HAL
open science

Quelles règles de pilotage pour un système de retraite à rendement défini?

Antoine Bozio, Simon Rabaté, Audrey Rain, Maxime To

To cite this version:

Antoine Bozio, Simon Rabaté, Audrey Rain, Maxime To. Quelles règles de pilotage pour un système de retraite à rendement défini?. [Rapport de recherche] Rapport IPP n°23, Institut des politiques publiques (IPP). 2019, 123 p. halshs-02514738

HAL Id: halshs-02514738

https://shs.hal.science/halshs-02514738

Submitted on 22 Mar 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Institut des Politiques Publiques

RAPPORT IPP Nº 23 - Juin 2019

Quelles règles de pilotage pour un système de retraite à rendement défini?

Antoine Bozio
Simon Rabaté
Audrey Rain et Maxime Tô

Institut des
Politiques Publiques

L'Institut des politiques publiques (IPP) est développé dans le cadre d'un partenariat scientifique entre PSE-Ecole d'économie de Paris (PSE) et le Centre de Recherche en Economie et Statistique (CREST). L'IPP vise à promouvoir l'analyse et l'évaluation quantitatives des politiques publiques en s'appuyant sur les méthodes les plus récentes de la recherche en économie.

www.ipp.eu

PARIS SCHOOL OF ECONOMICS
ECOLE D'ECONOMIE DE PARIS

CREST
CENTER FOR RESEARCH
IN ECONOMICS AND STATISTICS

Les auteurs du rapport

Antoine Bozio est maître de conférences à l'École des hautes études en sciences sociales (EHESS), chercheur associé à l'École d'économie de Paris et directeur de l'Institut des politiques publiques (IPP). Ses travaux de recherche concernent en particulier le système de retraite et la fiscalité.
Page personnelle : http://www.parisschoolofeconomics.com/bozio-antoine/fr/

Simon Rabaté est titulaire d'un doctorat en Sciences économiques de l'École d'économie de Paris consacré à l'évaluation ex ante et ex post des réformes du système de retraite français. Il est écononiste au Centraal Planbureau à La Haye. Il est également économiste à l'IPP depuis octobre 2016, où il participe aux travaux sur la thématiques des retraites.
Page personnelle : http: www.parisschoolofeconomics.eu/fr/rabate-simon/

Audrey Rain est économiste à l'Institut des politiques publiques (IPP). Titulaire d'un doctorat en Sciences économiques de Paris II Panthéon-Assas, elle a consacré ses travaux de thèse à des sujets liés à la formation professionnelle et aux politiques du marché du travail. Elle rejoint l'IPP en janvier 2018, où elle s'intéresse aux questions relatives aux systèmes de retraite et à la prise en charge de la dépendance dans le cadre du développement du modèle de microsimulation dynamique (TAXIPP-Life).
Page personnelle : http://www.parisschoolofeconomics.eu/fr/rain-audrey/

Maxime Tô est économiste à l'Institut des politiques publiques (IPP) et chercheur associé à University College London (UCL) et à l'Institute for Fiscal Studies (IFS).

Titulaire d'un doctorat en Sciences économiques de Sciences-Po (Paris), ses travaux s'intéressent principalement à l'offre de travail et aux inégalités femmes-hommes sur le marché du travail et en termes de retraites. Il rejoint l'IPP en septembre 2017 où il contribue principalement au développement du calculateur des retraites (PensIPP).

Page personnelle : http://www.ipp.eu/annuaire/maxime-to/

Remerciements

Nous remercions la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DREES) du ministère des Solidarités et de la Santé pour le financement de cette étude.

Nous avons remercions également toutes les personnes qui ont contribué à ce travail par leurs remarques et commentaires, notamment Patrick Aubert, Didier Blanchet, Franck Arnaud et Nicolas Scotté.

Les résultats et opinions émises dans ce rapport sont sous la seule responsabilité des auteurs et ne peuvent être attribuées ni à la Drees, ni au Haut commissariat à la réforme des retraites.

Synthèse des résultats

Objectifs de l'étude : des tests de résistance pour les retraites

- Cette étude vise à simuler un système de retraite fonctionnant en points, dans l'optique de la réforme en préparation visant à l'instauration d'un régime universel en points.
- L'objectif de l'étude est de se concentrer sur la définition des règles de pilotage du système. En particulier, quelles sont les règles d'or du système qui devraient faire l'objet d'engagements forts de la part du législateur pour garantir les droits de retraite ? Dans quelle mesure une partie du pilotage peut faire l'objet de décisions plus flexibles, au fil de l'eau ?
- La méthodologie de ce travail repose sur une analyse théorique et la simulation de chocs démographiques et économiques afin d'étudier les conséquences pour la soutenabilité du système et le niveau des pensions, de différentes règles de pilotage. Il s'agit de soumettre le système de retraite à des *stress test*, à l'instar des tests de résistance bancaire simulés par les banques centrales.

Conception d'un système de retraite à points

- Les systèmes de retraite à points simulés dans cette étude partagent la caractéristique d'être des systèmes à rendement défini. Les paramètres définissant les droits à la retraite suivent des règles qui visent à donner des garanties sur les droits et sur la soutenabilité de l'équilibre. Ils se distinguent donc des

systèmes en points dont le pilotage est réalisé au fil de l'eau, comme dans les régimes de retraite complémentaires français.

- Dans un système en répartition, le rendement interne est égal à la croissance de la masse salariale plus un facteur lié au taux de renouvellement des cotisants. Tout système de retraite qui offre des pensions calculées sur la base des cotisations auxquelles le rendement interne est appliqué est susceptible d'être à l'équilibre sur long terme.
- Le choix de pilotage d'un système à rendement défini en points revient à choisir les règles d'indexation pour la valeur du point, pour le coefficient de liquidation et pour la revalorisation des pensions. Seules deux de ces trois paramètres peuvent être fixés par le législateur, le troisième découlant des conditions d'équilibre.

Simulations de règles d'indexation différentes

- Trois règles de pilotage ont été particulièrement testées dans cette étude : i) une indexation sur la masse salariale, ii) un engagement de revalorisation prix des pensions liquidées, et iii) une indexation sur le salaire moyen. Dans tous les cas simulés, le système procède à une avance sur pension à la liquidation (ou *frontloading*, c'est-à-dire que la pension à la liquidation inclut le rendement anticipé pendant la période de retraite. Cela permet d'offrir à la liquidation des pensions plus élevées en échange d'une revalorisation moins dynamique des pensions liquidées.
- Dans tous les chocs simulés, les systèmes de retraite à points s'ajustent beaucoup plus rapidement que le système actuel, dans le cas où aucune réforme ne serait mise en place. Cette comparaison sert de référentiel plus que de jugement sur le système actuel qui ferait évidemment l'objet de réformes paramétriques, à plus ou moins longue échéance.

- L'indexation sur la masse salariale conduit à garantir fortement la soutenabilité du système, mais au prix de revalorisations des pensions inférieures à l'inflation en cas de chocs, de l'ordre de -0,2 à -0,9 point de pourcentage.
- La garantie prix des pensions ne permet pas d'ajuster complètement aux chocs, et conduit à des dettes accumulées plus fortes.
- L'indexation sur le salaire moyen est proche de l'indexation sur la masse salariale mais les chocs sont lissés par des revalorisations inférieures à l'inflation de moindre ampleur qu'avec l'indexation sur la masse salariale, de l'ordre de -0,1 à -0,8 point de pourcentage selon les chocs. Toutefois, les chocs de fécondité ne sont pas pris en compte par cette règle d'indexation.

Arbitrages en jeu

- Parmi toutes les options possibles d'indexation, le choix d'une indexation de la valeur du point sur la croissance des salaires réunit de solides arguments : cela permet de garantir que les droits à la retraite accumulés par les actifs ne varient pas selon le moment de la carrière. Cela permet aussi de réserver une partie du rendement de la croissance démographique pour les ajustements du système ou l'accumulation de réserves. Le risque principal de soutenabilité de cette option est le risque de décroissance de la population.
- Il existe un arbitrage important entre faire peser l'ajustement des chocs sur la revalorisation des retraites, ou sur les conditions à la liquidation. L'option de la garantie prix de la revalorisation des pensions fait tout peser sur les conditions à la liquidation, ce qui induit plus de variance dans celles-ci. À l'inverse, maintenir constant le coefficient de conversion quel que soit le niveau de productivité constaté est impossible dans le cas d'une baisse durable de la croissance. Une option de pilotage intéressante serait de mixer les deux options, en permettant une évolution lente du coefficient de conversion en

fonction de la croissance anticipée, et tout en permettant des ajustements limités de la revalorisation des pensions.

- Il existe aussi un arbitrage entre le risque de revalorisation des pensions inférieures à l'inflation et le degré d'avance sur pension. Plus le législateur souhaite offrir de garantie sur la revalorisation des pensions, moins l'avance sur pension doit être importante afin de laisser une marge de manœuvre à l'ajustement des chocs. Choisir une avance de pension plus faible, en contrepartie d'une revalorisation plus dynamique en moyenne que le niveau de l'inflation, permet d'offrir plus de garanties que les pensions seront revalorisées au-delà de l'inflation.

Principaux enseignements de l'étude

- Un ensemble de règles de pilotage garantissant l'équilibre de long terme et offrant des garanties solides aux assurés s'est dessiné lors de cette étude : i) une indexation de la valeur du point sur la croissance du salaire moyen ; ii) un coefficient de conversion qui dépende non seulement de l'espérance de vie de chaque génération, mais aussi d'un degré d'avance sur pension qui soit fixé prudemment afin de laisser une marge évitant les indexations inférieures à l'inflation.
- Un tel ensemble de règles permet de rendre résilient le système à une grande partie des chocs possibles, mais il n'est pas suffisant pour assurer l'équilibre de façon immédiate. Cela plaide pour définir un fonds de réserves du système dont la raison d'être serait de pouvoir lisser des déficits ou excédents temporaires pendant une période d'ajustement suite à un choc.
- Une solution complémentaire est d'ajouter un mécanisme d'ajustement, à la suédoise, qui vise à prendre en compte toutes les déviations par rapport à l'équilibre, que celles-ci viennent d'erreurs de prévision ou de chocs mal in-

tégrés par les règles de pilotage (évolution de la fécondité par exemple). La mobilisation d'un tel mécanisme pourrait faire l'objet d'une activation ou non par les gestionnaires en fonction du risque de déséquilibre estimé et du niveau du fonds de réserves.

- Cette étude laisse en suspens un certain nombre d'éléments qui mériteraient des travaux ultérieurs : quelle taille le fonds de réserves doit-il avoir pour être capable d'absorber les déficits temporaires ? Comment spécifier le mécanisme d'ajustement additionnel ? Ou encore comment gérer une baisse durable du taux de croissance de long terme ?

Sommaire

Remerciements **1**

Synthèse des résultats **3**

Introduction **11**

1 Le pilotage des systèmes de retraite à rendement défini **15**
1.1 D'un système à rendement défini à un système en points 16
1.2 Formalisation d'un système de retraite à rendement défini en points . 18
1.3 Principes de pilotage 21
1.4 Choix des règles d'indexation 28

2 Méthodologie des simulations **43**
2.1 Choix de modélisations 44
2.2 Le modèle PENSIPP 46
2.3 Les systèmes de retraite simulés 47
2.4 Les chocs simulés 50
2.5 Les indicateurs utilisés 57

3 Résultats des simulations **59**
3.1 Indexation sur la masse salariale 59
3.2 Revalorisation des pensions sur les prix 72
3.3 Indexation sur le salaire moyen 78
3.4 Discussion 83

Conclusion **87**

Annexes **88**

A Principes de pilotage, calculs **91**
A.1 Calcul de la valeur actualisée espérée du flux de pension 91
A.2 Équilibre du système 92

B Simulation de chocs additionnels **97**

C Espérance de vie du moment et espérance de vie par génération **101**

D Application d'un correcteur démographique dans un système salaire moyen **103**

E Le taux de rendement interne par génération **109**

E.1 Calcul du taux de rendement interne par génération 109

E.2 Comparaison des taux de rendement selon les systèmes 111

Références **115**

Liste des tableaux **119**

Liste des figures **121**

Introduction

Contexte de l'étude

Ce rapport présente les résultats de travaux de recherche commandités par la Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques (DREES) du ministère des Solidarités et de la Santé, dans le cadre des études lancées par le Haut commissariat à la réforme des retraites (HCRR) en vue de la réforme des retraites en cours de préparation.

Dans ce contexte, les systèmes de retraite simulés s'inscrivent dans les grandes orientations annoncées en 2017 et 2018 sur le fonctionnement générique du nouveau régime universel : il s'agit de systèmes où les droits à la retraite sont accumulés sous forme de points retraite, où une partie contributive respecte le principe de "chaque euro cotisé donne les mêmes droits", et où un pilier de solidarité vient ajouter des droits non contributifs (Bozio et al., 2018b).

Le vocable de système en points est en partie trompeur, car il pourrait laisser à penser qu'il s'agit de la reproduction à l'identique des systèmes actuellement en place dans les régimes complémentaires de retraite (Agirc-Arrco ou Ircantec). En réalité, les systèmes étudiés dans cette étude correspondent à ce que le Conseil d'orientation des retraites (COR) appelle des régimes de retraite à rendement défini (COR, 2018). Il s'agit de systèmes de retraite fonctionnant en répartition, mais où les droits à pensions sont définis pour respecter l'équilibre de long terme du système. C'est le rendement du système (le rapport entre les pensions à recevoir

et les cotisations payées) qui sert au pilotage du système, conduisant à des règles d'évolution de la valeur d'achat du point. Des garanties fortes sont ainsi données aux droits de retraite acquis, dont la contrepartie tient au respect de l'équilibre financier de long terme.

Ce rapport ne traite pas de l'ensemble des sujets concernant la réforme des retraite. De façon importante, il se concentre sur le pilotage de ces systèmes (choix des règles d'or d'évolution du système, résilience aux chocs démographiques ou économiques, etc.) et met donc de côté les aspects redistributifs ou les questions liées à la transition vers nouveau système. Nous considérons donc uniquement la partie contributive du système de retraite, hors dispositifs non-contributifs. Un tel choix méthodologique n'implique bien évidemment pas l'absence de ces éléments redistributifs dans la mise en place de tels systèmes.

Objectifs de l'étude

L'objectif de l'étude est de simuler différents systèmes de retraite à rendement défini, exprimés en points, et de leur faire subir des chocs non anticipés et ainsi comprendre les arbitrages en jeu dans le choix des règles de pilotage. Ces chocs peuvent être démographiques (évolution de l'espérance de vie, modification de la fécondité) ou économiques (crise économique, hausse du chômage, modification de la productivité). Sans pousser plus loin le parallèle avec le système financier, il s'agit de soumettre ces différents systèmes de retraite à des tests de résistance, ou *stress tests*, pour juger de la solidité des engagements auprès des assurés, qu'ils soient actifs ou retraités.

Cette étude cherche ainsi à donner des éléments de réponse à plusieurs questions fondamentales pour l'architecture du nouveau système : quelle part les règles d'or doivent-elles jouer dans le pilotage du système par rapport aux décisions qui peuvent être prises au fil de l'eau par les gestionnaires ? Quelles règles choisir pour

la revalorisation des pensions liquidées ? Quel rôle donner à l'utilisation d'un fonds de réserves ?

Contribution à la littérature

Ce travail de recherche s'inscrit aussi dans une littérature universitaire encore limitée visant à évaluer les propriétés de différentes règles de pilotage des systèmes de retraite en répartition. Ces travaux ont généralement émergé suite à l'introduction en Suède du système dit des « comptes notionnels ». Ainsi, la contribution de Valdes-Prieto (2000) a été l'une des premières à étudier les mécanismes d'ajustement dans le cadre du système suédois, et l'ouvrage collectif coordonné par Holzmann et Palmer (2006) consacre plusieurs chapitres à cette question. Plus récemment, Auerbach et Lee (2011) ont étudié par simulation les propriétés d'ajustement des systèmes de retraite en répartition américain, suédois et allemand, avec des critères variés de soutenabilité et d'équité. Notre étude se rapproche de ce travail par sa méthodologie – simulations de chocs démographiques et économiques sur les systèmes de retraite –, mais s'en distingue en cherchant non pas à comparer les mérites respectifs de différents systèmes en place, mais à évaluer plusieurs systèmes possibles dans le cadre français.

Les travaux dans ce domaine ne se limitent pas à cette littérature internationale, et notre étude s'appuie fortement sur les travaux précédents de Blanchet et al. (2016), et plus généralement sur la microsimulation dynamique du système de retraite français, le modèle PensIPP s'inspirant fortement du modèle Destinie développé à l'Insee. Blanchet (2009) a ainsi été un des premiers à proposer des simulations exploratoires de transition vers un système en comptes notionnels dans le cadre des travaux du Conseil d'orientation des retraites (COR).

Notre contribution à cette littérature est d'envisager une plus grande variété d'options dans les règles de pilotage afin de mettre en évidence les arbitrages en jeu.

En ce faisant, nous mettons au jour des caractéristiques mal connues des systèmes de retraite en répartition.

Au-delà de l'objectif de recherche, le rapport cherche à identifier des conclusions pratiques à destination des responsables publics, tout en mettant en évidence les arbitrages qui doivent être tranchés.

Plan du rapport

Chapitre 1 : Le pilotage des systèmes de retraite à rendement défini

Le chapitre 1 présente l'analyse théorique du pilotage des systèmes à rendement défini dans un cadre certain. Cette analyse formelle permet de définir les conditions de l'équilibre et les contraintes de long terme dans lesquelles évolue tout système de retraite en répartition. Les chapitres 2 et 3 s'affranchiront de ce cadre stationnaire pour décrire des simulations dans un environnement incertain.

Chapitre 2 : Méthodologie des simulations

Au chapitre 2, nous présentons les différentes règles de pilotage que nous simulons et les différents chocs économiques et démographiques auxquels nous soumettons les systèmes de retraite. Nous présentons aussi le modèle PensIPP utilisé pour les simulations, et les différentes hypothèses réalisées pour isoler les chocs des autres évolutions naturelles de l'économie.

Chapitre 3 : Résultats des simulations

Le chapitre 3 présente les résultats des simulations pour chacun des trois scénarios principaux et pour l'ensemble des chocs envisagés. Nous finissons cette partie par une comparaison systématique des résultats selon différents indicateurs afin de faciliter la compréhension des arbitrages en jeu.

Chapitre 1

Le pilotage des systèmes de retraite à rendement défini

Ce chapitre présente une analyse formalisée du pilotage des systèmes de retraite à rendement défini dans un cadre certain. L'objectif est de définir les conditions de l'équilibre de long terme et les paramètres clés des choix du pilotage.

La caractéristique commune des systèmes simulés se trouve dans les règles de pilotage que se fixe le législateur. On peut parler ainsi de systèmes de retraite à rendement défini (COR, 2018), au sens où c'est la contrainte d'équilibre de long terme du système qui détermine le rendement du système par répartition. Dans ce cadre générique, plusieurs types de systèmes à rendement défini peuvent être mis en place, du système en comptes notionnels à des systèmes exprimés en points, mais ils partagent tous la contrainte de définir un système en répartition financièrement soutenable sur le long terme.

La présentation formalisée de ce chapitre vise à clarifier les variantes envisageables, et les paramètres clés de chaque option, dans l'esprit de travaux précédents (Vernières, 2004 ; Holzmann et Palmer, 2006 ; Blanchet et al., 1996). Il s'agit ici d'une discussion dans un cadre certain avec des hypothèses simplificatrices de stationnarité des processus économiques. Les chapitres suivants présenterons des

simulations dans un environnement incertain où des chocs démographiques et économiques non anticipés peuvent intervenir.

Le chapitre commence par une clarification de la définition des systèmes de retraite en points ici modélisés, en comparaison avec le fonctionnement mieux connu des régimes complémentaires Agirc-Arrco et Ircantec (partie 1). Puis, les formules de calcul des retraites sont présentées dans le cas d'un système en points générique (partie 2). La partie 3 introduit les contraintes essentielles pour le pilotage, et enfin la dernière partie considère les différents règles d'indexation qui peuvent être adoptés.

1.1 D'un système à rendement défini à un système en points

Le rendement d'équilibre d'un système en répartition se définit comme le taux de rendement interne qui permet d'égaliser cotisations et prestations. La contribution majeure à la compréhension du rendement d'équilibre vient de l'article fondateur de Paul Samuelson (1958). À partir d'un modèle simple à deux périodes, il montre qu'un système de retraite en répartition permet de financer la consommation des retraités par les cotisations des jeunes actifs. Les actifs ne sont pas perdants car ils obtiennent à leur tour des retraites payées par leurs successeurs. Le rendement d'équilibre du système est le taux de croissance de l'assiette des cotisations, soit la croissance démographique (n) plus la croissance de la productivité (g) [1]. L'intuition est simple : l'assiette des cotisations croissant au taux $n+g$, chaque génération peut obtenir des pensions représentant le montant des cotisations auquel est appliqué le rendement $n+g$.

