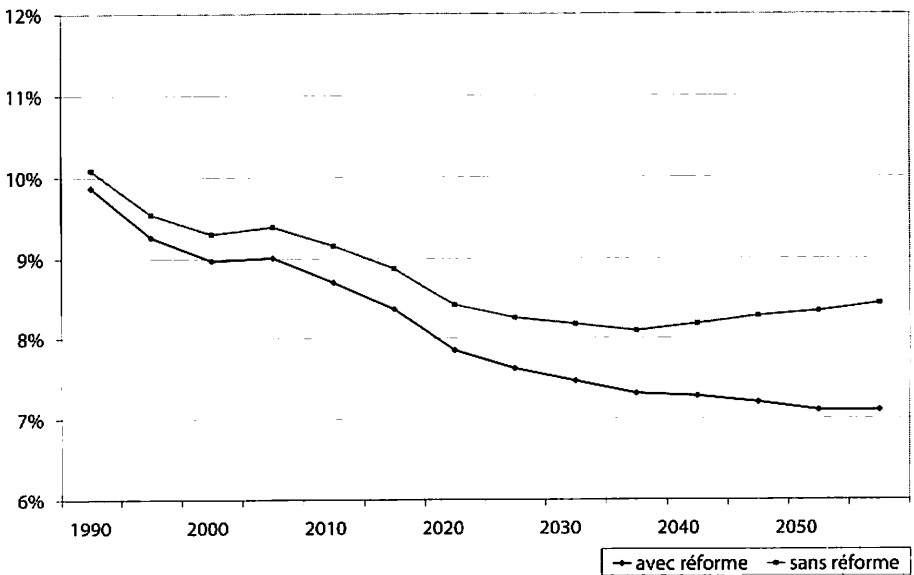


Figure 25 : rendement moyen des actifs financiers

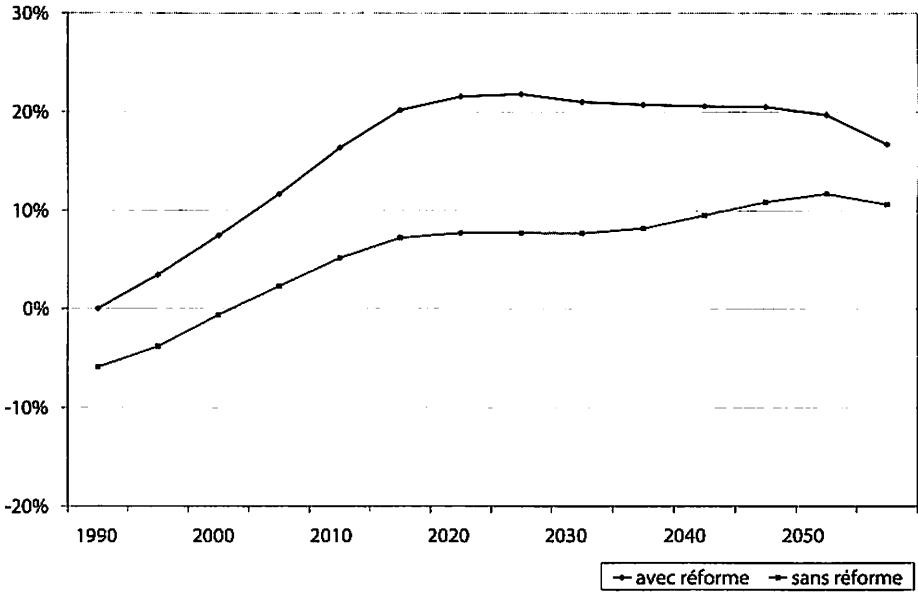


Figure 26 : décision d'étudier (variations en % par rapport à l'année 1990)