1. Ce résultat tient uniquement dans un cadre stationnaire, et dans le cas plus réaliste non stationnaire, la durée des cotisations dans le système joue un rôle important (Settergren et Mikula, 2006).

Un système de retraite en répartition à rendement défini repose sur ce principe : dès lors que le rendement maximum d'un système en répartition est connu, il est possible de définir la formule de calcul des pensions comme le montant des cotisations augmenté du rendement interne du système (Bozio et al., 2018a). Un tel système respectera par construction l'équilibre de long terme du système de retraite. C'est ce principe qui a mené le législateur suédois à mettre au point le système dit des « comptes notionnels » (Hotlzmann et Palmer, 2006). La terminologie de « comptes notionnels » correspond à la traduction imparfaite en français de l'anglais *Notional Defined Contribution* pour décrire en réalité un système en répartition (*notional*) à cotisations définies.

L'ensemble des systèmes de retraite que nous étudions dans ce rapport sont des systèmes à rendement défini suivant le même principe, mais ils diffèrent des comptes notionnels au sens où les droits de retraite accumulés sont exprimés dans une unité de compte différente de l'euro : le point retraite. Pour le législateur suédois, le choix d'une unité de comptes en euros et l'usage de la terminologie des systèmes en capitalisation (capital virtuel, rendement, etc.) visaient à renforcer la crédibilité des droits retraite ainsi promis par le système. Le choix d'une unité de compte comme le point retraite peut, au contraire, viser à souligner le fonctionnement en répartition du système.

De tels systèmes de retraite en points diffèrent par contre du mode de pilotage des systèmes de retraite complémentaires français (Agirc-Arrco ou Ircantec). Dans ces derniers, le pilotage du système se fait par le biais des valeur d'achat et valeur de service du point qui définissent le rendement instantané du système (cf. encadré 1 pour une description plus détaillée de ce système). Dans les systèmes à rendement défini, le rendement du système est en fait donné par la croissance de la masse salariale, et ce sont les règles d'indexation de la valeur d'achat et de l'indexation des pensions liquidées qui font le pilotage du système.

La suite de ce chapitre formalise les conditions d'équilibre – dans un cadre sta-

tionnaire – de tout système en répartition.

1.2 Formalisation d'un système de retraite à rendement défini en points

Accumulation des points retraite. À chaque période t, on note $\theta_t w_{it}$ le montant des cotisations versées par l'individu i (cotisations employé et employeur). Ce montant est égal au produit du taux de cotisation en vigueur θ_t par le revenu d'activité soumis à cotisation w_{it}. Le taux de cotisation est supposé ici identique pour l'ensemble des actifs. La valeur du point retraite, ou valeur d'achat VA_t, permet la transformation des cotisations en points, $\theta_t w_{it}/VA_t$, qui s'ajoutent aux points précédemment accumulés K_{it}. L'accumulation des points se fait donc selon la règle suivante :

$$K_{it+1} = K_{it} + \frac{\theta_t w_{it}}{VA_t} \tag{1.1}$$

$$= \sum_{j=t_0}^{t} \frac{\theta_j w_{ij}}{VA_j} \tag{1.2}$$

Par exemple, si on fixe VA à la date t à 1 euro, un salarié rémunéré à 2000 euros mensuel, payant un taux de cotisation θ de 28 % sera crédité de 560 points sur son compte retraite.

La valeur du point retraite VA_t évolue chaque année selon un taux de croissance noté r_t :

$$VA_{t+1} = (1 + r_t)\, VA_t. \tag{1.3}$$

Le choix de r_t joue ici un rôle important. L'indexation de la valeur d'achat détermine la valeur relative des cotisations entre les périodes. Par exemple, un cas spécifique est le choix de l'indexation de la valeur d'achat sur la croissance des salaires g. Un salarié au salaire moyen obtiendra chaque année le même nombre de points, même si ces points auront une valorisation en euros de plus en plus forte

(la valeur d'achat du point augmentant au rythme de r_t).

La comparaison avec un système de comptes notionnels est ici intéressante. Dans de tels systèmes, les droits accumulés sont exprimés en euros, c'est-à-dire que $VA_t = 1$ quelle que soit la période. Les droits accumulés K_{it} sont revalorisés par le paramètre $(1+r_t)$, appelé « rendement » dans le lexique des comptes notionnels [2]. L'indexation de la valeur d'achat dans un système à rendement défini en point est donc équivalent au paramètre de rendement du système suédois.

Liquidation des retraites. Si à une période t un individu d'âge b décide de partir à la retraite, son montant de points accumulés K_{it} lui donne droit à une pension de retraite $R_{it}(b)$. La correspondance entre le nombre de points et le montant de la pension de retraite est donnée par le coefficient de conversion. Contrairement à la valeur d'achat qui est identique pour l'ensemble des actifs, ce coefficient diffère potentiellement selon l'âge de départ des individus et d'autres caractéristiques individuelles comme la génération. On note $c_{it}(b)$, ce coefficient de conversion. Celui-ci transforme le nombre de point accumulés, revalorisés en euros par leur valeur du moment VA_t, en pension de retraite [3]. La relation entre les points accumulés et la pension de retraite est donc donnée par la formule suivante :

$$R_{it}(b,t) = K_{i,t-1}\, VA_t c_{it}(b). \tag{1.4}$$

Indexation des retraites. Après liquidation, les pensions sont revalorisées chaque année sur la base du coefficient de revalorisation $\tilde{r}_t$. Ainsi, un individu percevant une annuité R_{it} verra sa pension modifiée en $t+1$ de la manière suivante :

$$R_{i,t+1}(b,t) = (1+\tilde{r}_t)R_{it}(b,t). \tag{1.5}$$

2. Nous préférons utiliser le terme de rendement pour le rendement interne du système, r pouvant être égal ou non au rendement.

3. On peut remarquer qu'à la différence des systèmes en points des régimes complémentaires français, il n'y a pas de valeur de service du point (cf. encadré 1). La valeur du point est celle de la valeur d'achat, et c'est le coefficient de conversion qui convertit les droits retraite accumulés en pension mensuelle.

Pour un individu qui part à la retraite à l'âge b et à l'année t, il est donc possible d'exprimer sa retraite à l'âge a en fonction de sa retraite initiale $R_{it}(b)$ et des revalorisations successives :

$$R_{i,t+a-b}(b) = R_{it}(b) \prod_{\tau=t}^{t+a-b-1} (1 + \tilde{r}_\tau) \tag{1.6}$$

Pilotage du système. L'ensemble des grandeurs présentées précédemment définit le système. Plusieurs d'entre elles sont choisies par le législateur : le taux de cotisation θ_t, la valeur d'achat initiale VA_0, l'indexation de celle-ci r_t, le coefficient de conversion c_{it}, et la règle de revalorisation des retraites $\tilde{r}_t$.

Le choix de θ_t détermine le volume global du revenu national consacré aux retraites. Il est possible d'augmenter le taux de cotisation, afin de consacrer une part plus importante du revenu national aux dépenses de retraite. Par contre, la baisse du taux de cotisation est difficile dans un système en répartition, car elle entraîne l'apparition d'une dette publique correspondant aux engagements passés du système non financés. Il est également possible d'ajuster le taux de cotisation pour équilibrer le système (voir Valdes-Prieto 2000) : en effet, à chaque période, il existe toujours un taux de cotisation tel que le volume total de cotisations soit égal aux pensions versées. L'utilisation du taux de cotisation comme variable d'équilibrage conduit cependant à s'éloigner d'un système à rendement défini. Dans cette étude, nous faisons l'hypothèse que le taux est fixe afin d'éclairer les conditions du pilotage du système.

La valeur d'achat initiale VA_0 donne l'unité de comptage des points, et sa valeur n'a que peu d'importance relativement à l'équilibre du système.

Les deux règles de revalorisation des droits, r_t, et des retraites, $\tilde{r}_t$, ainsi que le coefficient de conversion c_{it} sont donc les trois paramètres de pilotage du système. Un grand nombre de possibilités existe pour ces variables. Leur choix est cependant contraint par les principes d'équilibre et d'équité que l'on souhaite imposer au système. Nous explicitons ci-dessous les contraintes imposées par les différents

principes.

1.3 Principes de pilotage

On considère trois principes pouvant servir de référence aux règles de pilotage d'un système de retraite : i) le principe de neutralité actuarielle en niveau, ii) le principe d'équilibre instantané du système, et iii) un principe de contributivité sur la carrière.

Principe de neutralité actuarielle en niveau

Le premier principe que nous analysons est le principe de neutralité actuarielle en niveau. La neutralité actuarielle est respectée en niveau dès lors que pour chaque individu la valeur des points au moment du départ à la retraite est égale à l'espérance des flux de pension (voir Blanchet et al. (1996) pour plus de détails). La notion d'espérance est importante ici étant donné qu'au moment du départ à la retraite, il existe une incertitude sur le nombre de périodes que l'individu va vivre effectivement, et donc sur le montant total que l'individu percevra.

L'incertitude tient à l'espérance de vie, et il est donc nécessaire de définir la survie à l'âge a, $\tilde{S}(a)$, c'est-à-dire la probabilité qu'un individu d'âge a soit vivant à l'âge $a+1$. De manière plus générale, on définit la fonction $S(a'|a)$, la probabilité d'être vivant en a' conditionnellement à être en vie en a. On a donc en particulier $\tilde{S}(a) = S(a+1|a)$. On définit également $S(a)$ la probabilité non conditionnelle d'être vivant à l'âge a.

Pour un individu partant à la retraite à l'âge b et à la période t, on note $\tilde{V}_{it}(b)$ la valeur actualisée espérée du flux de pension pour l'individu i. La neutralité actuarielle impose que cette valeur soit égale à la valeur des points accumulés :

$$K_{i,t-1}\, VA_t = \tilde{V}_{it}(b) \tag{1.7}$$

Comme montré en annexe A.1 (page 91), $\tilde{V}_{it}(b)$ peut être exprimée comme une fonction de la pension initiale R_{it}, des revalorisations successives et de la fonction de survie :

$$V_{it}(b) = R_{it}(b)\left[1 + \sum_{\tau=1}^{\bar{a}-b} \frac{S(b+\tau-1)}{S(b)} \prod_{j=t}^{t+\tau-1} \frac{1+\tilde{r}_j}{1+r_j}\right] \tag{1.8}$$

L'égalité entre les équations (1.7) et (1.8) combinée avec l'équation (1.4), donne la valeur suivante pour le coefficient de conversion :

$$c_{it}^{A}(b) = \left[1 + \sum_{\tau=1}^{\bar{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)} \prod_{j=t}^{t+\tau-1} \frac{1+\tilde{r}_j}{1+r_j}\right]^{-1} \tag{1.9}$$

On remarque à partir de cette dernière expression que l'expression du coefficient de conversion ne dépend de l'hétérogénéité individuelle qu'à travers la fonction de survie. Si l'on admet cette fonction constante pour toute la population, alors le coefficient de conversion ne dépend que de l'âge de départ, et des revalorisations futures r_τ et $\tilde{r}_\tau$.

Le choix d'un principe de neutralité actuarielle impose ainsi les éléments suivants :

- Le coefficient de conversion est entièrement défini par l'espérance de vie à l'âge de la liquidation, la règle d'évolution de la valeur d'achat, et la règle de revalorisation des retraites.

- Étant donnée cette relation, tout pilotage admettant la neutralité actuarielle se résume donc au choix de deux paramètres parmi r_t, $\tilde{r}_t$ et $c_t(b)$, le troisième étant entièrement déterminé par les deux autres.

- En particulier, si l'on fixe la règle d'évolution des droits r_t, le choix de $\tilde{r}_t$ détermine explicitement $c_t(b)$ étant donnée la fonction de survie. On note que plus l'indexation de la retraite est forte, plus le coefficient de conversion est faible, ce qui introduit un arbitrage entre d'une part, une pension à liquidation élevée avec une revalorisation faible, et d'autre part une pension à liquidation plus faible mais dont l'évolution sera plus dynamique.

- À l'état stationnaire, où r_t et $\tilde{r}_t$ sont constants, la condition imposée par le principe de neutralité actuarielle se résume à :

$$c^A(b) = \left[\sum_{\tau=0}^{\bar{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)} \left(\frac{1+\tilde{r}}{1+r}\right)^{\tau}\right]^{-1} \tag{1.10}$$

Principe d'équilibre instantané du système

Un second principe est l'équilibre du système. Nous définissons ici l'équilibre instantané du système comme l'égalité à chaque période entre les cotisations perçues et les pensions versées.

A la date t, les recettes sont données comme la somme des cotisations :

$$C_t = \sum_i \theta_t w_{it},$$

tandis que les dépenses du système sont données comme la somme des pensions versées :

$$B_t = \sum_i R_{it}$$

L'équilibre est simplement défini comme l'égalité suivante :

$$C_t = B_t \tag{1.11}$$

$$\sum_i \theta_t w_{it} = \sum_i R_{it} \tag{1.12}$$

Dans un système en répartition pure (sans fonds de réserve), cette égalité doit être vérifiée à chaque période, toute déviation par rapport à cette égalité entraîne des surplus ou des déficits.

Pour préciser les conditions d'équilibre du système, des concepts supplémentaires doivent être définis : le taux de croissance de la population est noté n, et celui des salaires g. Nous faisons l'hypothèse que ce taux de croissance s'applique uniformément à l'ensemble des salaires qui ne dépendent que de l'âge de l'individu. Le revenu d'un individu d'âge a en période t est donc égal à $w_t(a)$. Les taux de croissance sont d'autre part considérés comme stationnaires : ils sont constants quelle que soit la période considérée. Étant données ces hypothèses, nous considérons

également des paramètres du système stationnaire :

$$\forall t : r_t = r,\ \tilde{r}_t = \tilde{r} \text{ et } c_t(b) = c(b)$$

Nous faisons de plus l'hypothèse d'un comportement uniforme du départ à la retraite, l'ensemble des individus partant à l'âge b. À partir de ces hypothèses, l'équation d'équilibre se simplifie de la manière suivante :

$$c^E(b) = \frac{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} \frac{w_0(a)}{(1+n)^a} \frac{S(a)}{S(b)}}{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} w_0(a) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^a} \left[\frac{(1+g)(1+n)}{1+r}\right]^b \left[\sum_{\tau=0}^{\bar{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)} \left[\frac{1+\tilde{r}}{(1+g)(1+n)}\right]^\tau\right]^{-1} \tag{1.13}$$

Les hypothèses simplificatrices que nous avons faites permettent une lecture plus simple et une meilleure compréhension des mécanismes. Nombre des résultats se généralisent simplement à des cas plus complexes où les comportements de départ à la retraite et où la stationnarité des taux de croissance n'est pas vérifiée. Le lecteur peut se reporter à l'annexe A.2 (page 92) pour plus de détails sur la manière dont nous avons obtenu la formule (1.13).

Tout comme dans le cas de la neutralité actuarielle, la formule (1.13) montre qu'étant donnée la structure des salaires w, de la survie, $S(a)$, et les taux de croissance de la population n et des salaires g, le taux de conversion $c(b)$ est déterminé de manière unique par le taux d'évolution de la valeur d'achat r, le taux de revalorisation des pensions $\tilde{r}$ et la condition d'équilibre. Tout comme le principe de neutralité, le principe d'équilibre impose plusieurs contraintes :

- Le premier terme multiplicatif, $A_1(r)$, rend compte des points des personnes décédées avant liquidation :

  $$A_1(r) = \frac{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} \frac{w_0(a)}{(1+n)^a} \frac{S(a)}{S(b)}}{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} w_0(a) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^a}$$

  L'ensemble de ces individus cotisent en effet, mais ne perçoivent jamais de pension en retour. Le principe d'équilibre redistribue ces droits via le coefficient de conversion.

- Le second terme du coefficient de conversion corrige de l'éventuelle sous ou

sur indexation de la valeur d'achat par rapport au rendement d'équilibre du système. Si l'indexation est faite sur la masse salariale ($1 + r = (1 + n)(1 + g)$), alors la correction liée au second terme n'est pas effective. Si le législateur choisit une indexation plus faible (par exemple $r = g$ alors que $n > 0$), l'indexation est alors inférieure à ce que permet le système à l'équilibre. L'application du principe d'équilibre corrige de cette sous-indexation en redistribuant des droits au moment de la liquidation.

- De manière similaire, toute déviation de la revalorisation des pensions $\tilde{r}$ par rapport au rendement du système $(1 + n)(1 + g)$ est corrigée par le dernier terme du coefficient de conversion.

Principe d'équité contributive

Les deux principes précédents déterminent une relation contrainte entre l'indexation de la valeur d'achat du point r, la revalorisation des pensions $\tilde{r}$ et le taux de conversion $c(b)$. Cela ne permet pas de décider quels choix opérer sur le bon niveau de ces paramètres.

Par exemple, le choix de revaloriser des droits à pensions et les pensions liquidées sur les prix ($r = \tilde{r} = 0$) est compatible avec le respect de la neutralité actuarielle pourvu que le coefficient de conversion dépende du rendement interne du système, c'est-à-dire de la croissance de la masse salariale ($n + g$). Pour autant, de tels choix de revalorisation impliquent des redistributions implicites fortes selon la forme des carrières des individus. En effet, les cotisations réalisées en début de carrière comptent beaucoup moins que les derniers salaires dans l'accumulation des points. Cela favorise ainsi les actifs à carrière ascendante au détriment des actifs dont les carrières sont les moins dynamiques.

Le choix d'une revalorisation de r suivant le salaire moyen ($1 + g$) se justifie ainsi comme permettant de garantir que le même nombre de points est accumulé

en fonction de la position relative dans la distribution des salaires.

Encadré 1 :

Système à points généralisé et système à points Agirc-Arrco

Le passage d'un système à prestations définies vers un système à rendements définis est souvent assimilé en France à la généralisation du système à points de la complémentaire Agirc-Arrco (AA). Cette confusion est entretenue par le fait que ces deux systèmes sont des systèmes dits « à points ». S'ils partagent effectivement des similitudes, nous montrons ici que le système AA est un cas très particulier du système à points généralisé, dont le pilotage diffère assez fondamentalement d'un système à rendement défini.

Le système à points AA. Comme le système générique décrit précédemment, le système à points AA repose sur une logique d'accumulation de points tout au long de la carrière et ces points sont transformés en pension au moment du départ à la retraite. Le mode d'accumulation des points est simple : à chaque période, un travailleur « achète » des points avec ses cotisations. Le nombre de points auquel il a droit dépend de la valeur d'achat du système à la date de cotisation, VA_t^A. La valeur d'achat dans le système AA a ici la même fonction que la valeur d'achat du système générique VA_t. Son évolution au taux r_t est donc la même dans les deux systèmes.

La différence fondamentale entre le système que nous décrivons et le système AA réside dans la conversion des points en retraite et l'indexation des retraites. Dans le système AA, un travailleur liquidant ses droits à un âge b et qui possède $K_t(b)$ point obtient une retraite égale à :

$$R_{it}(b) = K_{it}(b) c^{AA}(b)\, VS_t^A$$

où $c^{AA}(b)$ un coefficient de décote/surcote qui dépend de l'âge, et VS_t^A est la valeur de service AA.

Le coefficient de conversion $c^{AA}(b)$ est fixe dans le temps, il ne dépend que de la durée d'assurance, ce qui peut être assimilé à une condition d'âge. L'évolution du montant de la pension ne dépend donc que de l'évolution de la valeur de service :

$$R_{it+k}(b) = K_{it}(b)c^{AA}(b)\, VS^A_{t+k}$$

On peut donc voir que les retraites sont ici implicitement indexées sur la valeur de service AA :

$$\tilde{r}_t = \frac{R_{it+1}(b) - R_{it}(b)}{R_{it}(b)} = \frac{VS^A_{t+1} - VS^A_t}{VS^A_t}$$

Neutralité actuarielle du système AA. Le coefficient de conversion du régime AA n'est pas actuariellement neutre (et diffère donc de $c^A_t(b)$) pour deux raisons potentielles. Premièrement le coefficient $c^{AA}(b)$ ne dépend pas du temps. L'unique cas où $c^A_t(b)$ ne varie pas dans le temps est celui où $\frac{1+\tilde{r}_t}{1+r_t}$ est constant (cf eq 1.9). Dans le cadre de l'AA, cela équivaut à indexer les valeurs d'achat et de service sur la même grandeur. En revanche dès que ce ratio varie le coefficient $c^{AA}(b)$ ne sera pas neutre actuariellement. Quand bien même cette condition serait vérifiée, le coefficient de conversion AA n'est pas actuariellement neutre en raison de sa linéarité (cf. encadré 2).