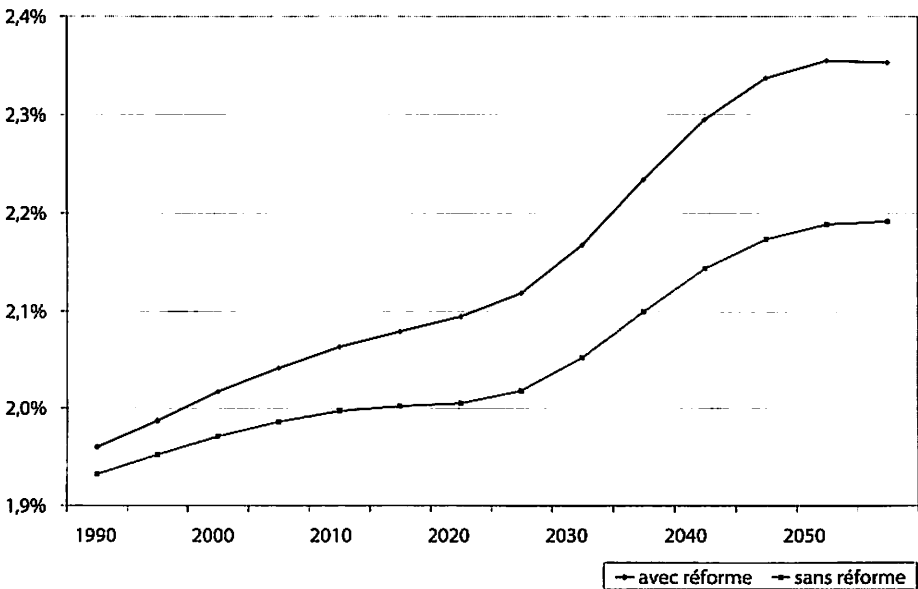


Figure 27 : taux de croissance de la productivité ( $g_H$ )

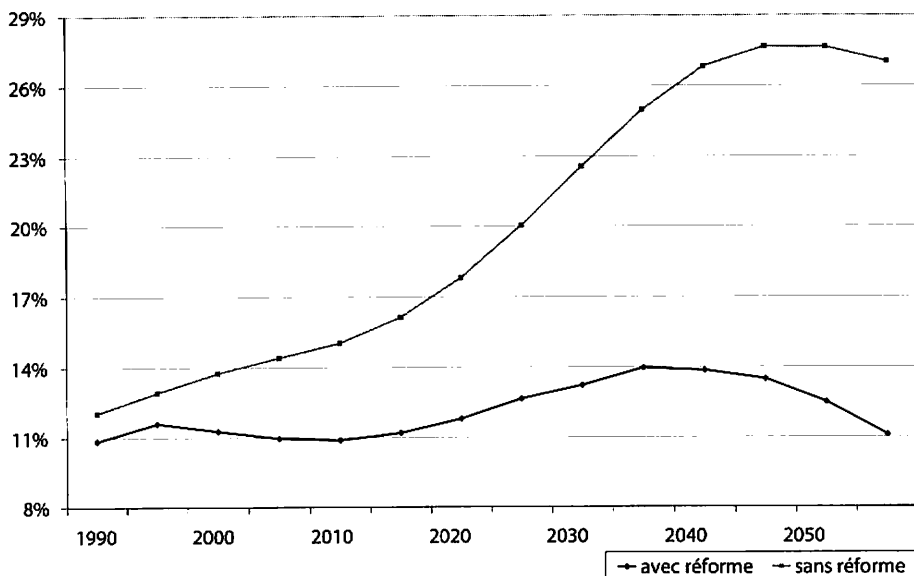


Figure 28 : pensions / PIB

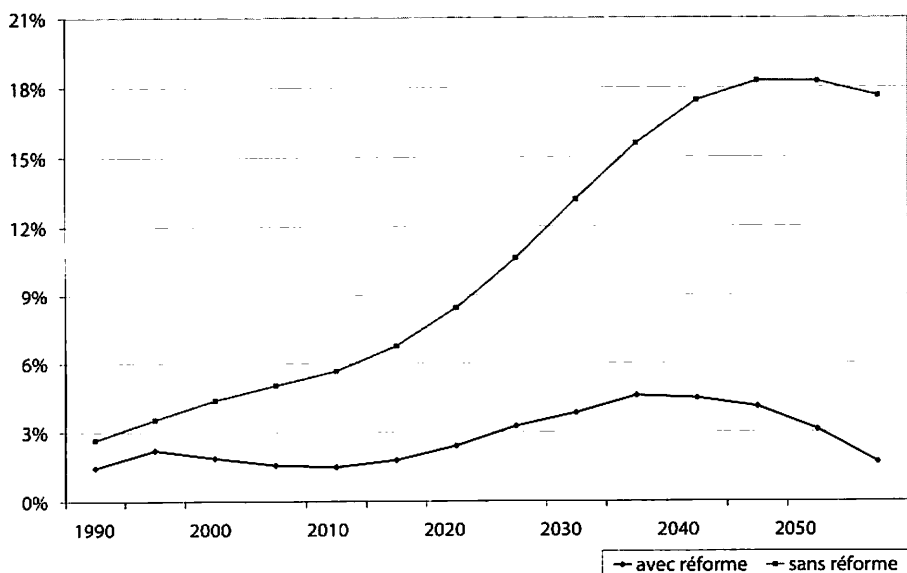


Figure 29 : déficit du système de retraite / PIB

âge de la retraite	
57	4,720 %
58	4,860 %
59	5,006 %
60	5,163 %
61	5,334 %
62	5,514 %
63	5,706 %
64	5,911 %

Tableau 30 : coefficients de transformation

âge de la retraite	57	58	59	60	61	62	63	64
années de cotisations	35	36	37	38	39	40	41	42
2005	69,2 %	71,2 %	73,2 %	75,0 %	77,0 %	79,0 %	81,0 %	82,9 %
2010	69,8 %	71,7 %	73,7 %	75,7 %	77,6 %	79,6 %	81,6 %	83,6 %
2015	70,3 %	72,3 %	74,3 %	76,4 %	78,4 %	80,5 %	82,5 %	84,5 %
2020	61,2 %	64,6 %	68,1 %	72,3 %	76,1 %	79,9 %	83,9 %	88,0 %
2025	56,6 %	60,3 %	64,1 %	68,7 %	72,8 %	77,0 %	81,4 %	85,9 %
2030	51,2 %	55,1 %	59,1 %	64,2 %	68,6 %	73,1 %	77,8 %	82,6 %
2035	49,6 %	52,9 %	56,4 %	61,0 %	65,1 %	69,5 %	74,1 %	79,1 %
2040	48,6 %	51,9 %	55,3 %	59,9 %	63,9 %	68,2 %	72,7 %	77,6 %
2045	48,8 %	52,0 %	55,4 %	60,0 %	64,0 %	68,2 %	72,8 %	77,6 %
2050	49,4 %	52,6 %	56,1 %	60,7 %	64,7 %	68,9 %	73,5 %	78,4 %
2055	50,1 %	53,4 %	56,8 %	61,5 %	65,5 %	69,9 %	74,5 %	79,4 %

Tableau 31 : taux de remplacement

âge de la retraite	57	58	59	60	61	62	63	64
années de cotisations	35	36	37	38	39	40	41	42
2005	3,06 %	2,84 %	2,61 %	2,35 %	2,13 %	1,90 %	1,66 %	1,41 %
2010	3,12 %	2,90 %	2,66 %	2,39 %	2,17 %	1,94 %	1,70 %	1,45 %
2015	3,20 %	2,97 %	2,74 %	2,47 %	2,24 %	2,01 %	1,76 %	1,51 %
2020	2,70 %	2,58 %	2,44 %	2,30 %	2,17 %	2,03 %	1,87 %	1,71 %
2025	2,44 %	2,35 %	2,25 %	2,14 %	2,04 %	1,92 %	1,78 %	1,64 %
2030	2,09 %	2,04 %	1,98 %	1,92 %	1,85 %	1,76 %	1,65 %	1,53 %
2035	1,99 %	1,91 %	1,82 %	1,75 %	1,67 %	1,59 %	1,50 %	1,40 %
2040	1,89 %	1,82 %	1,74 %	1,67 %	1,59 %	1,51 %	1,42 %	1,33 %
2045	1,85 %	1,78 %	1,70 %	1,63 %	1,56 %	1,48 %	1,40 %	1,30 %
2050	1,84 %	1,77 %	1,69 %	1,62 %	1,55 %	1,47 %	1,39 %	1,30 %
2055	1,83 %	1,76 %	1,68 %	1,61 %	1,54 %	1,46 %	1,38 %	1,29 %