Principe d'équilibre et d'équité contributive du système AA. Si l'on omet le problème de linéarité du coefficient de conversion et que l'on se place dans le cas de figure où valeur d'achat et de service sont indexées de manière identique, on peut se poser la question de l'équilibre et de l'équité contributive. Le principe d'équité contributive implique d'indexer la valeur d'achat sur la croissance des salaires, tandis que le principe d'équilibre implique un ajustement du coefficient de conversion à la croissance de la population. Le coefficient de conversion AA étant fixe dans le temps, tout ajustement en fonction des

agrégats mentionnés est impossible. Le système AA ne sera donc équilibré que si l'indexation de la valeur d'achat et de service est faite sur l'évolution de la masse salariale, ce qui rend impossible de garantir simultanément les principes d'équilibre et d'équité contributive.

1.4 Choix des règles d'indexation

Étant donnés les résultats précédents, il apparaît que le coefficient de conversion est déterminé de manière unique par les règles d'indexation et la condition d'équilibre. Sous condition d'équilibre, le pilotage du système s'opère donc à partir des deux paramètres r et $\tilde{r}$. Parmi les nombreux choix possibles pour ces deux paramètres, nous envisageons les choix les plus courants et leurs conséquences sur la formule de calcul des pensions.

Système canonique de revalorisation par la masse salariale

Le premier choix consiste à revaloriser la valeur d'achat et les retraites par la masse salariale. On a ainsi :

$$1 + r = 1 + \tilde{r} = (1 + g)(1 + n) \tag{1.14}$$

Dans ce cas précis, la condition d'équilibre s'écrit :

$$c_C^E(b) = \frac{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} \frac{w_0(a)}{(1+n)^a} \frac{S(a)}{S(b)}}{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} \frac{w_0(a)}{(1+n)^a}} \left[\sum_{\tau=0}^{\bar{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)} \right]^{-1} \tag{1.15}$$

On remarque que le premier terme se simplifie si l'on omet la mortalité avant l'âge de départ à la retraite (b), ou si $S(b) = 1$. Dans ce cas, l'expression du coefficient de conversion est égale à l'inverse de l'espérance de vie à l'âge b, ce qui correspond exactement à l'expression du coefficient de conversion obtenue par neutralité actuarielle (équation 1.9) :

$$c_C^E(b) = c_C^A(b) \tag{1.16}$$

Comme indiqué précédemment, le terme multiplicatif supplémentaire dans l'équation (1.15) peut être interprété comme un terme prenant en compte la mortalité avant l'âge de la retraite : ces travailleurs accumulent en effet des points qui ne sont jamais transformés en retraites. L'équation d'équilibre corrige de cet élément en augmentant le coefficient de conversion. Il existe des manières alternatives de prendre en compte cet élément dans le système. La méthode adoptée dans le système suédois redistribue les points collectés par les individus n'atteignant pas l'âge de la retraite aux individus appartenant à la même génération, et n'en tient donc pas compte dans le coefficient de conversion.

Nous considérons ce système comme canonique étant donné qu'il garantit de manière simple à la fois l'équilibre instantané du système à l'état stationnaire et la neutralité actuarielle.

Avance sur pension ou *frontloading*

Les limites du modèle canonique. Le principal avantage du modèle canonique avec indexation sur la masse salariale est que l'ensemble des chocs démographiques et économiques (productivité et fécondité) sont pris en compte dans le rendement appliqué aux cotisations et aux pensions déjà liquidées. Cela permet d'assurer un équilibre rapide du système, qui ne nécessite aucune hypothèse sur l'évolution future de la productivité et de la démographie. Le principal désavantage de l'indexation des pensions sur la masse salariale est que le taux de remplacement à la liquidation est par construction plus faible que dans les systèmes qui offrent une indexation des pensions moins favorable ($\tilde{r}$ plus faible). Le système français actuel proposant une indexation des pensions proche de l'inflation, passer à une indexation sur la masse salariale des pensions liquidées impliquerait soit i) une forte baisse des taux de remplacement à la liquidation, soit ii) une hausse de l'âge de départ en retraite à la date de la réforme, ou encore iii) une hausse des taux de cotisation futures.

De plus, le système canonique tend à renforcer les redistributions des individus ayant une faible espérance de vie vers ceux qui ont une espérance de vie plus longue. En effet, avec une revalorisation très dynamique des pensions liquidées, la valeur des pensions est plus forte en fin de vie qu'au début de la retraite. Au vu des différentiels d'espérance de vie entre catégories sociales que l'on peut constater, la pertinence d'une revalorisation trop dynamique des pensions peut ainsi être discutée.

Principe de l'avance sur pension. Le principe de *l'avance sur pension*, également appelée *frontloading* dans la littérature internationale (par exemple Settergren 2003) permet de répondre à cette critique : il s'agit de modifier le flux des pensions versées, de telle sorte que les individus touchent une pension plus élevée à la liquidation, mais qui connaît une revalorisation moindre pendant la retraite que dans le cas canonique. On a alors :

$$1 + \tilde{r} = \frac{1 + r}{1 + s} \tag{1.17}$$

où s donne le degré d'avance sur pension. Plus s est grand, plus l'avance est forte.

Dans le cas où la valeur d'achat est indexée sur la croissance de la masse salariale, nous pouvons distinguer deux cas extrêmes : dans le premier cas, $s = 0$, l'avance sur pension est minimale et le système se résume au cas canonique. Dans l'autre cas, $1+s = (1+n)(1+g)$, l'avance sur pension est maximale, et le taux de revalorisation réelle de la pension est nul, c'est-à-dire que les pensions sont revalorisées suivant l'inflation.

Équilibre et neutralité actuarielle. Combinée avec l'indexation sur la masse salariale, l'avance sur pension implique la formule d'équilibre suivante :

$$c_F^E(b) = \frac{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} \frac{w_0(a)}{(1+n)^a} \frac{S(a)}{S(b)}}{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} \frac{w_0(a)}{[1+n]^a}} \left[\sum_{\tau=0}^{\overline{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)} [1+s]^{-\tau} \right]^{-1} \tag{1.18}$$

Cette formule correspond également à la neutralité actuarielle en l'absence de mortalité avant l'âge de départ à la retraite. Couplée avec l'indexation sur la masse salariale l'avance sur pension préserve donc ses propriétés d'équivalence entre neutralité actuarielle et équilibre instantanné.

Un défaut important important de ce système est qu'il rend plus probable les cas d'indexation inférieure à l'inflation. Le système canonique admet déjà une indexation inférieure à l'inflation dès lors que la croissance de la masse salariale est négative ($(1+g)(1+n) < 1$). Si l'avance sur pension est non-nulle ($s > 0$), alors l'indexation est moindre, et peut même être inférieure à l'inflation malgré une croissance positive de la masse salariale.

Salaire moyen

Le système canonique applique une correspondance exacte entre le rendement d'équilibre du système et les différentes règles d'indexation. La prise en compte de l'évolution démographique dans les règles d'indexation introduit cependant des distorsions entre la valeur relative des contributions individuelles à différents moments de la carrière et le montant de retraites auxquels elles donnent droit. À titre d'exemple, si la valeur d'achat est indexée sur la masse salariale et que la croissance démographique est forte, alors la masse salariale évolue plus vite que le salaire moyen. Un travailleur se situant au salaire moyen toute sa carrière gagnera donc plus de points sur ses contributions de début de carrière que ses contributions de fin de carrière, et ce alors même que sa position dans la distribution des contributions est la même. Le principe d'équité contributive n'est donc pas vérifié dès lors que $n \neq 0$.

Pour cette raison, l'indexation du système des retraites sur le salaire moyen est

souvent envisagée comme une alternative au système canonique. Ce type d'indexation a également la vertu de la simplicité : dans le cadre de l'accumulation des points, le fait de fixer r_t à l'évolution du salaire moyen revient en effet à établir que le salaire moyen rapporte un nombre fixe de points quelle que soit la période. Un autre avantage de ce système est qu'il permet de maintenir le pouvoir d'achat relatif des retraités. En effet, si la revalorisation des retraites est indexée sur le salaire moyen, cela signifie que le pouvoir d'achat des actifs et des retraités évolue de manière similaire et empêche tout décrochage durable du pouvoir d'achat des retraités.

Le problème de ce choix d'indexation est cependant que les principes de neutralité actuarielle et d'équilibre du système ne coïncident plus. En effet, dans le cas où $r = g$ et en admettant un degré s d'avance sur pension :

$$1 + \tilde{r} = \frac{1+g}{1+s} \tag{1.19}$$

Dans ce cas, le coefficient de conversion obtenu sous le principe de neutralité actuarielle est le même que celui obtenu dans le cas d'avance sur pension, à savoir :

$$c_W^A(b) = \left[\sum_{\tau=0}^{\bar{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)} (1+s)^{-\tau}\right]^{-1} \tag{1.20}$$

Or le coefficient de conversion obtenu à partir du principe d'équilibre instantané est :

$$c_W^E(b) = \frac{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} w_0(a) \left[1+n\right]^{b-a} \frac{S(a)}{S(b)}}{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} w_0(a)} \left[\sum_{\tau=0}^{\bar{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)\left[(1+n)(1+s)\right]^{\tau}}\right]^{-1} \tag{1.21}$$

On voit ici que les deux formules diffèrent en ce que le principe d'équilibre prend en compte le taux de croissance de la population n qui n'est pas pris en compte dans la neutralité actuarielle. Les deux coefficients de conversion sont égaux dès lors que le taux de croissance de la population est nul. Si celui-ci est positif ou négatif, un système basé sur un coefficient de conversion $c_W^A(b)$ engendre des bénéfices ou des déficits.

Un exemple numérique simple permet d'illustrer la différence entre le coefficient de conversion obtenu à partir de la neutralité actuarielle et celui obtenu à partir de

l'équation d'équilibre. Si l'on suppose que l'espérance de vie $S(a)$ est celle donnée par l'Insee en 2013, que l'on prend comme trajectoire des salaires, les salaires moyens observés de la génération 1945, et que le taux de croissance de la population est fixé à 0,5 %, alors le coefficient de conversion obtenu sous l'hypothèse de neutralité actuarielle est égal à $c_W^A(b) = 5,65\ \%$. S'il est obtenu sous la contrainte d'équilibre, celui-ci est alors égal à $c_W^E(b) = 6,99\%$. Dans un cas, le montant de la première pension est égal à 5,65 % de la valeur monétaire des points accumulés au cours de la carrière, et dans l'autre à 6,99 %, ce qui représente un écart de près de 23,65% entre les pensions de départ. Cet écart est considérable étant donné que ces pensions seraient par la suite revalorisées au même taux.

La figure 1.1a propose une représentation graphique de ces coefficients de conversion pour différents âges de départ à la retraite. On voit que dès 60 ans, l'écart entre les deux coefficients est important avec un coefficient de 4,86 % sous l'hypothèse de neutralité actuarielle, alors que le montant maximum que peut offrir le système sous contrainte d'équilibre est de 5,85 %, cet écart s'accroît avec l'âge, les deux coefficients de conversion atteignant 6,51 et 8,31 % pour l'âge de 69 ans.

Cette différence entre les deux coefficients de conversion est expliquée de plusieurs manières. Par rapport au coefficient de conversion d'équilibre, le coefficient de conversion n'utilisant que la neutralité actuarielle omet trois facteurs : i) la mortalité avant l'âge de départ à la retraite, ii) la sous-indexation passée de la valeur d'achat par rapport au taux maximal que peut offrir le régime (salaire plutôt que masse salariale), et iii) la sous-indexation future de cette même valeur d'achat [4].

Pour comprendre l'importance de ces différents facteurs, il convient de décom-

4. Il convient de préciser que cette sous-indexation est due au fait que la croissance de la population est positive. L'indexation sur le salaire moyen devient une sur-indexation dès lors que la croissance de la population est négative.

poser le coefficient de conversion d'équilibre en deux termes, $c_1(b)$ et $c_2(b)$:

$$c_W^E(b) = \underbrace{\frac{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} w_0(a)\,[1+n]^{b-a}\,\frac{S(a)}{S(b)}}{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} w_0(a)}}_{c_1(b)} \underbrace{\left[\sum_{\tau=0}^{\overline{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)\,[(1+n)(1+s)]^{\tau}}\right]^{-1}}_{c_2(b)} \tag{1.22}$$

La valeur du coefficient $c_1(b)$ permet d'expliquer les deux premiers facteurs d'explication (i et ii), tandis que la différence entre $c_2(b)$ et $c_W^A(b)$ documente le dernier facteur (iii).

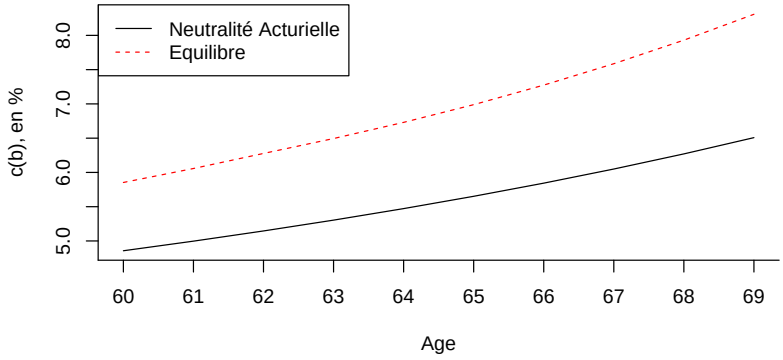
La figure 1.1b présente ainsi la valeur du premier terme $c_1(b)$ pour différents âges de liquidation, en distinguant deux cas. Lorsque $S(b) < 1$ la survie avant l'âge de départ en retraite est égale à celle observée en 2013. Le coefficient de conversion d'équilibre redistribue donc les droits des personnes décédées à travers le terme $c_1(b)$. En revanche, lorsque $S(b) = 1$, on fait l'hypothèse d'absence de mortalité avant l'âge de liquidation. Le cas $S(b) < 1$ permet ainsi de caractériser les deux premiers facteurs d'explication de manière jointe. Ainsi, si l'on omet la différence due à la sous-indexation future, les deux premiers facteurs impliquent une différence entre les deux coefficients de conversion allant de 13 à plus de 20%. La différente cas $S(b) = 1$ isole la part due au facteur (ii), la seule sous-indexation de la valeur d'achat lors des périodes précédent le départ à la retraite implique une différence entre les coefficients de conversion de près de 6%.

La figure 1.1c compare les coefficients $c_2(b)$ (ligne rouge en pointillés) et $c_W^A(b)$ (ligne noire), afin de documenter le dernier facteur (iii). Sous l'hypothèse d'une croissance de la population positive, le coefficient $c_2(b)$ demeure plus généreux que le coefficient de conversion basé sur la neutralité actuarielle. Ainsi, même en contrôlant des différences dues aux deux premiers facteurs, le coefficient de conversion passe de 4,85% à 5,17% à 60 ans. L'écart entre les deux courbes est à peut près constant et égal à 0,03 points de pourcentage quelque soit l'âge de liquidation. Il est important de constater que cet écart serait nul si l'évolution des retraites était indexée sur la masse salariale plutôt que le salaire moyen.

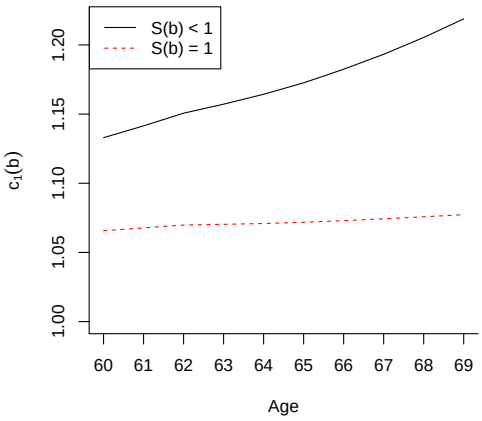
Ces écarts sont cependant obtenus pour une croissance de la population strictement positive (égale à 0,5%). La différence entre les coefficients de conversion est toute autre si la n prend des valeurs négatives. Le graphique 1.1d montre les valeurs prises par $c_W^A(b)$ et $c_W^E(b)$ en fonction de la croissance démographique n, en fixant $b = 65$. Le coefficient d'équilibre est supérieur au coefficient actuariellement neutre si n est positif. La prise en compte des droits hérité permet même un plus fort coefficient de conversion pour une croissance de la population faiblement négative. Comme pour le graphique 1.1c, la figure 1.1e isole $c_2(b)$ et $c_W^A(b)$: Les deux courbes se croisent ici en 0, le coefficient d'équilibre corrigeant de la non prise en compte de la croissance démographique.

FIGURE 1.1 – Décomposition de la différence entre $c_W^A(b)$ et $c_W^E(b)$

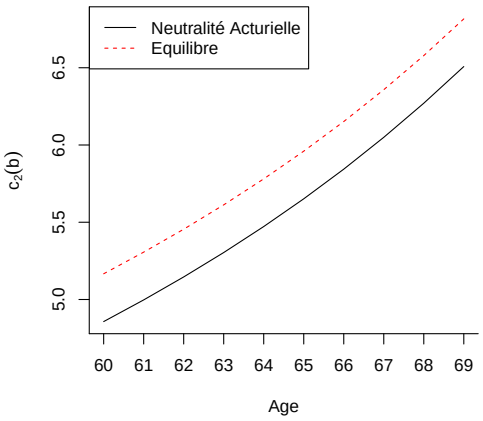
(a) Comparaison des coefficients de conversion actuariel et d'équilibre



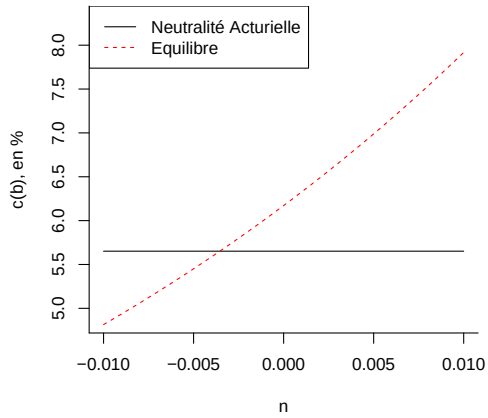
(b) Part due à $c_1(b)$



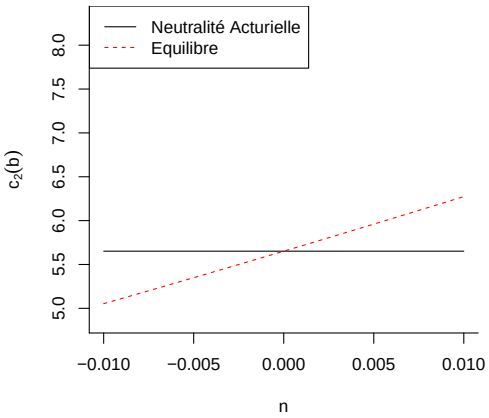
(c) Comparaison de $c_2(b)$ et $c_W^A(b)$



(d) Coefficients de conversion selon la croissance démographique



(e) Comparaison de $c_2(b)$ et $c_W^A(b)$ selon la croissance démographique



NOTE : Les figures (a), (b), (c) fixent la croissance démographique à 0,5%. Tands que les figures (d) et (e) fixent l'âge de départ à 65 ans.

SOURCE: PensIPP 0.1.

Système mixte

Un système indexé sur le salaire moyen et dont le coefficient de conversion est basé sur la neutralité actuarielle (équation (1.20)) est donc exposé à un déséquilibre important si la croissance de la population est durablement non nulle. L'utilisation du coefficient de conversion donné par l'équation (1.21) permet de corriger ce déséquilibre. L'adoption d'un tel système fait cependant reposer l'ensemble de la correction sur les seuls liquidants. Il est possible d'utiliser un système mixte où seule la valeur d'achat r évolue avec la moyenne des salaires, tandis que les retraites évoluent avec la masse salariale et le coefficient de conversion prend en compte les écarts résiduels dus au fait que les droits n'évoluent pas également avec la masse salariale.