Tableau 32 : rendement implicite des cotisations

### Annexe C : Première analyse de sensibilité : variation du niveau de productivité

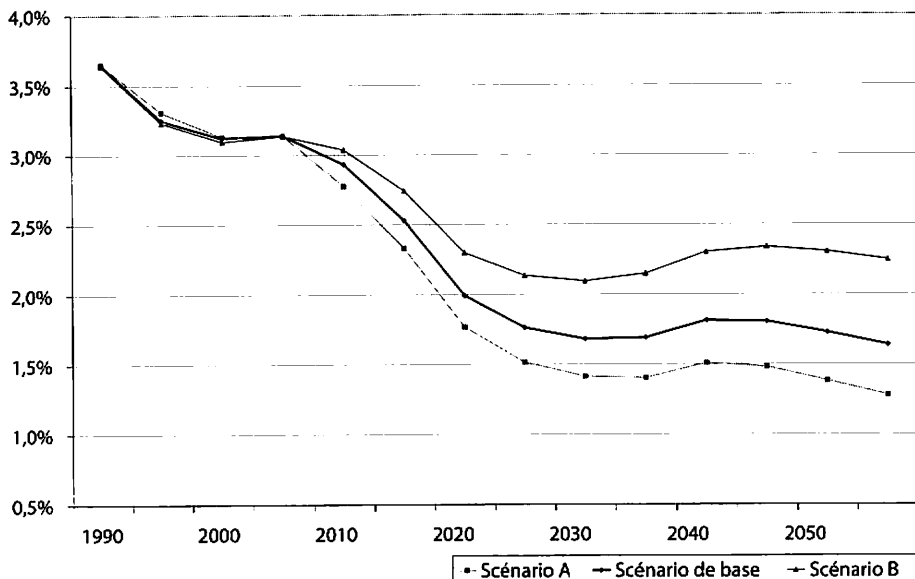


Figure 33 : taux de croissance du PIB

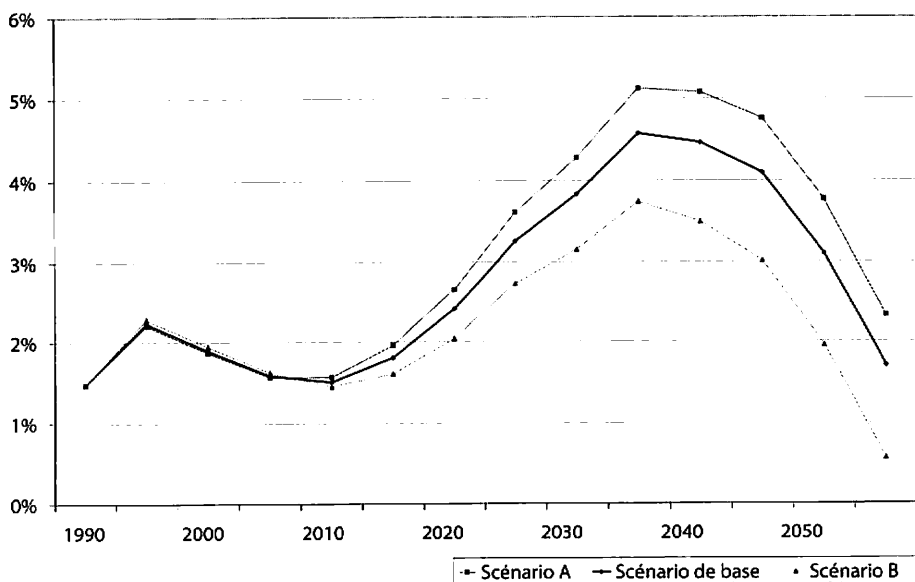


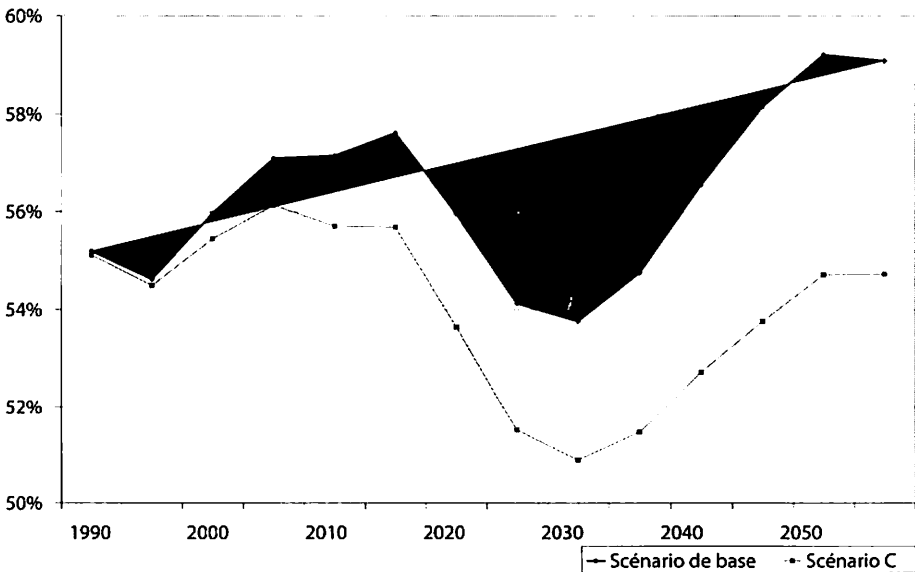
Figure 34 : déficit du système de retraite / PIB