Dans ce cas, on a $r = g$ et $1 + \tilde{r} = \frac{(1+g)(1+n)}{1+s}$, où nous laissons ici la possibilité d'octroyer une avance sur pension avec le paramètre s. Le coefficient de conversion suivant la neutralité actuarielle devient :

$$c_M^A(b) = \left[\sum_{\tau=0}^{\overline{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)} \left(\frac{1+n}{1+s}\right)^{\tau}\right]^{-1} \tag{1.23}$$

Tandis que le coefficient de conversion d'équilibre est alors donné par :

$$c_M^E(b) = \frac{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} w_0(a)\,[1+n]^{b-a}\,\frac{S(a)}{S(b)}}{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} w_0(a)} \left[\sum_{\tau=0}^{\overline{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)\,[1+s]^{\tau}}\right]^{-1} \tag{1.24}$$

La comparaison entre les deux coefficients de conversions $c_W^E(b)$ et $c_M^E(b)$ est instructive sur la manière dont l'ajustement du système à la croissance démographique s'opère :

$$\frac{c_W^E(b)}{c_M^E(b)} = \frac{\sum_{a=b}^{\overline{a}} \frac{S(a)}{(1+n)^b(1+s)^a}}{\sum_{a=b}^{\overline{a}} \frac{S(a)}{[(1+n)(1+s)]^a}}$$

Étant donné que $b \leq a$ pour l'ensemble des termes de la somme, le ratio $c_W^E(b)/c_M^E(b)$ dépend de la valeur de n. Si $n > 0$, alors $c_W^E(b)/c_M^E(b)$, la moindre revalorisation des retraites par rapport à ce que pourrait offrir le système implique un coefficient de conversion positif. Dans le cas contraire, $c_M^E(b)$ est supérieur à $c_W^E(b)$: une diminution de la population est moins défavorable aux liquidants étant donné que

l'ajustement se fait également sur la revalorisation.

Équilibre non-instantané et nécessité d'un fonds

Comme nous avons pu le voir dans le paragraphe précédent, l'indexation sur le salaire moyen ne permet pas de vérifier simultanément les principes d'équilibre et de neutralité actuarielle. Si l'on souhaite préserver un coefficient de conversion qui s'appuie sur le principe de neutralité actuarielle, il est possible de définir des règles de rappel qui maintiennent l'équilibre de *long terme* du système.

Ces règles sont des règles de *long terme* étant donné qu'elles ne permettent pas un équilibre du système à chaque période. Elles permettent néanmoins de garantir l'équilibre sur plusieurs périodes. Il existe de nombreuses manières de définir ces règles, leur définition exacte et l'évaluation de leurs conséquences dépasse les limites de ce rapport. Nous évoquons néanmoins deux pistes qu'il nous semble important d'explorer.

Si l'on se réfère à l'indexation du système sur le salaire moyen, le motif de déséquilibre repose essentiellement sur la non prise en compte des variations démographiques. Il est donc possible d'imposer au système un correcteur qui s'enclenche dès lors que les naissances sont trop peu nombreuses. Une hypothèse envisageable est d'utiliser le ratio retraités/travailleurs comme variable de contrôle. Un ratio trop faible implique un déficit de cotisations par rapport aux pensions versées et nécessite donc une réduction du coefficient de conversion et/ou de la revalorisation des retraites. C'est une solution qui est envisagée dans la cadre de la réforme structurelle du système belge des retraites (Schokkaert et al., 2018).

Une correction plus globale a été mise en place dans le système suédois : dans ce cas, c'est le ratio entre les engagements du système – l'ensemble des pensions à verser – d'une part et les contributions d'autre part qui enclenche le mécanisme d'ajustement. Ce correctif est plus grossier en ce qu'il ne corrige pas directement pour la dimension du système non prise en compte. Il existe donc un risque que

le mécanisme effectue des ajustements de façon trop radicale. Étant directement enclenché par la possibilité d'un déséquilibre de long terme, il constitue cependant une garantie forte de l'équilibre de long terme.

Quelle que soit la règle de rappel envisagée, il convient de préciser que la déviation par rapport à un système équilibré implique nécessairement des surplus et déficits à court terme, et ces déviations nécessitent la mise en place d'un fonds. Ce type de fonds semble nécessaire quel que soit le système. Le coefficient de conversion étant basé sur les taux de croissance futurs des salaires ou de la masse salariale, ceux-ci ne sont pas connus au moment de la décision. Toute erreur de prédiction implique donc des variations par rapport à la situation d'équilibre instantané. La pertinence d'un fonds est d'autant plus justifiée que le législateur peut également souhaiter minimiser le nombre d'indexations inférieures à l'inflation en lissant les chocs sur la revalorisation des retraites.

Encadré 2 :

Peut-on faire une approximation linéaire du coefficient de conversion ?

Si l'on omet la question des points accumulés par les personnes décédées avant l'âge de la retraite, la formule du coefficient de conversion permettant la neutralité actuarielle et l'équilibre du système des retraites comme donnée par l'équation (1.18) ne dépend que de l'espérance de vie au moment du départ à la retraite.

Dans un souci de simplification et de lisibilité du système, il est possible de linéariser le coefficient de conversion, comme c'est le cas dans le système actuel. Dans un tel cas, le système met en avant un âge donné qui croise la courbe de neutralité actuarielle, et une décote ou une surcote s'applique au coefficient de conversion si l'individu part avant ou après l'âge d'intersection. La simplification du barème peut être faite de différentes manières, nous admettons ici qu'il s'agit d'avoir une seule pente à gauche et à droite du point

d'intersection.

La figure 1.2 présente une telle proposition utilisant les espérance de vie des générations 1960, 1970 et 1980. Les lignes pleines ont été tracées à partir des formules de neutralité actuarielle et donc d'équilibre, en utilisant un paramètre d'avance sur pension, $s = 1,3\ \%$. Pour chacune des générations, la droite en pointillés indique une linéarisation du coefficient de conversion. Cette linéarisation est obtenue avec une décote/surcote de 5 % par année et de telle sorte que la droite coupe la courbe actuariellement neutre à 5,25 %.

De manière générale, il est important de noter que toute déviation de la courbe actuariellement neutre engendre des surplus ou des déficits. Dans le cas présent, la linéarisation est moins généreuse avant le point d'intersection et plus généreuse après. Ainsi, toute personne partant après le point d'intersection percevra une pension supérieure à ce qu'elle aurait si la pension était directement calculée à partir de la courbe. Dans ce cas, le système enregistre des déficits qui ne sont pas financés par les cotisations. Le seul point actuariellement neutre est le point d'intersection entre la courbe et la droite, et le système n'est équilibré que si par chance, les comportements de départ à la retraites se répartissent de part et d'autre de ce point, et que les bénéfices compensent les pertes.

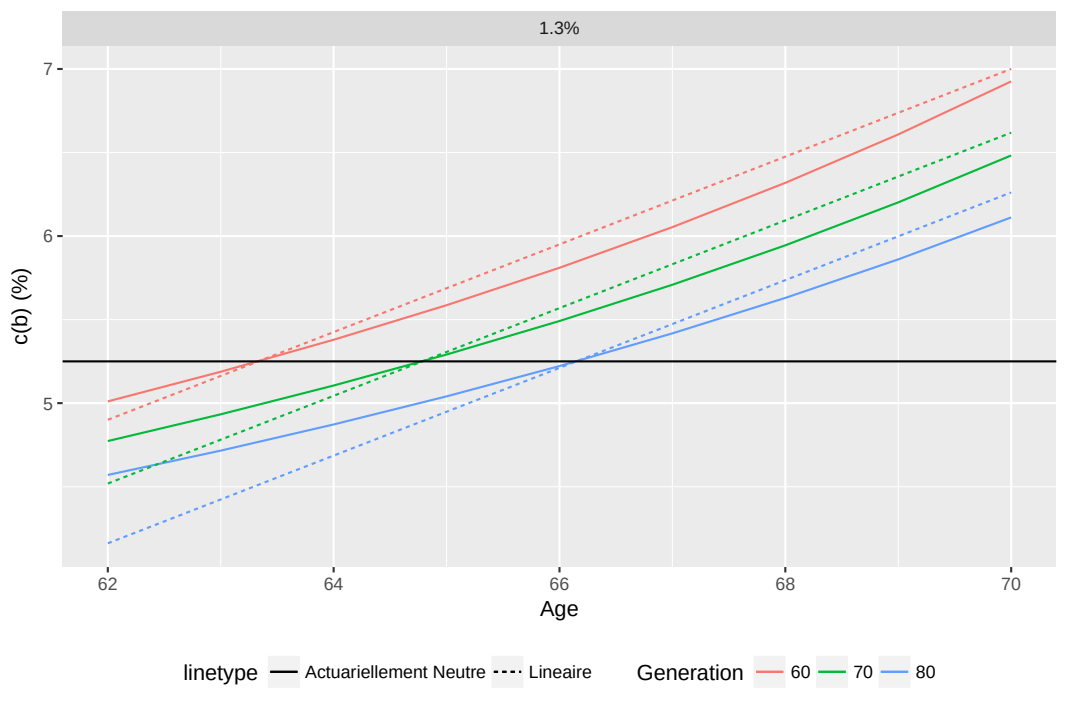
Il est important de remarquer que l'ensemble des simulations effectuées dans ce rapport ne prennent pas en compte les réactions comportementales. Celles-ci peuvent être négligées dans le cadre de la neutralité actuarielle, étant donné que dans ce cadre, le choix de l'âge de départ à la retraite n'a pas d'influence sur l'équilibre du système. Au contraire, l'utilisation d'une approximation linéaire rend les résultats des simulations sensibles aux réactions comportementales.

Il convient par ailleurs d'ajouter que la meilleure approximation linéaire

de la courbe actuariellement neutre, au sens où elle minimise les écarts à la courbe, n'est pas la même pour toutes les générations. Si, comme nous l'avons fait ici, nous choisissons d'avoir une point d'intersection fixe pour chaque génération, et un âge de "taux plein" qui se décale dans le temps, alors la pente optimale de décote et surcote change avec les générations. En d'autres termes, garder une pente constante met en péril l'équilibre du système sur le long terme.

Ainsi, l'approximation linéaire du coefficient de conversion est délicate, et une approximation satisfaisante qui garantisse un équilibre financier du système – avec un taux de décote/surcote qui évolue à mesure que l'âge pivot augmente – peut se révéler plus compliquée qu'un coefficient de conversion utilisant simplement l'espérance de vie.

FIGURE 1.2 – Linéarisation du coefficient de conversion



Chapitre 2

Méthodologie des simulations

Les éléments théoriques proposés précédemment montrent l'impact attendu du choix des règles d'indexation dans un cadre simple. Leur impact dans un environnement incertain reste une question empirique que l'on peut approcher à partir de simulations.

Le but des simulations est ainsi de proposer des scénarios démographiques et économiques et de montrer la manière dont différents systèmes s'ajustent à ces scénarios. Nous distinguons ainsi des scénarios de base où l'économie évolue de manière stationnaire, d'autres scénarios où des chocs démographiques et économiques sont simulés. Afin de bien isoler les mécanismes en jeu et de mesurer uniquement la réponse au choc, nous nous plaçons dans un horizon long (plus de 400 périodes). Le choc n'intervient qu'au moment où l'économie est stationnaire, ce qui évacue les problématiques liées à la transition vers un nouveau système (gestion de la dette implicite, traduction des droits dans le nouveau système), qui ne sont pas l'objet de cette étude.

Pour simplifier le travail de simulation, nous limitons l'hétérogénéité individuelle des trajectoires à l'âge et au sexe. Ces caractéristiques déterminent le statut sur le marché du travail, les salaires et la mortalité. Ce choix n'a pas *a priori* pas

d'impact sur l'équilibre du système [1].

Dans ce chapitre nous précisons ainsi nos choix de modélisation (partie 1). Le modèle PensIPP mobilisé pour les simulations est brièvement présenté à la partie 2. Enfin nous détaillons les variantes de règles de pilotage simulés (partie 3), les chocs simulés (partie 4) et les indicateurs retenus pour évaluer les résultats des simulations.

2.1 Choix de modélisations

Modélisation simplifiée des trajectoires individuelles. La microsimulation réalisée s'appuie sur une population simplifiée, où chaque individu peut être assigné à un ou plusieurs des quatre états suivants : être salarié du secteur privé, être inactif, au chômage ou à la retraite. La situation est tirée aléatoirement selon les hypothèses démographiques décrites ci-dessous. Si l'individu est en emploi, son salaire est une fonction déterministe de son sexe et de son âge. Chaque individu entre sur le marché du travail à l'âge de 20 ans et y reste jusqu'à 65 ans, âge de départ à la retraite déterministe.

Hypothèses démographiques et économiques. Le scénario de référence est basé sur les hypothèses démographiques suivantes : les taux de mortalité et de migration sont fixés à leur valeur mesurée en 2013 (Insee) et sont maintenus constants dans le temps. Le taux de fécondité est lui fixé de sorte à maintenir le taux de croissance de la population de 0,1 %, compte tenu des taux de mortalité et de migration. Ce taux correspond à un nombre moyen d'enfants par femme égal à 2,09.

Les hypothèses économiques que nous faisons permettent ensuite de simuler

1. Soulignons que l'ensemble des résultats présentés auraient pu être obtenus à partir d'une modélisation encore plus simplifiée, par exemple une maquette macro avec un individu par génération/date. L'approche par microsimulation, plus lourde, présente toutefois un avantage important : nous pouvons progressivement complexifier la modélisation pour se rapprocher d'une population "réaliste", à la fois en termes d'horizon temporel et d'hétérogénéité individuelle. L'approfondissement futur des résultats de cette étude pourra ainsi reposer sur la même architecture.

des trajectoires individuelles simplifiées sur le marché du travail. L'ensemble des individus entre sur le marché du travail à 20 ans et est rémunéré selon le salaire moyen mesuré pour son groupe d'âge/sexe. La distribution des salaires moyens par âge/sexe en début de simulation est celle observée par l'Insee en 2013. Les salaires évoluent ensuite avec le taux de croissance des salaires fixé à 1,5 % dans le scénario de base. Des passages par le chômage ou l'inactivité sont simulés, sur la base d'un tirage aléatoire dans la population pour respecter des cibles de taux d'emploi et de chômage par âge, à chaque année [2].

Gestion des droits des personnes décédées avant la retraite. Le coefficient de conversion qui découle du principe de neutralité actuarielle néglige la mortalité avant l'âge de départ en retraite. En toute rigueur, les contributions des individus qui décèdent avant l'âge de départ en retraite doivent être intégrées au calcul des droits. En effet, il s'agit de contributions versées qui n'ont pas de contreparties directes dans la formule du coefficient de conversion basée sur la neutralité actuarielle. Or tout système en répartition se doit d'égaliser cotisations perçues et pensions versées, et ces "droits hérités" doivent ainsi être pris en compte, comme c'est le cas dans le coefficient de conversion qui découle du principe d'équilibre instantané du système.

Dans certains pays (Pologne, Lituanie), ces contributions sans contrepartie ont été utilisées pour financer des fonds pour le pilier de retraite par capitalisation, introduit lors des réformes. Elles pourraient également être utilisées pour financer le fonds permettant de lisser les chocs, comme envisagé dans la dernière partie de l'étude.

Une autre option, adoptée dans le système suédois, est de redistribuer ces contributions aux individus survivants de la même génération au moment du décès de

2. Nous appliquons les taux de chômage et d'activité mesurés en 2013 (Insee) à l'ensemble des périodes suivantes. Ils sont distincts selon le genre et les catégories d'âge 20-24, 25-49 et plus de 50 ans.

chaque individu. Ce choix permet d'atteindre la neutralité actuarielle au sein de la génération. En effet l'ensemble des cotisations accumulées par les individus décédés d'une année sont redistribuées à part égal entre tous les individus de la même génération qui ne sont pas partis en retraite [3].

Dans le cas suédois, les gains liés aux retraites des personnes décédées sont redistribués chaque année aux individus de la même génération qui ne sont pas partis en retraite. Nous choisissons de modéliser la redistribution de ces droits de façon à ce que ces droits soient redistribués une seule fois au sein d'une génération, au lieu d'être réactualisés chaque année [4].

2.2 Le modèle PENSIPP

Le modèle *PENSIPP 1.0* est un modèle de microsimulation dont l'objectif principal est la projection des retraites à long terme. Le modèle reprend l'architecture globale du modèle Destinie (Buffeteau et al. 2011) : le premier bloc simule les biographies familiales (unions, séparations, naissances et décès) et professionnelles (périodes d'emploi, de chômage, d'inactivité, salaires) afin de simuler les trajectoires individuelles jusqu'à horizon 2060. Comme mentionné précédemment, le module démographique utilisé dans cette étude s'appuie sur une population simplifiée, dont les hypothèses démographiques et économiques s'appuient sur les observations 2013 de l'INSEE. Un second module est consacré à la modélisation du départ en retraite des individus du module biographique. Le modèle calcule le montant des pensions en fonction des hypothèses de comportement de départ en retraite. L'hypothèse retenue dans cette étude est celle d'un départ en retraite déterministe

3. Voir le rapport annuel de 2012 disponible ici : https://www.pensionsmyndigheten.se/other-languages/english-engelska/english-engelska/publications0, en particulier l'annexe A.

4. Lorsqu'une génération atteint 65 ans et liquide sa pension, nous redistribuons les droits liés aux cotisations des individus décédés avant l'âge de 65 ans.

à 65 ans [5]. Les barèmes prévus par la réglementation sont appliqués par le modèle : *PENSIPP* intègre une grande partie de la législation du régime de retraite, et il modélise les principaux régimes de retraite français [6]. Il exclut cependant les régimes complémentaires des indépendants, le cas des militaires ainsi que les pensions de réversion.

2.3 Les systèmes de retraite simulés

Le premier système de retraite simulé est le système actuel. L'ensemble des individus simulés en emploi étant considérés comme travaillant dans le secteur privé, nous ne considérons que les paramètres du régime général et du régime complémentaire Agirc-Arrco. Dans les simulations, les paramètres de la législation 2014 sont maintenus constants à toutes les périodes. Cette hypothèse n'est pas forcément réaliste, au sens où le système actuel ne pourrait perdurer sans la mise en place de réformes paramétriques substantielles, suite aux chocs simulés, mais l'objectif est de se donner un scénario contrefactuel de référence, c'est-à-dire le système actuel en l'absence de réforme.

Nous simulons ensuite plusieurs variantes de calcul des pensions dans le cadre de systèmes de retraite en points (cf. chapitre 1). Toutes nos variantes reposent sur le mécanisme de l'avance sur pension, c'est-à-dire que le niveau de la pension à la liquidation est plus élevé avec la contrepartie d'une revalorisation des pensions liquidées autour du niveau de l'inflation. Dans ce cadre général, les variantes simulées correspondent à des options de règles d'indexation, de la valeur d'achat $\tilde{r}$ et des pensions liquidées r. Dans l'ensemble des cas considérés, le coefficient de conversion $c(b)$ utilisé est celui obtenu sous la contrainte de neutralité actuarielle,

5. D'autres hypothèses sont envisageables : départ au taux plein, ou départ en fonction d'un taux de remplacement cible, niveau de pension cible, ou modèle de type Stock and Wise.

6. Sont inclus le régime général (regroupant tous les salariés du secteur privé et les contractuels du secteur public), régimes complémentaires Agirc et Arrco, régime de la fonction publique (regroupant tous les fonctionnaires) et régime des indépendants.

$c^A(b)$, c'est-à-dire que toute modification des valeurs de $\tilde{r}$ et r donne une formule de calcul des pensions à la liquidation telle que l'équilibre de long terme est respecté si la croissance démographique est nulle.

Parmi toutes les règles d'indexation possibles, nous étudions trois cas en particulier, dénommés ensuite respectivement « Masse salariale », « Garantie prix » et « Salaire moyen » :

(1) **Le scénario « masse salariale »**

Dans ce premier scénario, le plus proche d'un système canonique, la valeur d'achat est indexée sur le taux de croissance de la masse salariale $(1+g)(1+n)$. Avec le mécanisme de l'avance sur pension, la revalorisation des retraites déjà liquidée est indexée sur le taux de croissance de la masse salariale réduit du taux d'avance sur pension s, un paramètre constant durant toutes les périodes (égal à 1,5 % dans les simulations). Formellement, ce choix implique les égalités suivantes :

$$\begin{aligned} 1+r &= (1+g)(1+n), \\ 1+\tilde{r} &= \frac{(1+g)(1+n)}{1+s}. \end{aligned}$$

Dans un tel système, le coefficient de conversion $c^A(b)$ ne varie qu'en fonction de l'espérance de vie de chaque génération, et l'ajustement du système tient à l'évolution de la valeur d'achat des points, et de la revalorisation des pensions.

(2) **Le scénario "garantie prix"**

Le second cas envisagé est celui où le gestionnaire du système s'engage à revaloriser les pensions en suivant le rythme de l'inflation ($\tilde{r} = 0$). Comme dans le scénario précédent, la valeur d'achat du point reste déterminée par la croissance de la masse salariale. Mais le choix de fixer la revalorisation des pensions sur le niveau des prix implique alors, pour respecter un équilibre de long terme, de faire évoluer le coefficient de conversion en fonction de

l'évolution anticipée de la valeur d'achat (c'est-à-dire $s = \hat{r}$) :

$$1 + r = (1 + g)(1 + n),$$

et

$$\tilde{r} = 0 \Rightarrow s = \hat{r}.$$

Un tel système a donc l'avantage de garantir l'indexation des pensions au niveau de l'inflation, mais la contrepartie est qu'il ne peut être équilibré que si l'anticipation de la croissance de la masse salariale par l'avance sur pension se révèle juste. En pratique, il faut donc définir une règle d'évolution du rendement anticipé basé sur le rendement passé observé. Dans nos simulations, nous choisissons de définir $\hat{r}$ comme la moyenne mobile sur 10 ans de la masse salariale.

Avec ces règles d'indexation, l'ajustement du système se fait sur la valeur d'achat, mais aussi avec le coefficient de conversion à la liquidation. Ainsi, les plus fortes garanties sur l'évolution des pensions liquidées se traduisent par une variance plus forte des conditions de liquidation. La fenêtre de lissage de 10 ans retenue pour le rendement anticipé est donc importante pour éviter des modifications trop rapides des conditions de liquidation entre générations.

(3) **Le scénario « salaire moyen »**

Dans ce dernier cas étudié, l'évolution de la valeur d'achat est indexée sur celle du salaire moyen (SMPT). Cette indexation présente l'avantage de garantir le principe de contributivité sur la carrière. Un individu rémunéré au salaire moyen toute sa vie gagnera ainsi chaque année le même nombre de points. Cette solution protège également les retraités d'un éventuel choc démographique : le pouvoir d'achat des retraités n'est pas affecté si la croissance de la population ralentit (ou si elle augmente).

$$
\begin{aligned}
1 + r &= (1 + g) \\
1 + \tilde{r} &= \frac{(1 + g)}{1 + s}
\end{aligned}
$$

De telles règles de pilotage sont très proches de l'option (1) de revalorisation sur la masse salariale. La différence essentielle est que le système ne prend pas en compte la croissance de la population. Si cette croissance est positive, cela veut dire que le système offrira un rendement inférieur au rendement interne du système en répartition, produisant ainsi des excédents. À l'inverse si la population venait à décroître, aucun mécanisme ne pourrait assurer l'équilibre du système.

C'est pourquoi, de telles règles d'indexation impliquent un mécanisme d'ajustement supplémentaire pour prendre en compte les évolutions de la population : nous proposons l'utilisation d'un correcteur démographique (ou économique) pour ajuster les pensions à liquidation et la revalorisation des pensions en fonction du ratio démographique. L'annexe D (page 103) propose des pistes de réflexion pour l'élaboration d'un tel mécanisme d'ajustement.

2.4 Les chocs simulés

Description des chocs

Nous comparons le scénario de base à des scénarios faisant intervenir différents types de chocs économiques et démographiques. Le tableau 2.1 résume les différents chocs simulés, en comparant leurs hypothèses à celles du scénario de référence, et les figures 2.1a à 2.4b illustrent l'effet de ces chocs sous forme de graphiques.

TABLEAU 2.1 – Résumé des chocs simulés

	Croissance des salaires	Taux de fécondité	Fonction de survie	Taux de chômage
Scénario de base	1,5 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Baby boom				
(*choc transitoire de 50 ans*)				
Avant choc	1,5 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Après choc	1,5 %	2,90	Insee 2020	Insee 2013
Choc négatif de fécondité				
(*choc permanent*)				
Avant choc	1,5 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Après choc	1,5 %	1,94	Insee 2020	Insee 2013
Choc positif de fécondité				
(*choc permanent*)				
Avant choc	1,5 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Après choc	1,5 %	2,24	Insee 2020	Insee 2013
Allongement de l'espérance de vie				
(*choc permanent, transition pendant 50 ans*)				
Avant choc	1,5 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Après choc	1,5 %	2,09	Insee 2070	Insee 2013
Choc négatif de productivité				
(*choc permanent*)				
Avant choc	1,5 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Après choc	1 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Choc positif de productivité				
(*choc permanent*)				
Avant choc	1,5%	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Après choc	2 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Crise économique (type 2008)				
(*choc provisoire pendant 5 ans*)				
Avant choc	1,5 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Après choc	0,5 %	2,09	Insee 2020	+ 3pp
Choc provisoire de productivité (type 2008)				
(*choc provisoire pendant 5 ans*)				
Avant choc	1,5 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Après choc	0,5 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Hausse provisoire du chômage (type 2008)				
(*choc provisoire pendant 5 ans*)				
Avant choc	1,5 %	2,09	Insee 2020	Insee 2013
Après choc	1,5 %	2,09	Insee 2020	+ 3pp

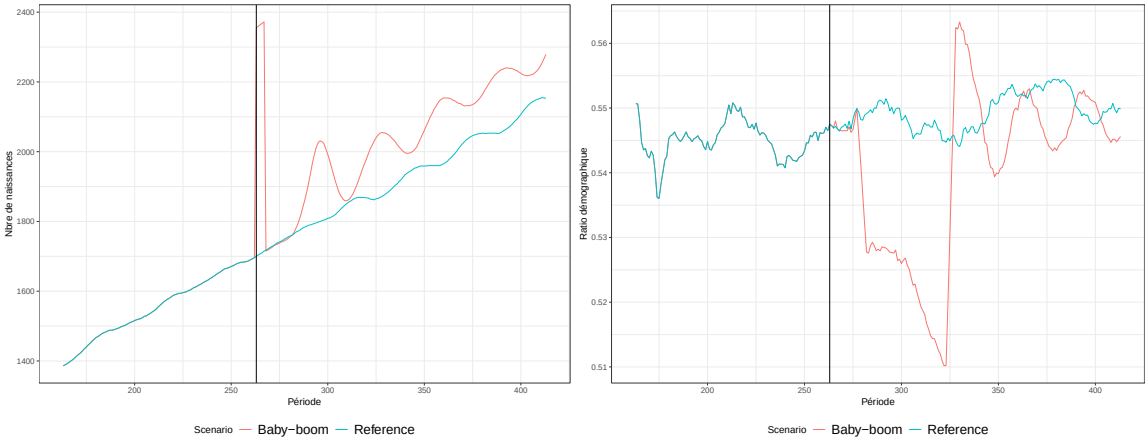
NOTE : Ce tableau présente l'ensemble des chocs simulés en comparant leurs hypothèses à celles du scénario de base.

LECTURE : En cas d'une crise économique comparable à celle de 2008, le taux de croissance des salaires passe de 1,5 à 0,5 % et le taux de chômage augmente de 3 % par rapport au taux du scénario de base, qui correspond au taux de chômage mesuré par l'Insee en 2013.

Chocs démographiques. Au niveau démographique, nous considérons dans un premier temps un scénario où, pendant 5 ans, le taux de fécondité observé approche celui observé durant la période du baby-boom, soit 2,9 enfants par femme. Il diminue ensuite de sorte à retrouver un taux de croissance de la population similaire à celui observé avant le choc. La figure 2.1b présente l'évolution du ratio démographique suite à un tel choc (défini comme le ratio entre la part des 61 ans et plus et celle des 15-60 ans) : « l'effet en V » décrit par Blanchet et Le Gallo (2013) accroît la part des actifs dans la population dans un premier temps, puis augmente au contraire la part des retraités d'où une détérioration du ratio démographique. À long terme, le ratio démographique retrouve en moyenne son niveau contrefactuel (en absence de choc), avec toutefois des oscillations plus marquées liées à la propagation sur le très long terme de la pyramide des âges, car les enfants des baby-boomers sont également relativement plus nombreux, ainsi que les enfants de leurs enfants, et ainsi de suite. Ensuite, l'effet d'un allongement durable de l'espérance de vie est envisagé : la hausse de l'espérance de vie anticipée jusqu'en 2070 est appliquée aux biographies des individus (alors que dans le scénario de référence l'espérance de vie est bloquée à celle de 2020), puis elle reste constante au niveau de 2070. Cela se traduit par une hausse progressive de l'espérance de vie (figure 2.2a) induisant une hausse durable de la part des retraités dans la population (figure 2.2b).

FIGURE 2.1 – Description des chocs : baby-boom

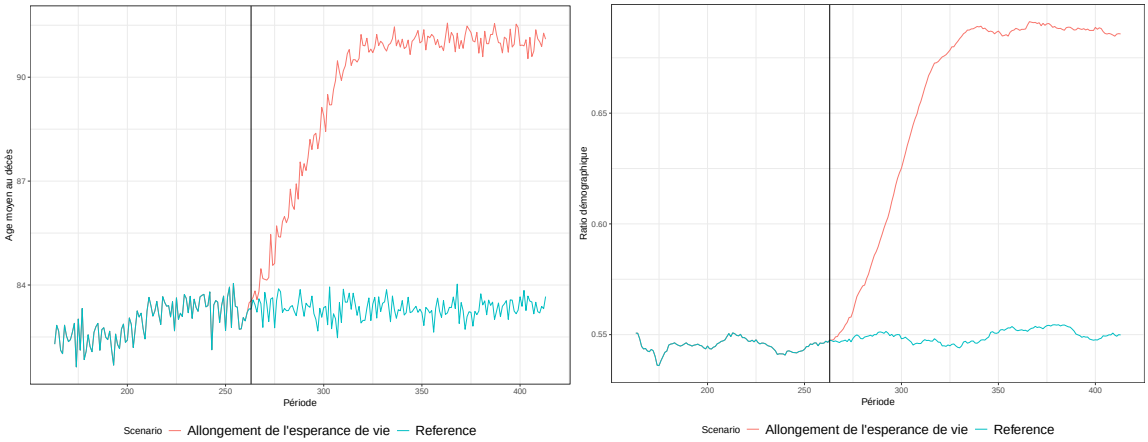
(a) Nombre de naissances (b) Ratio démographique



NOTE : Ce graphique présente l'effet d'un choc type baby-boom sur le nombre de naissances (panel a) et sur le ratio démographique (panel b). L'évolution avec (resp. sans) choc est représentée par la courbe rouge (resp. bleu). Le choc a lieu à la période t = 263, et dure 5 ans.
LECTURE : À la période t = 324, le ratio démographique atteint 54,5 % en l'absence de choc et 51 % avec un choc de type baby-boom.
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE 2.2 – Description des chocs : allongement de l'espérance de vie

(a) Âge moyen au décès (b) Ratio démographique



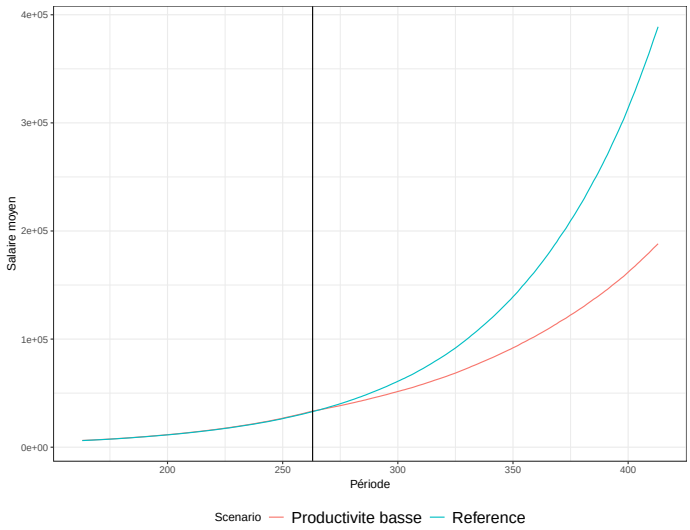
NOTE : Ce graphique présente l'effet d'un allongement de l'espérance de vie sur l'âge moyen au décès (panel a) et sur le ratio démographique (panel b). L'évolution avec (resp. sans) choc est représentée par la courbe rouge (resp. bleu). Le choc a lieu à la période t = 263, et s'étale sur 40 ans
LECTURE : A la période t = 350, le ratio démographique atteint 55 % en l'absence de choc et 68,5 % avec l'allongement de l'espérance de vie.
SOURCE: PensIPP 0.1.

Chocs économiques. Nous considérons ensuite des chocs de nature économique, tout d'abord un choc de productivité négatif où la croissance annuelle des salaires initiale de 1,5 % passe à 1 % (figure 2.3).

Nous envisageons ensuite un scénario de crise économique similaire à celui qui s'est produit lors de la crise de 2008 (figures 2.4a et 2.4b), ce qui correspond à une baisse des salaires de 1 point de pourcentage (de 1,5 à 0,5 %) et à une hausse du chômage de 3 points de pourcentage. Nous simulons cette baisse pour une période de 5 ans.

Des chocs alternatifs sont présentés en annexe B (page 97) : un choc positif de productivité de long terme, symétrique au choc négatif décrit précédemment, une décomposition du choc économique de court terme en chocs portant uniquement sur le taux de chômage ou sur le salaire moyen et enfin des chocs démographiques portant sur le taux de fécondité de long terme.

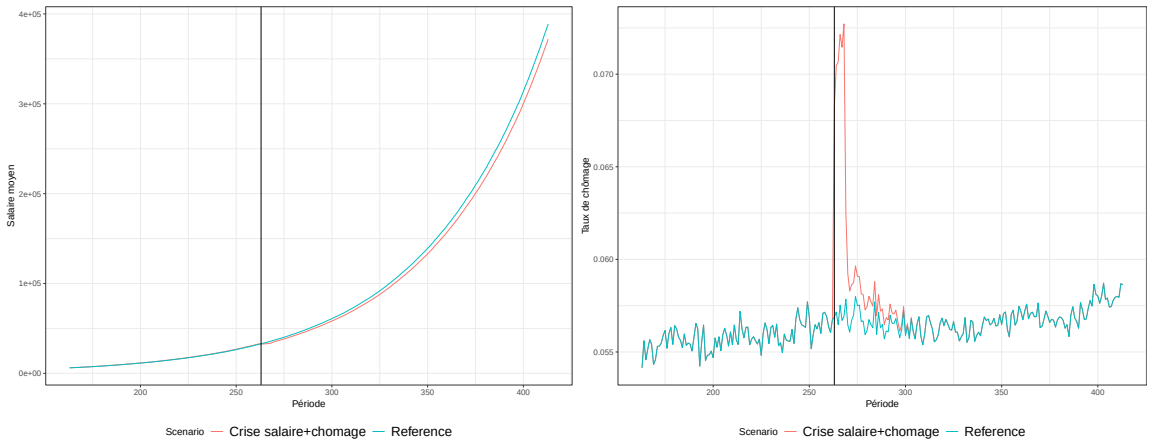
FIGURE 2.3 – Description des chocs : choc négatif de productivité



NOTE : Ce graphique présente l'effet d'un choc négatif de productivité sur le salaire moyen. L'évolution avec (resp. sans) choc est représentée par la courbe rouge (resp. bleu). Le choc est permanent et a lieu à la période t = 263.
LECTURE : A la période t = 350, le salaire moyen atteint 140 000 euros en l'absence de choc et 90 000 euros avec le choc.
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE 2.4 – Description des chocs : crise 2008

(a) Salaire moyen (b) Taux de chômage



NOTE : Ce graphique présente l'effet d'une crise économique de court terme impactant le salaire moyen (panel a) et le taux de chômage (panel b). L'évolution avec (resp. sans) choc est représentée par la courbe rouge (resp. bleu). Le choc est transitoire (5 ans) et a lieu à la période t = 263.
LECTURE : A la période t = 265, le taux de chômage est de 5,75 % en l'absence de choc et monte à 7,25 % avec la crise.
SOURCE: PensIPP 0.1.

Transmission des chocs

Il est utile de préciser que les chocs décrits sont absorbés par le système en fonction de certaines hypothèses. La transmission des chocs dépend donc du type de système considéré, mais également de la manière dont ses principaux paramètres sont déterminés. Dans les systèmes en points considérés, les différents paramètres du système évoluent en fonction de l'environnement économique et démographique. En pratique, cela implique de déterminer des règles d'évolution. Nous discutons ci-dessous, pour les différents types de paramètres, les choix effectués pour ces règles et les variantes possibles – dont certaines font l'objet de simulations additionnelles.

Indexations effectives. Aussi bien la valeur d'achat des points que les pensions liquidées sont réévaluées chaque année proportionnellement au taux de croissance du salaire moyen ou de la masse salariale selon les scénarios. En général dans les simulations, le rendement appliqué aux droits accumulés et aux pensions via la

revalorisation est calculée sur la base de l'évolution *observée* des variables durant l'année précédente. La réalisation d'un choc sera donc pris en compte dès l'année suivante dans le calcul des droits et de la revalorisation des pensions. Toutefois, cette hypothèse peut conduire à une forte volatilité des grandeurs (et donc en particulier de la revalorisation des pensions) et à une transmission trop rapide des chocs. On peut donc préférer un calcul basé sur une moyenne mobile, par exemple sur 10 ans. Une telle variante sera testée dans la partie 3.1.

Indexations anticipées. Pour certains systèmes (section 3.2), des hypothèses sont nécessaires sur l'évolution futures des variables utilisées pour les indexations. Ces évolutions *anticipées* sont nécessaires pour le calcul du coefficient de conversion et peuvent être calculées de différentes façons. Dans les systèmes simulés, la projection de la masse salariale ou du salaire moyen pour une année donnée dépend de son évolution durant les x années précédentes. Nous prenons dans les scénarios de base une fenêtre de 10 ans ($x = 10$), mais simulons également des variantes, pour étudier comment modification de cette fenêtre influence le temps d'ajustement du système aux chocs (voir partie 3.2).

Hypothèse de mortalité. Enfin, un dernier ensemble d'hypothèses est nécessaire pour le calcul du coefficient de conversion, et ce dans tous les systèmes en points envisagés. L'espérance de vie n'est pas *anticipée* lors du calcul des pensions à liquidation, elle est au contraire basée sur les survies *observées* au sein de la population. L'hypothèse sous-jacente étant que l'espérance de vie pour un âge donné à la période t sera celle observée en année $t + x$. L'espérance de vie considérée est donc celle du *moment* et non celle de la *génération*, ce qui sous-estime a priori l'espérance de vie réalisée : l'annexe C (page 101) illustre la différence des coefficients de conversion selon les types d'espérance de vie considérés. Dans la plupart de nos simulation, ce biais est sans effet car l'espérance de vie est constante et égale à celle

projetée en 2020 ; l'espérance de vie du *moment* est donc égale à l'espérance de vie de la *génération*. En revanche, cet écart réapparaît, et génère des déficits, lors de la simulation d'un choc positif sur l'espérance de vie. Nous ne simulons pas de variante prenant en compte l'espérance de vie de la génération plutôt que l'espérance de vie du moment.

2.5 Les indicateurs utilisés

Nous examinons la réponse de chacun des systèmes aux chocs décrits précédemment à l'aune des indicateurs suivants :

1. **Le ratio de la masse des pensions sur celle de la masse des salaires.** Cet indicateur que nous représentons en différence par rapport au scénario sans choc permet de mesurer la soutenabilité du système. Une évolution positive de ce ratio implique un déficit par rapport au scénario sans choc, tandis qu'une évolution négative reflète un excédent du système.

2. **La dette ou les réserves accumulées.** Nous définissons le niveau de la dette accumulée à chaque période comme l'accumulation des différences entre les cotisations et les pensions versées, relativement à la masse salariale mesurée au même moment. Un niveau négatif indique la création d'une dette tandis qu'un niveau positif illustre l'accumulation de réserves.

3. **La probabilité d'indexation des pensions à un niveau inférieur à l'inflation.** Cet indicateur permet de capturer les ajustements que certains scénarios peuvent faire peser sur les pensions liquidées. Nos simulations étant exprimées en réel, une revalorisation inférieure à l'inflation correspond à un taux de revalorisation négatif.

Par ailleurs, pour tous les résultats, nous présentons l'évolution des paramètres clés des systèmes simulés :

- **Le coefficient de conversion.** Cette variable décrit l'évolution du paramètre $c^A(b)$ utilisé pour le calcul des pensions à liquidation.
- **Le taux de revalorisation des pensions liquidées.** Cette variable décrit l'évolution du paramètre $\tilde{r}$.
- **Le taux de croissance de la valeur d'achat.** Cette variable décrit l'évolution du paramètre r.

Chapitre 3

Résultats des simulations

Ce chapitre présente les résultats des simulations des trois scénarios d'indexation décrits précédemment. Pour chaque scénario nous évaluons les réponses du système aux chocs démographiques et économiques pour évaluer à la fois la soutenabilité financière et les garanties offertes aux assurés, actifs comme retraités. Nous considérons respectivement l'indexation sur la masse salariale (partie 3.1), l'indexation des pensions sur les prix (partie 3.2) et l'indexation sur le salaire moyen (partie 3.3). Enfin, nous comparons l'ensemble des scénarios afin d'identifier les arbitrages en jeu entre les différentes options (partie 3.4).