âge de la retraite	57			60			64		
	A	base	B	A	base	B	A	base	B
2025	2,36 %	2,44 %	2,60 %	2,07 %	2,14 %	2,28 %	1,59 %	1,64 %	1,75 %
2030	1,99 %	2,09 %	2,29 %	1,83 %	1,92 %	2,10 %	1,47 %	1,53 %	1,67 %
2035	1,87 %	1,99 %	2,24 %	1,65 %	1,75 %	1,97 %	1,32 %	1,40 %	1,57 %
2040	1,76 %	1,89 %	2,18 %	1,55 %	1,67 %	1,91 %	1,24 %	1,33 %	1,52 %
2045	1,71 %	1,85 %	2,17 %	1,50 %	1,63 %	1,90 %	1,20 %	1,30 %	1,51 %
2050	1,68 %	1,84 %	2,18 %	1,48 %	1,62 %	1,91 %	1,19 %	1,30 %	1,53 %
2055	1,66 %	1,83 %	2,19 %	1,46 %	1,61 %	1,93 %	1,17 %	1,29 %	1,54 %

**Tableau 35 : rendement implicite des cotisations**

**Annexe D : Deuxième analyse de sensibilité : variation du taux d'occupation**



**Figure 36 : taux d'occupation**

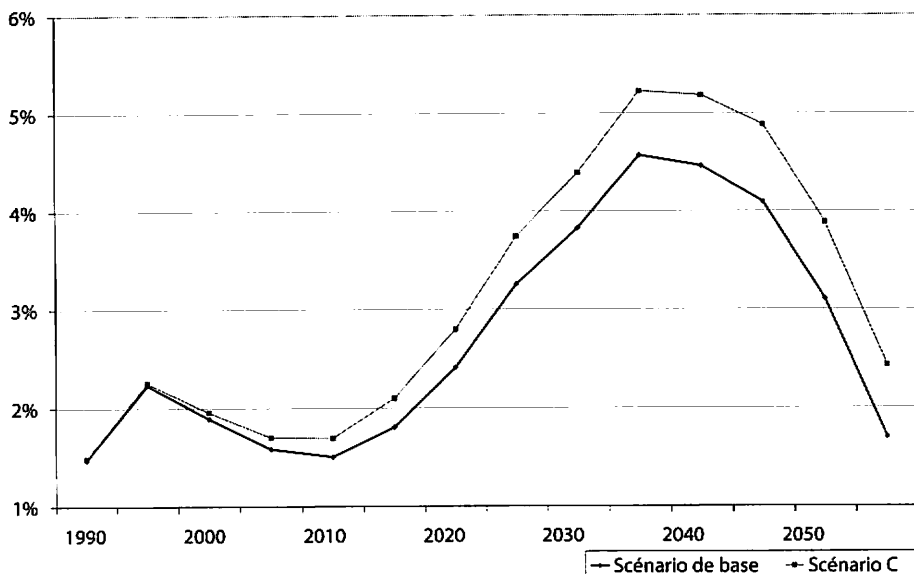


Figure 37 : déficit du système de retraite / PIB

âge de la retraite	57		60		64	
	base	C	base	C	base	C
2025	2,44 %	2,38 %	2,14 %	2,10 %	1,64 %	1,61 %
2030	2,09 %	2,01 %	1,92 %	1,86 %	1,53 %	1,49 %
2035	1,99 %	1,92 %	1,75 %	1,69 %	1,40 %	1,35 %
2040	1,89 %	1,82 %	1,67 %	1,60 %	1,33 %	1,28 %
2045	1,85 %	1,79 %	1,63 %	1,57 %	1,30 %	1,25 %
2050	1,84 %	1,77 %	1,62 %	1,56 %	1,30 %	1,24 %
2055	1,83 %	1,76 %	1,61 %	1,55 %	1,29 %	1,24 %