3.1 Indexation sur la masse salariale

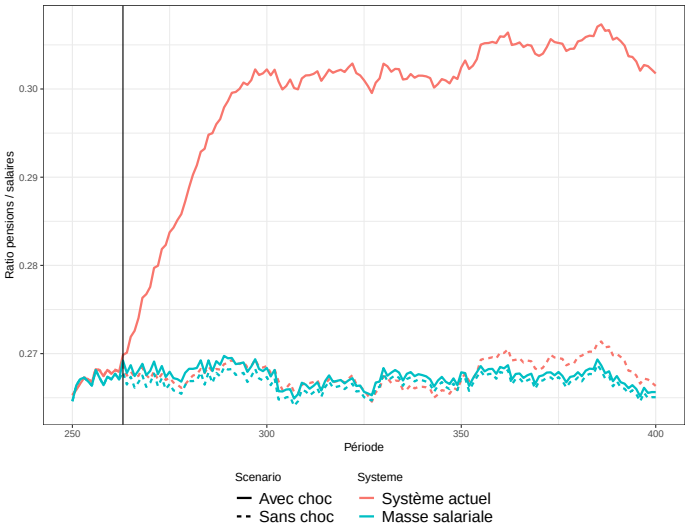
Nous commençons par comparer les simulations du système actuel avec celles d'un système en points dont la valeur d'achat est indexée sur la masse salariale, et ce combiné à un niveau d'avance sur pension s de 1,5 % (cf. scénario 1, décrit à la page 48).

Chocs économiques

Choc négatif de productivité à long terme. La figure 3.1 compare l'évolution du ratio masse des pensions sur salaires dans le système actuel et le système en points envisagé en cas de choc négatif de long terme sur la productivité. À titre de comparaison, l'évolution de chacun des systèmes est également présentée en l'absence de choc. Ainsi, les lignes pointillées rouge et bleu présentent respectivement l'évolution du système actuel et du système en points en l'absence de choc, qui varient autour de 27 %, soit le taux de cotisation du système. Les lignes pleines représentent l'évolution des systèmes après la réalisation du choc : dans le système actuel, en l'absence de réformes paramétriques, la masse salariale diminue proportionnellement à la baisse de la productivité et la masse des pensions devient relativement plus importante. Les pensions représentent plus 30 % de la masse des salaires : cette hausse de 3 % par rapport au niveau d'équilibre revient à créer un déficit de 2,04% du PIB [1]. En revanche, le système à points envisagé intègre la baisse du rendement via deux canaux d'ajustement : la croissance de la valeur d'achat et le taux de revalorisation des pensions diminuent (figure 3.2). La revalorisation des pensions reste négative à long terme : nous revenons sur ce point dans la discussion ci-dessous.

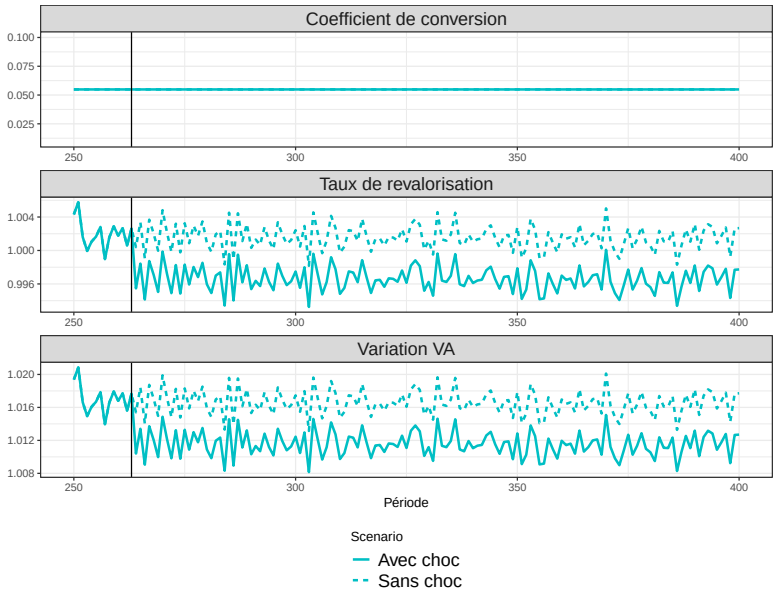
1. Les salaires représentent 68% du PIB, donc une hausse de 3 % du ratio pensions / salaires revient à créer un déficit de 2,04 % du PIB.

FIGURE 3.1 – Ratio masse des pensions / masse des salaires en cas de choc négatif de productivité à long terme, système actuel vs. système masse salariale



NOTE : Ce graphique présente l'effet du choc sur le ratio entre la masse des pensions et la masse des salaires. Les courbes rouges représentent le système actuel et les courbes bleus le système masse salariale. La situation avec (resp. sans) choc est représentée en traits pleins (resp. pointillés).
LECTURE : À la période t = 350, la ratio entre la masse des pensions et la masse des salaires augmente de 26,5 % à 30,5 % avec le choc pour la législation actuelle, et reste autour de 26,5 % dans le système en points.
SOURCE: PensIPP 0.1.

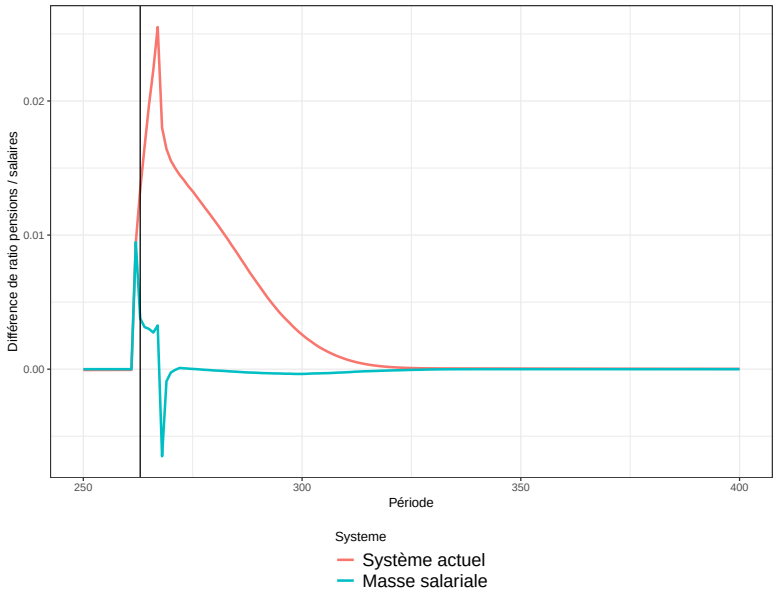
FIGURE 3.2 – Mécanismes d'ajustement en cas de choc négatif de productivité à long terme, système masse salariale



NOTE : Ce graphique présente l'effet du choc sur le coefficient de convention (haut), le taux de revalorisation des pensions liquidées (milieu) et l'évolution de la valeur d'achat (bas), dans le cas d'un système masse salariale. La situation avec (resp. sans) choc est représentée par les traits pleins (resp. en pointillés).
LECTURE : À la période t = 350, le valeur d'achat augmente de 1,6 % sans choc et de seulement 1,2 % sans choc.
SOURCE: PensIPP 0.1.

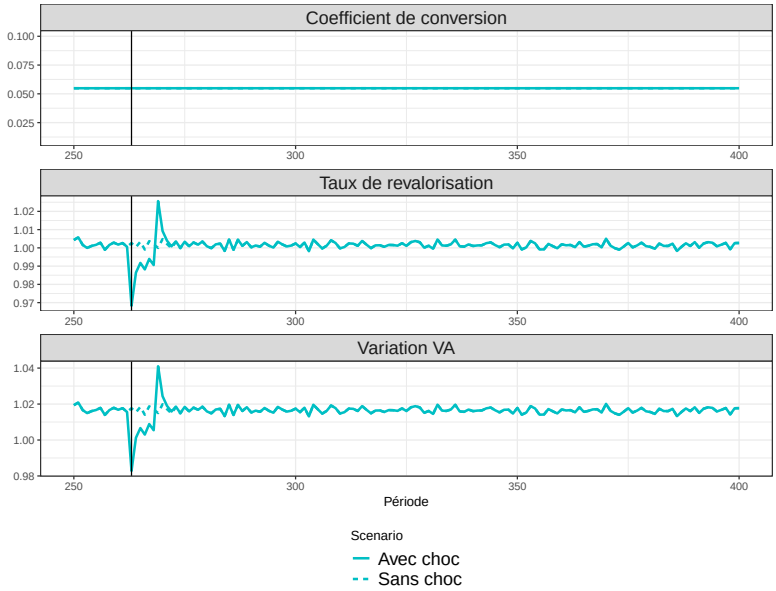
Crise économique (type 2008). Nous considérons ensuite un choc de court terme semblable à celui de la crise de 2008, où les salaires diminuent et où le chômage augmente sur une période de 5 ans. Comme dans le cas évoqué précédemment, le système actuel n'ajuste pas les pensions versées alors que la masse salariale diminue fortement (figure 3.3). En revanche, le système masse salariale revalorise les pensions à un niveau inférieur à celui des prix et ralentit la croissance de la valeur d'achat (figure 3.4). On note d'ailleurs que cet ajustement se fait en deux temps : le taux de revalorisation des pensions est négatif dans un premier temps, puis positif, avant de converger au niveau pré-crise. Il faut rappeler que durant la crise le taux de chômage est fixe, tandis que les salaires continuent à augmenter, bien que plus lentement par rapport à la situation pré-crise. À la fin de la crise, le retour au taux de chômage initial entraîne un fort taux de croissance de la masse salariale, d'où une revalorisation élevée des pensions lors de la période qui suit le retour à l'état stationnaire.

FIGURE 3.3 – Différence du ratio masse des pensions / masse des salaires en cas de choc économique de court terme, système masse salariale



NOTE : Ce graphique présente la différence (avec choc - sans choc) du ratio entre la masse des pensions et la masse des salaires, pour le système actuel (en rouge) et pour un système en points avec indexation masse salariale (en bleu).
LECTURE : À la période t = 275, le choc augmente le ratio pensions/salaires de 1,4 points de pourcentage avec la législation actuelle, et n'a plus d'effet sur ce ratio dans le système en points.
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE 3.4 – Mécanismes d'ajustement en cas de choc négatif de choc économique de court terme, système masse salariale



NOTE : Voir Figure 3.2.
LECTURE : À la période t = 264, le taux de revalorisation des pension, autour de 1 en l'absence de choc, est de 0,97 % en cas de choc (soit une baisse des pensions de 3 %).
SOURCE: PensIPP 0.1.

Chocs démographiques

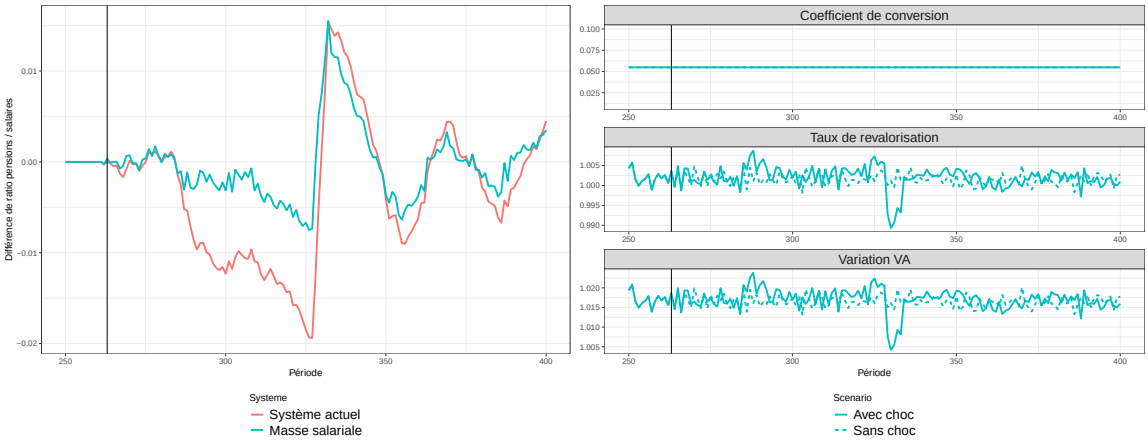
Baby-boom. Nous présentons ici l'ajustement des systèmes aux chocs de nature démographique, en examinant premièrement une hausse soudaine du taux de croissance de la population de type « baby-boom », durant une période délimitée. Lorsque les générations plus nombreuses entrent sur le marché du travail le nombre de cotisants par retraités augmente, cependant ce rapport s'inverse dès lors que ces générations partent à la retraite. La figure 3.5a montre que le système actuel est très dépendant de ces modifications de la masse salariale, tandis que le système en points envisagé lisse relativement l'effet d'un tel choc en imposant des revalorisations des pensions inférieures au niveau de l'inflation lors de la hausse soudaine de la masse des pensions (figure 3.5b). Au même moment, la croissance de la valeur d'achat des points est également fortement ralentie.

On note que l'ajustement du système en points est asymétrique selon qu'il s'agisse

de l'entrée sur le marché du travail des « baby-boomers » ou de leur départ en retraite. Dans la mesure où les premiers salaires de la trajectoire professionnelle sont relativement plus bas que les derniers, la variation de la masse salariale est plus importante au moment du départ en retraite de la génération concernée, ce qui explique un déficit plus important que l'excédent réalisé lors de leur entrée sur le marché du travail.

FIGURE 3.5 – Ajustement en cas de baby-boom, système masse salariale

(a) Différence de ratio pensions / salaires (b) Mécanismes d'ajustement



NOTE : Voir Figure 3.3 pour le graphique (a) et la Figure 3.2 pour le graphique (b).
LECTURE : À la période t = 325, le choc diminue la part des pensions par rapport à la masse salariale de 2 points de pourcentage dans le système actuel, contre seulement 0,7 pp dans le système masse salariale. À la même date, le taux de revalorisation des pensions est d'environ 0,5 % avec le choc, contre une revalorisation quasi-nulle en l'absence de choc.
SOURCE: PensIPP 0.1.

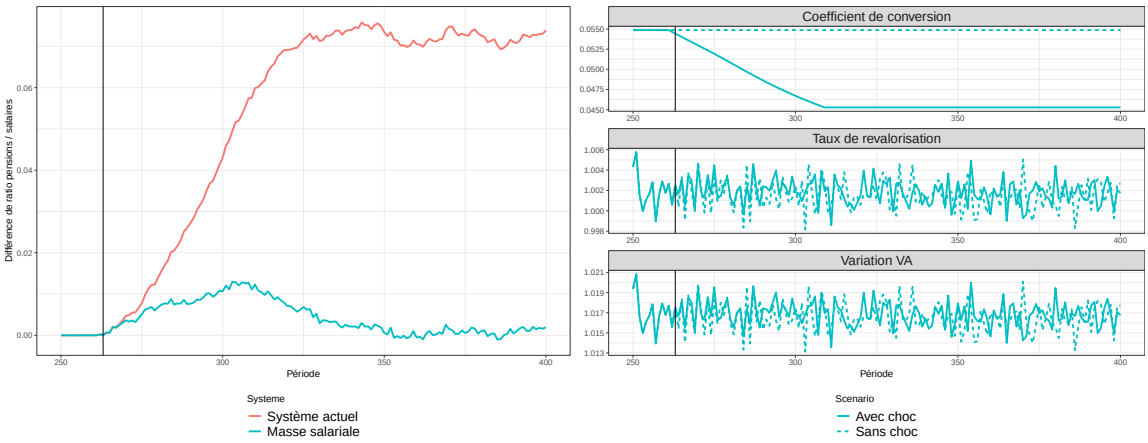
Allongement de l'espérance de vie. Enfin, un allongement progressif de l'espérance de vie est envisagé : la figure 3.6a montre que le système actuel (sans réforme) n'intègre pas l'allongement de la durée moyenne des retraites, ce qui augmente mécaniquement la masse des pensions par rapport à celle des salaires. Le système à points s'ajuste quant à lui progressivement : le coefficient de conversion diminue de façon proportionnelle à l'allongement de l'espérance de vie (figure 3.6b), ce qui stabilise au final la masse des pensions. Cet ajustement progressif induit chaque année des pensions à liquidation trop élevées par rapport à la du-

rée passée en retraite des individus. Ce mauvais ajustement est irréversible et se maintient jusqu'à la fin de la période de retraite des individus concernés. Ainsi, une fois que le coefficient de conversion atteint une valeur stabilisée, un temps de latence supplémentaire est également nécessaire pour que la masse des pensions se stabilise.

Comme mentionné dans la partie 2.4 l'ajustement progressif du système à points est dû à la prise en compte de l'espérance de vie du moment dans nos simulations. Si l'espérance de vie par génération avait été prise en compte et bien calculée, l'allongement de l'espérance de vie aurait pu être anticipé, ce qui aurait permis d'ajuster les pensions à liquidation en conséquence.

FIGURE 3.6 – Ajustement en cas d'allongement de l'espérance de vie, système masse salariale

(a) Différence de ratio pensions / salaires (b) Mécanismes d'ajustement



NOTE : Voir Figure 3.3 pour le graphique (a) et la Figure 3.2 pour le graphique (b).
LECTURE : A la date t = 350, le ratio pensions/salaires est stable dans le système masse salariale, et augmente d'environ 6pp à législation constante.
SOURCE: PensIPP 0.1.

Limite du mécanisme d'avance sur pension

La baisse durable et permanente du taux de revalorisation en cas de choc négatif sur la productivité de long terme, mentionnée précédemment, met en lumière une limite du mécanisme d'avance sur pension ou *frontloading* : si le taux de croissance

de long terme s'écarte durablement de la référence choisie (1,5 % dans le cas présent), le système prévoit des taux de revalorisation continuellement négatifs. Une telle situation peut d'ailleurs être observée dans le cas où d'autres chocs négatifs de long terme affectent la masse salariale, en cas de choc de fécondité négatif par exemple.

Une solution – bien que non prévue dans les systèmes existants, par exemple en Suède – serait d'ajuster le degré de *frontloading* en fonction de la productivité de long terme. Ainsi quand celle-ci passe de 1,5 % à 1 %, il est en principe possible d'ajuster à la baisse le degré de *frontloading*, de 1,5 % à 1 % également, et ainsi de retrouver une indexation en moyenne légèrement positive.

Même en faisant abstraction de la question de la mesure de la productivité de long terme, cette solution requiert cependant l'ajout de paramètres supplémentaires. Le respect de l'équilibre actuariel induit que la revalorisation prévisionnelle au moment de la liquidation soit équivalente à la revalorisation appliquée aux pensions liquidées. Si une génération donnée liquide en t avec une indexation prévisionnelle de $g - 1,5\ \%$, abaisser l'indexation à $g - 1\ \%$ en $t + 1$ revient à surestimer à chaque période suivante la revalorisation appliquée à cette génération. Autrement dit, le taux de remplacement à la période t est trop élevé par rapport à la revalorisation appliquée à partir de $t + 1$.

Il est possible de résoudre ce problème de deux façons : i) instaurer un taux d'indexation par génération ou, ii) instaurer un mécanisme additionnel pour compenser les déficits générés (ou les excédents, en cas de hausse de la productivité de long terme). La première solution a l'avantage de maintenir l'équilibre actuariel au niveau de la génération, en revanche sa mise en place semble complexe. La seconde possibilité est plus réaliste en pratique mais crée des perdants et des gagnants : dans l'exemple précédent, la génération dont la pension à liquidation a été surévaluée est globalement gagnante, et les générations qui suivent immédiatement sont au contraire perdantes. Cela suggère qu'un lissage suffisamment long

pourrait permettre d'éviter des transferts trop importants.