Tableau 38 : rendement implicite des cotisations

## Références

- Auerbach A. et L. Kotlikoff (1987), *Dynamic Fiscal Policy*, Cambridge University Press.
- Auerbach A., L. Kotlikoff, R. Hagemann et G. Nicoletti (1989), "The economic dynamics of an ageing population : the case of four OECD countries", *OECD Economic Studies*, n. 12.
- Barro R.J. (2001), "Human capital and growth", *The American Economic Review*, 91, 2, Papers and proceedings of the hundred thirteenth annual meeting of the American Economic Association, pp. 12-17.
- Bettendorf L. et B. Heijdra (2001), "Intergenerational and international welfare leakages of a product subsidy in a small open economy", *International Tax and Public Finance*, 8, pp. 705-729.
- Bouzahzah M., D. de la Croix et F. Docquier (2002), "Policy reforms and growth in computable OLG economies", *Journal of Economic Dynamics and Control*, 26, pp. 2093-2113.
- Brugiavini A. (1997), "Social security and retirement in Italy", NBER working paper n. 6155.
- Brugiavini A. et E. Fornero (1999), "A pension system in transition : the case of Italy", *Quaderni del Dipartimento di Scienze economiche e Finanziarie « G. Prato »*, n. 38 January.
- Castellino O. et E. Fornero (1997), "From PAYG to funding in Italy : a feasible transition ?", *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, n. 4.
- Cavalletti B. et E. Lubke (2001), "Ageing population and pension reform in Italy", in A. Fossati et W. Wiegard, *Policy evaluation with computable general equilibrium*.
- Ferraresi M. et E. Fornero (2000), "Social security transition in Italy : costs, distortions and some possible corrections", CERP working paper n. 2.
- Fougère M. et M. Mérette (1998), "Population ageing and the current account in selected OECD countries", OECD Economics Department Working Paper, n. 98-04.
- Fougère M. et M. Mérette (1999), "Population ageing and economic growth in seven OECD countries", *Economic Modelling*, 16, pp. 411-427.
- Franco D. (2000), "Italy : A never-ending pension reform", paper presented at the NBER-Kiel Conference (Berlin, march 20-21, 2000).
- Graham J.W. (1987), "International differences in saving rates and the life cycle hypothesis", *European Economic Review*, 31, pp. 1509-1529.
- Hamanni J. (1997), "The reform of the pension system in Italy", IMF working paper, n. 97/18.
- Hviding K. et M. Mérette (1998), "Macroeconomic effects of pension reforms in the context of ageing populations : overlapping general equilibrium model simulations for seven OECD countries", OECD Economics Department Working Paper, n. 201.

- Jappelli T. et F. Modigliani (1998), "The age-saving profile and life-cycle hypothesis", CSEF working paper, n. 9.
- Jappelli T. et L. Pistaferri (2000), "The dynamics of household wealth accumulation", *Fiscal Studies*, 21, pp. 269-295.
- Kotlikoff L. et L. Summers, (1981), "The role of intergenerational transfers in aggregate capital accumulation", *Journal of Political Economy*, 89, pp. 706-732.
- Istat (2003), *Tavole di mortalità per provincia e regione di residenza*, Anno 2000.
- Istat (2000), *Popolazione per sesso, età e stato civile al 1.1.1999*.
- Istat (2001), *Previsioni della popolazione residente per sesso, età e regione*, Base 1.1.2001.
- Istat (2003), *Statistiche della previdenza e dell'assistenza sociale. I trattamenti pensionistici*, Anni 2000-2001.
- Istat (2003), *Conti economici nazionali*, Anni 1970-2002.
- Lucas R.J. (1988), "On the mechanics of economic development", *Journal of Monetary Economics*, 22, pp. 3-42.
- Mayer J. et R. Riphahn (1999), "Fertility assimilation of immigrants: Evidence from count data models", IZA Discussion Paper, n. 52.
- Miles D. (1999), "Modelling the impact of demographic change upon the economy", *The Economic Journal*, 109, pp. 1-36.
- Modigliani F. (1970), "The life cycle hypothesis of savings and intercountry differences in the saving ratio", in Eltis, W., M. Scott et J. Wolfe, *Induction, growth and trade*, Oxford, Clarendon Press.
- Peracchi F. et N. Rossi (1995), *Pensioni: una riforma nonostante tutto*, Il Mulino.
- Poterba J. (1994), *International Comparisons of Household Saving*, Chicago, Chicago University Press.
- Relazione della Commissione Ministeriale per la valutazione degli effetti della legge n. 335/95 e successivi provvedimenti (2001).
- Rossi N. et I. Visco (1995), "National saving and social security in Italy", *Ricerche Economiche*, 49, pp. 329-356.
- Storesletten K. (2000), "Sustaining fiscal policy through immigration", *Journal of Political Economy*, 108, pp. 300-323.
- Yaari M.E. (1965), "Uncertain lifetime, life insurance, and the theory of the consumer", *Review of Economic Studies*, 32, pp. 137-150.