Effet de la fenêtre considérée pour le calcul de *n* et *g*

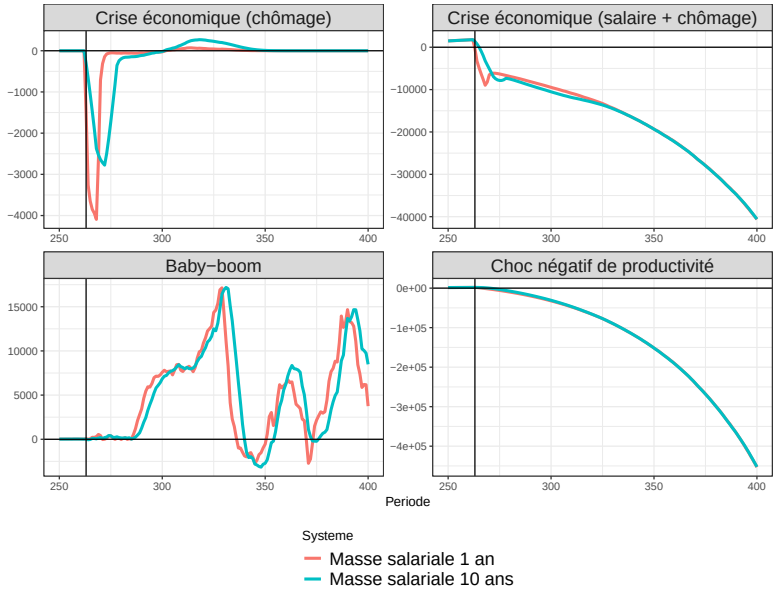
Dans les simulations présentées ci-dessus, la valeur d'achat et la revalorisation des pensions sont calculées en fonction de la croissance de la masse salariale observé entre $t-2$ et $t-1$. Ce choix comporte deux limites principales : il conduit à calculer une revalorisation des pensions et une valeur d'achat bruitées en l'absence de choc, et à un ajustement potentiellement trop brusque en cas de choc. Nous comparons donc ici deux systèmes avec des fenêtres différentes : dans le premier cas la valeur d'achat et la revalorisation des pensions sont calculées en fonction de la croissance de la masse salariale à la période précédente. Dans le second cas elles sont calculées en fonction du taux de croissance moyen de la masse salariale durant les 10 dernières années. Nous présentons pour ces deux systèmes et pour une série de chocs macroéconomiques et démographiques, la différence de pension moyenne (figure 3.7) avec et sans choc ainsi que la différence du ratio masse des pensions sur masse des salaires (figure 3.8). Les tableaux 3.1 et 3.2 montrent d'autre part pour chaque choc et selon la fenêtre considérée la part de périodes où la revalorisation des pensions est inférieure à l'inflation, ainsi que la magnitude de ces revalorisations lorsqu'elles sont inférieures à l'inflation.

Comme attendu, les chocs sont moins rapidement absorbés par le système (en termes d'impact du choc sur le ratio masse des pensions sur masse des salaires) lorsque la fenêtre prise en compte est plus grande. En cas de choc de long terme, l'intérêt d'un tel mécanisme est moindre : une baisse permanente du niveau de productivité doit être prise en compte dans le système, une fenêtre plus large ne fait que retarder cette prise en compte. En revanche, une fenêtre de 10 ans permet de lisser l'effet sur la pension moyenne d'un choc de court terme. Ainsi, en cas de hausse temporaire du chômage la pension moyenne diminue moins fortement lorsque la fenêtre est large, ce qui induit un déficit pendant une plus longue pé-

riode. Les tableaux 3.1 et 3.2 montrent que dans ce cas la revalorisation moyenne est nettement inférieure avec une fenêtre de 10 ans, avec un nombre d'épisodes où la revalorisation est inférieure à l'inflation relativement similaire. Une fenêtre plus large permet également de lisser l'effet d'un choc affectant le niveau de productivité à court terme, cependant la pension moyenne reste durablement inférieure au niveau sans choc [2]. Enfin, la variation de la taille des fenêtres n'affecte que marginalement la prise en compte d'un choc de nature démographique comme le baby-boom : la variation de la pension moyenne est simplement décalée dans le temps. La figure 3.8 indique l'équilibre global du système en cas de choc selon la fenêtre considérée. Le niveau des pensions doit être comparé à la masse des salaires, qui varie selon le type de choc simulé. Ainsi, la différence de ratio pensions / salaires peut être positive lorsque la masse salariale diminue, et ce jusqu'à ce que l'ajustement des pensions soit suffisant pour prendre en compte le choc. En cas de choc de long terme sur les salaires, la différence du ratio pensions / salaires est toujours positive : le niveau moyen des pensions diminue mais cette baisse est dans un premier temps moins importante que celle du niveau des salaires.

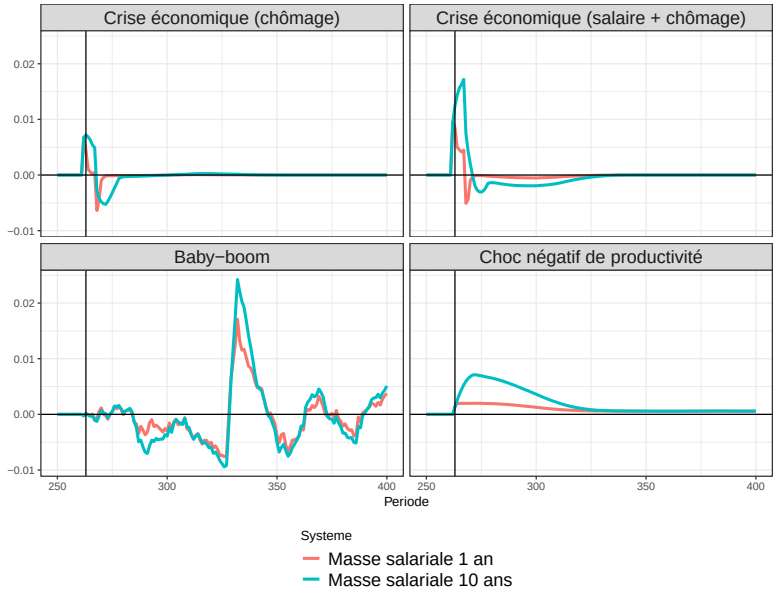
2. Le ratio pensions / salaires revient à son niveau pré-crise, mais la baisse du taux de revalorisation des pensions liée à la crise n'est jamais rattrapée.

FIGURE 3.7 – Différence du niveau de pension moyenne selon la taille de la fenêtre considérée pour le calcul de n et g



NOTE : Ce graphique présente, pour les différents chocs considérés, la différence (avec choc - sans choc) de la pension moyenne, pour un système masse salariale avec une fenêtre de calcul de n et g basée sur les 10 dernières années (en bleu) ou sur l'année précédente (en rouge).
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE 3.8 – Différence de ratio pensions / salaires selon la taille de la fenêtre considérée pour le calcul de n et g



NOTE : Ce graphique présente, pour les différents chocs considérés, la différence (avec choc - sans choc) du ratio entre la masse des pensions et la masse des salaires et pour un système masse salariale avec une fenêtre de calcul de n et g basée sur les 10 dernières années (en bleu) ou sur l'année précédente (en rouge).
SOURCE: PensIPP 0.1.

TABLEAU 3.1 – Part de périodes où la revalorisation des pensions est inférieure à l'inflation, selon le type de fenêtre utilisé en système masse salariale

	Masse salariale fenêtre 1 an	Masse salariale fenêtre 10 ans
Crise économique (chômage)	0,03	0,05
Crise économique (salaire + chômage)	0,06	0,10
Baby-boom	0,05	0,06
Choc négatif de productivité	0,98	0,94

NOTE : Ce tableau présente la part de revalorisations des pensions sous l'inflation durant la période qui suit le choc.
LECTURE : Dans un système masse salariale où la fenêtre considérée est de 1 an, 5 % des périodes qui suivent un choc type baby-boom observent une revalorisation sous l'inflation des pensions.
SOURCE: PensIPP 0.1.

TABLEAU 3.2 – Revalorisation moyenne des pensions lorsqu'elle est inférieure à l'inflation, selon le type de fenêtre utilisé en système masse salariale

	Masse salariale fenêtre 1 an	Masse salariale fenêtre 10 ans
Crise économique (chômage)	-0,0083	-0,0014
Crise économique (salaire + chômage)	-0,0127	-0,0047
Baby-boom	-0,0070	-0,0023
Choc négatif de productivité	-0,0033	-0,0033

NOTE : Ce tableau présente la part de revalorisations inférieures à l'inflation des pensions durant la période qui suit le choc (panel a) et la revalorisation moyenne des pensions lorsque le taux de revalorisation est négatif (panel b).
LECTURE : Dans un système masse salariale où la fenêtre considérée est de 1 an, après un choc type baby-boom la revalorisation moyenne des pensions est de -0,7 points de pourcentage si l'on considère uniquement les périodes où la revalorisation des pensions est inférieure à l'inflation.
SOURCE: PensIPP 0.1.

Conclusion intermédiaire

Pour conclure, dans le système masse salariale le mécanisme de *frontloading* permet de limiter la baisse des taux de remplacement par rapport au système actuel.

Le pilotage par le rendement du système assure d'autre part un meilleur ajustement aux chocs par rapport au système actuel : selon le type de choc envisagé, le coefficient de conversion, la croissance de la valeur d'achat et la revalorisation des pensions sont modifiés pour assurer que la masse des pensions versées reste stable par rapport à la masse salariale.

La soutenabilité du système est réalisée au prix de revalorisations inférieures à l'inflation fréquentes, amplifiées en cas de choc – en particulier en cas de chocs de productivité de long terme. Il convient donc d'envisager des systèmes alternatifs, limitant l'ajustement portant sur les pensions liquidées, ce qui est envisagé dans la partie suivante.

3.2 Revalorisation des pensions sur les prix

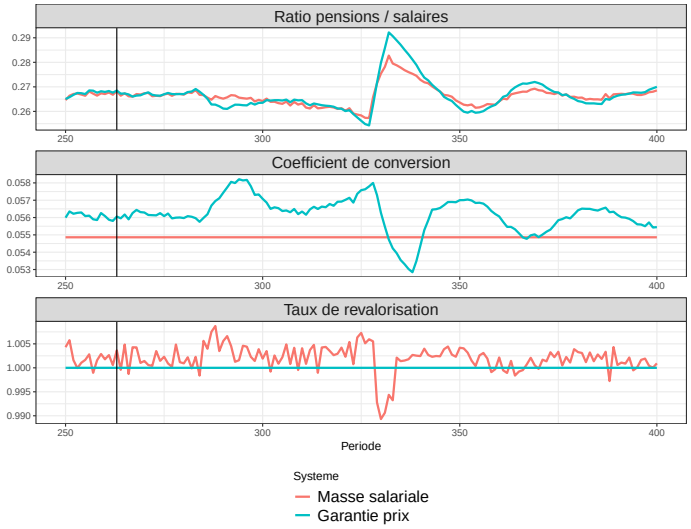
On envisage à présent le cas où le gestionnaire du système s'engage à donner la revalorisation prix (cf. scénario 2, de « garantie prix » décrit à la page 48). Dans ce cas, le niveau de *frontloading* est maximal (s est égal à la croissance de la masse salariale espérée : la pension à liquidation est donc en moyenne plus élevée que dans le système décrit précédemment et la revalorisation des pensions est égale au niveau de l'inflation (figure 3.9).

Chocs économiques. En cas de choc économique, la figure 3.10 montre que l'ajustement du système en revalorisation prix s'effectue moins rapidement que dans le système précédent. Dans le système « masse salariale », la hausse du chômage ou la baisse des salaires est rapidement intégrée dans le système via une revalorisation plus faible des pensions (figure 3.11). À l'inverse, ce levier d'ajustement n'est pas utilisé dans un système où on garantit justement un certain niveau de revalorisation quelle que soit la situation économique. Cette contrainte supplémentaire entraîne mécaniquement un creusement du déficit, la dette étant la seule variable d'ajustement restante (figure 3.12a). En cas de choc négatif de long terme sur la productivité par exemple, le ratio masse des pensions sur celle des salaires augmente largement par rapport à la situation sans choc, avant de se stabiliser via l'ajustement du coefficient de conversion. Le système de revalorisation prix s'ajuste donc beaucoup plus lentement en cas de choc non anticipé par rapport au système avec indexation sur la masse salariale. La durée de cet ajustement dépend d'autre part de la façon dont n et g sont anticipés. La projection de la masse salariale est basée sur l'évolution de cet agrégat durant les x dernières années, augmenter cette fenêtre allonge mécaniquement la durée d'ajustement du système. Ce mécanisme est décrit en détails ci-dessous.

Chocs démographiques. En revanche, en cas de choc démographique, les systèmes « masse salariale » ou « garantie prix » s'ajustent de la même façon. Dans les deux cas, la hausse de la masse des pensions par rapport à la masse salariale induit une hausse de la dette (figure 3.12b) d'une ampleur beaucoup plus importante, notamment en cas de « baby-boom ».

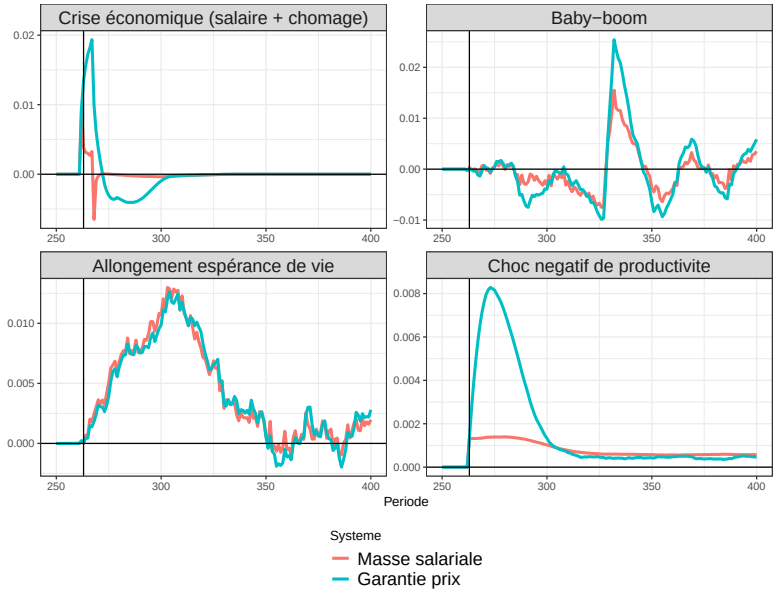
La garantie d'une revalorisation prix des pensions semble donc pertinente au regard du système précédemment mentionné, où les revalorisations des pensions inférieure à l'inflation pouvaient sembler relativement coûteuses. Un tel système présente en revanche des mécanismes d'ajustement différents et moins rapides : après la réalisation d'un choc, la masse des pensions versées redevient soutenable au vue de la masse salariale beaucoup moins rapidement que dans le système précédent, dans la mesure où les pensions, une fois liquidées, ne peuvent plus être modifiées. Il est donc souhaitable que le creusement du déficit induit par ce système soit accompagné d'un fonds de réserve plus important, qui permettrait d'amortir de tels chocs sur les finances publiques.

FIGURE 3.9 – Mécanismes d'ajustement en l'absence de choc, masse salariale vs. garantie prix



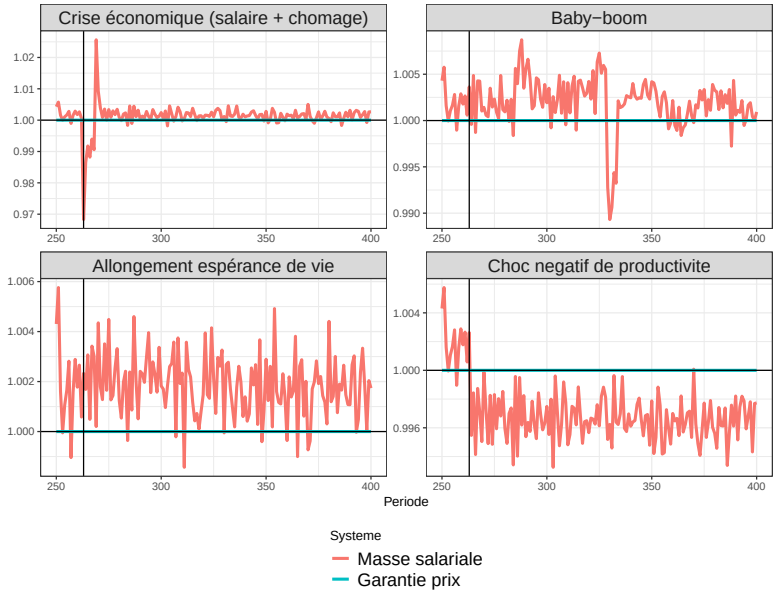
NOTE : Ce graphique présente l'évolution du ratio pensions/salaires (haut), du coefficient de conversion (milieu) et du taux de revalorisation des pensions (bas) pour un système en masse salariale (en rouge) et un système en garantie prix (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE 3.10 – Différence de ratio masse des pensions / salaires en cas de choc, masse salariale vs. garantie prix



NOTE : Ce graphique présente la différence du ratio pensions/salaires (avec choc - sans choc) pour un système masse salariale (en rouge) et un système garantie prix (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

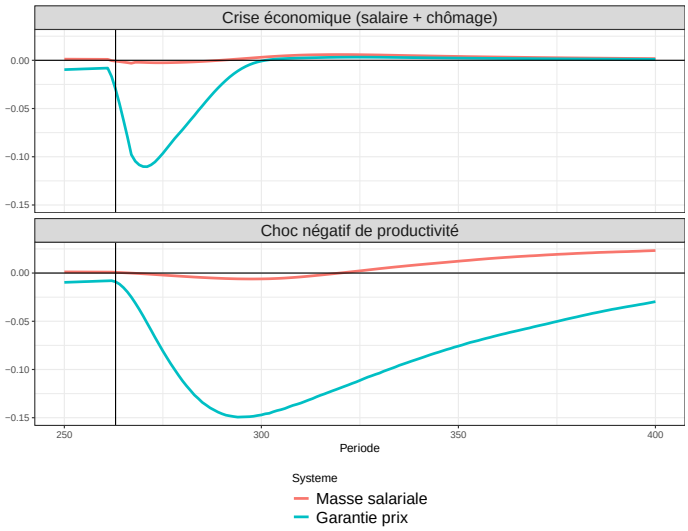
FIGURE 3.11 – Revalorisation des pensions en cas de choc, masse salariale vs. garantie prix



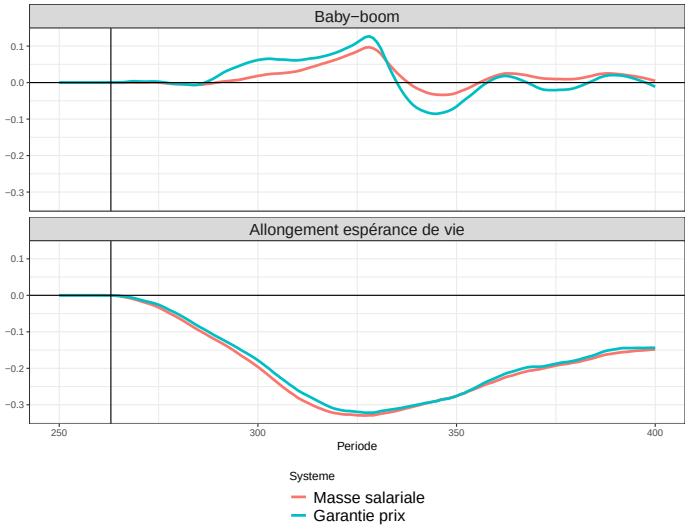
NOTE : Ce graphique présente, pour les différents chocs considérés, l'évolution de la revalorisation des pensions pour un système masse salariale (en rouge) et un système garantie prix (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE 3.12 – Dette accumulée en cas de choc, masse salariale vs. garantie prix

(a) Chocs économiques



(b) Chocs démographiques



NOTE : Ce graphique présente, pour les différents chocs considérés, la dette cumulée à chaque date pour un système masse salariale (en rouge) et un système garantie prix (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

Effet de la fenêtre considérée pour l'anticipation de *n* et *g*

Lorsque les pensions sont revalorisées en fonction des prix, une bonne anticipation du rendement pour l'année t permet de verser des pensions liquidées reflétant

l'évolution de n et g de la même année, via le coefficient de conversion. Lorsqu'une baisse de la masse salariale n'est pas anticipée, le coefficient de conversion sera trop élevé l'année t, ce qui aura un impact à long terme sur l'équilibre du système : une pension à liquidation initialement trop élevée ne peut être ajustée par la suite.

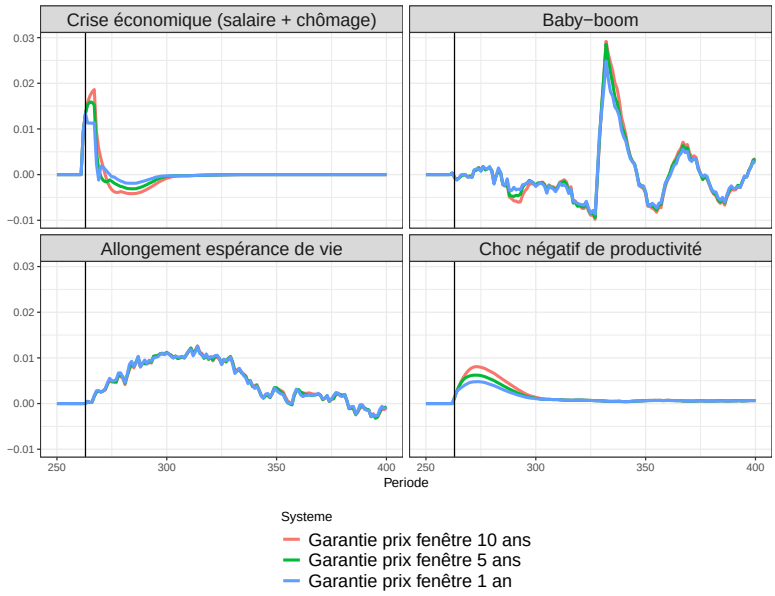
Dans les cas présentés jusqu'ici, l'anticipation de la croissance de la masse salariale était réalisée sur la base de la croissance de cet agrégat durant les 10 années précédentes. Plus la période considérée est longue, plus le bruit statistique de la croissance de la masse salariale est gommé, ce qui doit permettre une anticipation plus juste. En revanche, un choc conjoncturel ne sera pris en compte que 10 ans après la réalisation du choc, période pendant laquelle la revalorisation appliquée aux pensions liquidées sera trop élevée par rapport à la véritable croissance de la masse salariale. À l'inverse, une fenêtre courte pour anticiper une future baisse de n et g présente l'avantage d'ajuster le coefficient de conversion plus rapidement après la réalisation du choc, mais induit une prédiction beaucoup plus bruitée.

La figure 3.13 présente, pour chaque choc, la différence du ratio masse des pensions sur salaires entre les situations avec et sans choc. Il s'agit d'un système garantie prix avec une fenêtre différente pour anticiper l'évolution de la masse salariale. Les chocs de nature économique sont sensibles à la fenêtre considérée pour anticiper la croissance de n et g : lorsqu'elle prend en compte les 10 dernières années, le ratio masse des pensions sur salaires s'éloigne quasiment deux fois plus de la situation sans choc par rapport à une fenêtre d'indexation basée sur l'année précédente uniquement. Une fenêtre plus importante induit d'autre part un temps ajustement plus long par rapport à une fenêtre plus réduite. Les chocs de nature démographique sont beaucoup moins sensibles à ce paramètre puisque l'allongement de l'espérance de vie n'affecte pas la croissance de la masse salariale, tandis qu'un baby-boom l'affecte de façon marginale.

Si une fenêtre réduite pour anticiper l'évolution de la masse salariale permet un

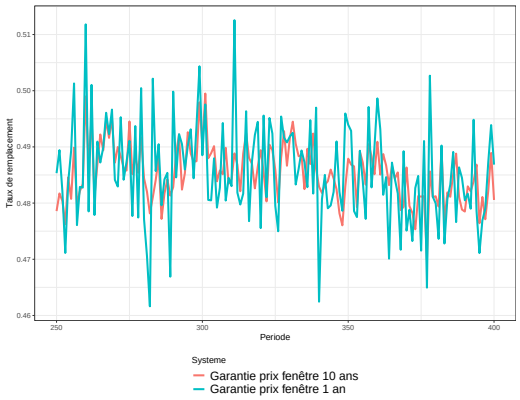
ajustement plus rapide en cas de choc, elle induit en revanche une variation importante de la pension à liquidation. La figure 3.14 montre qu'en l'absence de choc le taux de remplacement a une variance plus élevée lorsque la fenêtre est fixée à un an, par rapport à une fenêtre de 10 ans. Il y a donc bien, dans le choix de la fenêtre pour anticiper l'évolution de la masse salariale avec une garantie d'indexation prix, un arbitrage entre la stabilité financière (ajustement plus ou moins rapide aux chocs) et la volatilité du taux de remplacement d'une année à l'autre. On notera que dans un système avec revalorisation sur la masse salariale (section 3.1), cet arbitrage n'est pas pertinent dans la mesure où le coefficient de conversion ne dépend que de s, qui est dans notre cas fixé à 1,5 %.

FIGURE 3.13 – Différence du ratio de pensions / salaires en cas de choc selon le type de fenêtre utilisée, système garantie prix



NOTE : Ce graphique présente, pour les différents chocs considérés, la différence (avec choc - sans choc) du ratio pensions/salaires, pour un système garantie prix avec fenêtre de calcul basée sur les 10 dernières années (en rouge), les 5 dernières années (en vert), ou l'année précédente (en bleu)
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE 3.14 – Taux de remplacement en l'absence de choc selon le type de fenêtre utilisée, système garantie prix



NOTE : Ce graphique présente le taux de remplacement dans le scénario de base sans choc, pour un système garantie prix avec une fenêtre de calcul du rendement anticipé basée sur les 10 dernières années (en rouge) ou l'année précédente (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

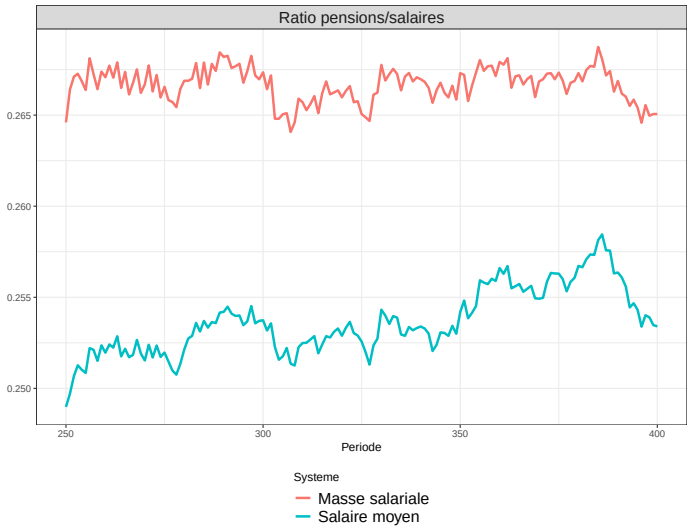
3.3 Indexation sur le salaire moyen

Arbitrage masse salariale / salaire moyen. Comme mentionné dans la partie 1.4, différentes raisons peuvent conduire à préférer utiliser le salaire moyen plutôt que la masse salariale pour indexer la valeur d'achat des points et la revalorisation des pensions liquidées. Ce choix a cependant une conséquence directe sur la résilience du système : les changements affectant le nombre de cotisants – chocs démographiques, ou chocs de chômage par exemple – ne seront pas pris en compte de manière automatique dans le système. La simple indexation sur la base du salaire moyen pourrait donc rendre le système moins résilient à ce type de choc, ce qui nécessiterait l'ajout d'un facteur correcteur additionnel. Nous comparons dans cette partie le système masse salariale à un système qui prend pour référence le taux de croissance du salaire moyen pour la revalorisation de la valeur d'achat et le calcul de la pension.

Scénario de référence. Nous comparons d'abord les différents systèmes étudiés dans le scénario de référence, en l'absence de chocs (figure 3.15). Le choix du système salaire moyen conduit à une part des dépenses de retraites plus faibles que dans le cas du système masse salariale[3]. Cela découle naturellement de nos hypothèses de simulation qui prévoient un taux de croissance de la population n positif et un taux de croissance des salaires moyen g égal à 1,5 %. La croissance de la valeur d'achat et le taux de taux de revalorisation des pensions sont donc supérieurs avec le système masse salariale, car $(1+g)(1+n) > 1+g$. En pratique bien sûr, faire le choix d'un système salaire moyen n'implique pas de faire des excédents structurels importants dès lors que la croissance de la population est positive. Cet excédent pourrait donc être redistribué, sous forme de pension plus importante (à liquidation ou en revalorisation additionnelle de pension).

3. Si la part des dépenses de retraite est plus faible dans le système salaire moyen, les ratios pensions / salaires évoluent de façon proportionnelle dans les deux systèmes. On notera cependant qu'à partir de la période 240 la pente du ratio est plus importante dans le système salaire moyen. Cette différence s'explique par la hausse du ratio démographique à cette période dans nos simulations (figure 2.1b). Il faut d'ailleurs souligner que si la taille de l'échantillon était plus élevée, le ratio démographique serait beaucoup plus stable. Cette légère hausse est prise en compte dans le système masse salariale mais pas dans le système salaire moyen, d'où une hausse de la masse des pensions par rapport aux salaires dans ce cas.

FIGURE 3.15 – Ratio masse des pensions / salaires en l'absence de choc, système masse salariale vs. système salaire moyen



NOTE : Ce graphique présente l'évolution du ratio pensions/salaires pour un système masse salariale (en rouge) et un système salaire moyen (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

Réalisation des chocs. Nous comparons ensuite la résilience des différents systèmes aux chocs économiques et démographiques étudiés précédemment. La figure 3.16 présente la différence entre le ratio masse des pensions / masse salariale simulé en présence de choc et dans le scénario de référence. Comme attendu, les différents systèmes réagissent de manière identique à un changement dans la productivité de long terme, car seule la croissance du salaire moyen est modifiée par ce choc.

En revanche, des différences notables sont observées dès lors que le choc considéré modifie la masse salariale : en cas de choc économique de court terme sur les salaires et le taux de chômage, le système masse salariale intègre rapidement la baisse de n et g, ce qui implique une variation moindre du ratio masse des pensions / masse des salaires par rapport à une situation sans choc. Dans un système salaire moyen, la masse des pensions augmente plus fortement car cette diminution n'est

qu'en partie prise en compte [4]. La figure 3.17 souligne en effet que la valeur d'achat des points et le taux de revalorisation des pensions liquidées restent relativement stables.

De façon similaire, en cas de baby-boom, la hausse induite de n et g n'est pas prise en compte dans le système en salaire moyen : le système est excédentaire lorsque la masse des cotisations est supérieure à celle des pensions, puis en déficit lorsque les baby-boomers prennent leur retraite. Au final, l'ajustement mène à un système en excédent [5]. De façon similaire au système masse salariale, le choc d'allongement de l'espérance de vie n'est pas immédiatement intégré dans le système salaire moyen. Inclure un correcteur démographique permet dans ce cas de prendre en compte la part croissante des individus de plus de 60 ans et d'ajuster de façon plus rapide le système (voir annexe D page 103).

Mécanismes d'ajustement envisagés. Le système salaire moyen permet donc un ajustement moins immédiat en cas de choc. La mise en place d'un correcteur démographique semble pertinente pour prendre en compte les variations du nombre de retraités et d'actifs dans la population, tout en conservant les avantages d'un tel système. Il permet en effet de lisser le montant des pensions versées et d'assurer l'égalité entre les droits cotisés et les droits de pension, quelle que soit l'année de cotisation.

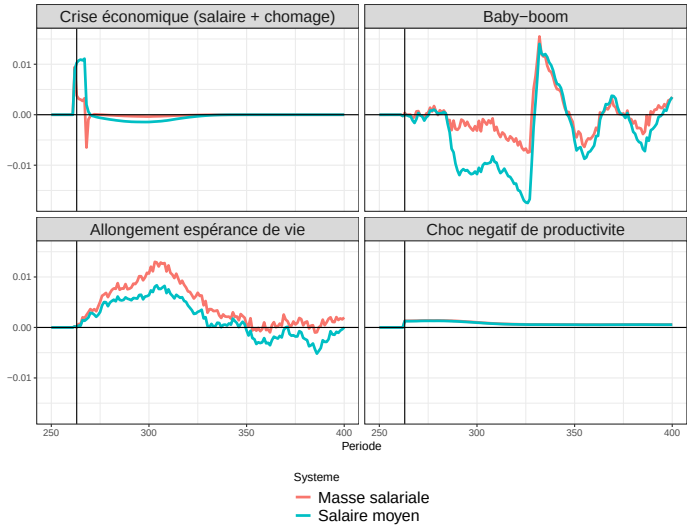
Une autre solution plus globale a été mise en place en Suède. Elle consiste à calculer à chaque période un indicateur de soutenabilité du système (un ratio actifs / passifs). Lorsque les actifs sont inférieurs aux dettes du système, le mécanisme de stabilisateur automatique est mis en place, de sorte à ralentir la croissance des niveaux de pension à liquidation et leur revalorisation. Lorsque le système est stabilisé, les droits accumulés et la revalorisation des pensions se font à une vitesse plus

4. La figure B.3 en annexe B montre qu'en cas de baisse des salaires les deux systèmes s'ajustent de la même façon, tandis qu'en cas de hausse temporaire du chômage le système salaire moyen ne prend pas en compte le choc.

5. La table 3.3a détaille les effets cumulés de chacun des mécanismes d'ajustement (section 3.4).

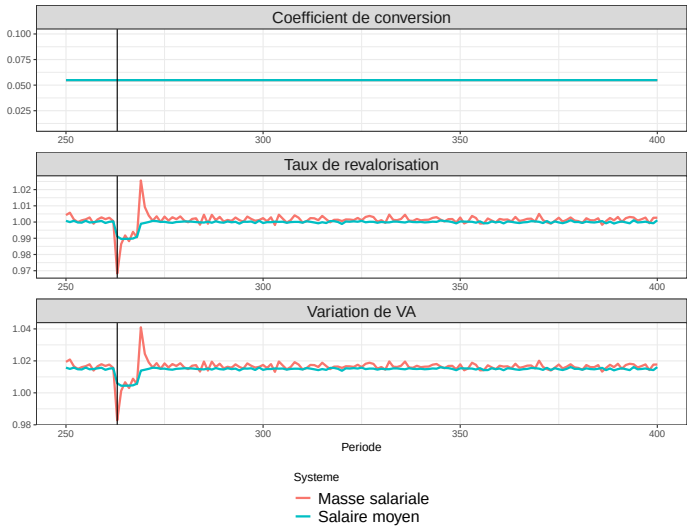
soutenue que la croissance du salaire moyen. Ce processus de rattrapage permet aux pensions d'atteindre le niveau qu'elles auraient eu en l'absence d'activation du stabilisateur automatique.

FIGURE 3.16 – Différence de ratio masse des pensions / salaires en cas de choc, système masse salariale vs. système salaire moyen



NOTE : Ce graphique présente, pour les différents chocs considérés, la différence (avec choc - sans choc) du ratio masse des pensions / salaires, pour des systèmes masse salariale (en rouge) et salaire moyen (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE 3.17 – Mécanismes d'ajustement en cas crise économique de court terme, système masse salariale vs. système salaire moyen



NOTE : Ce graphique présente, pour le cas d'un choc économique de court terme, les différents leviers d'ajustement pour les systèmes masse salariale (en rouge) et salaire moyen (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

3.4 Discussion

Résumé des principaux résultats

Le tableau 3.3 présente, pour l'ensemble des systèmes simulés et des chocs envisagés, deux agrégats susceptibles de résumer les résultats présentés précédemment sur le plan de l'équilibre du système. Nous présentons tout d'abord (panel 3.3a) le cumul de l'écart entre le scénario avec choc et le scénario de référence pour le ratio masses de salaires / masse des pensions. Il s'agit donc de l'intégrale des courbes de la figure 3.16 (par exemple). Nous interprétons cet indicateur de la manière suivante : plus celui-ci est bas, plus le choc a été absorbé par le système, éventuellement à long terme, si les déficits et les excédents successifs se compensent. Le deuxième indicateur (panel 3.3b) est la somme de la valeur absolue de la différence. Il mesure donc les écarts totaux dans le ratio masse des pensions / masse des salaires, et donc l'amplitude des besoins d'ajustement supplémentaires pour pa-

lier des déficits ou des excédents – éventuellement temporaires – pour l'absorption des chocs. Le tableau 3.4 résume ensuite les résultats précédents liés au niveau de pension versé dans chaque système. Nous présentons la part de revalorisations des pensions inférieures à l'inflation dans chaque système (panel 3.4a) ainsi que le taux de revalorisation moyen lorsqu'elle est effectivement sous l'inflation (panel 3.4b). L'annexe E (page 109) compare enfin les taux de rendement interne de chaque génération selon les systèmes envisagés. Ces informations permettent ainsi d'évaluer dans quelle mesure les pensions sont revalorisées à un taux inférieur à l'inflation chaque année et avec quelle ampleur sur la période qui suit la crise.

Nous confirmons ainsi les principaux résultats établis tout au long de l'étude, que l'on peut résumer ainsi :

- Le système masse salariale est celui qui s'ajuste le mieux à l'ensemble des chocs testés. Comme attendu, l'utilisation du rendement d'équilibre du système, conjuguée à la prise en compte de l'espérance de vie dans le coefficient de conversion, réduit fortement la sensibilité du système.
- Le système garantie prix s'ajuste également à la réalisation des chocs, avec des écarts légèrement plus importants. Les déséquilibres de long terme (non compensés) sont plus importants pour les chocs permanents de productivité, du fait du délai d'ajustement lié à l'utilisation d'une revalorisation fixe. L'amplitude totale des déséquilibres cumulés est aussi largement supérieure, du fait, en cas de de choc, de l'écart entre les rendements anticipés et donc promis et les rendements effectifs.
- On retrouve avec le système salaire moyen les propriétés d'équilibre d'un système piloté par le rendement quand les chocs modifient la croissance du salaire. En revanche, le système ne s'ajuste pas mieux que le système actuel aux modifications du taux de croissance de la population active (chômage, fécondité).

- Le systèmes masse salariale ou salaire moyen induisent des périodes où les pensions sont revalorisées à un niveau inférieur à l'inflation. Le nombre de revalorisations sous l'inflation et leur ampleur varie selon l'indexation choisie et le type de choc : un choc sur la productivité affecte la revalorisation des pensions dans les deux systèmes, tandis qu'un choc démographique induit a un effet plus conséquent dans le système masse salariale.
- Quelle que soit l'indexation considérée, la revalorisation des pensions est continuellement inférieure à l'inflation dans les deux systèmes en cas de choc permanent sur le niveau de productivité, puisque le mécanisme d'avance sur pension qu'ils intègrent est inchangé suite à la baisse du taux de croissance de la productivité.

TABLEAU 3.3 – Résumé des résultats : effet cumulé des chocs

(a) **Effet cumulé des chocs**

	Système actuel	Masse salariale	Garantie prix	Salaire moyen
Crise chômage	0,03	0,00	0,01	0,00
Crise salaire	0,40	0,01	0,01	0,01
Crise salaire + chômage	0,43	0,01	0,02	0,01
Choc productivité LT négatif	4,76	0,12	0,25	0,11
Choc productivité LT positif	-4,11	-0,12	-0,23	-0,11
Choc fécondité LT négatif	1,95	0,12	0,18	1,89
Choc fécondité LT positif	-1,72	-0,13	-0,17	-1,71
Baby-boom	-0,44	-0,05	-0,01	-0,48
Hausse espérance de vie	8,52	0,59	0,58	0,21

(b) **Effet cumulé des chocs en valeur absolue**

	Système actuel	Masse salariale	Garantie prix	Salaire moyen
Crise chômage	0,08	0,02	0,10	0,10
Crise salaire	0,41	0,03	0,18	0,03
Crise salaire + chômage	0,44	0,04	0,21	0,12
Choc productivité LT négatif	4,77	0,12	0,25	0,11
Choc productivité LT positif	4,11	0,12	0,23	0,11
Choc fécondité LT négatif	1,96	0,25	0,33	1,91
Choc fécondité LT positif	1,73	0,20	0,28	1,71
Baby-boom	0,89	0,42	0,66	0,84
Hausse espérance de vie	8,52	0,62	0,63	0,46

NOTE : Ce tableau présente le cumul de l'écart entre le scénario avec choc et le scénario de référence pour le ratio masses de salaires / masse des pensions (panel a) et la somme des valeurs absolues de ces différences (panel b).
SOURCE: PensIPP 0.1.

TABLEAU 3.4 – Résumé des résultats : revalorisations inférieures à l'inflation

(a) **Part de revalorisations des pensions inférieures à l'inflation**

	Système actuel	Masse salariale	Garantie prix	Salaire moyen
Crise chômage	0,00	0,06	0,00	0,02
Crise salaire	0,00	0,09	0,00	0,07
Crise salaire + chômage	0,00	0,09	0,00	0,08
Choc productivité LT négatif	0,00	0,92	0,00	0,99
Choc productivité LT positif	0,00	0,00	0,00	0,00
Choc fécondité LT négatif	0,00	0,27	0,00	0,01
Choc fécondité LT positif	0,00	0,01	0,00	0,00
Baby-boom	0,00	0,09	0,00	0,11
Hausse espérance de vie	0,00	0,01	0,00	0,01

(b) **Revalorisation moyenne des pensions lorsqu'elle est inférieure à l'inflation**

	Masse salariale	Salaire moyen
Crise chômage	-0,0054	-0,0011
Crise salaire	-0,0058	-0,0087
Crise salaire + chômage	-0,0095	-0,0077
Choc fécondité LT négatif	-0,0018	-0,0013
Choc fécondité LT positif	-0,0013	
Baby-boom	-0,0050	-0,0024
Hausse espérance de vie	-0,0014	-0,0011
Choc productivité LT négatif	-0,0036	-0,0049

NOTE : Ce tableau présente la part de revalorisations des pensions inférieures à l'inflation durant la période qui suit le choc (panel a) et la revalorisation moyenne des pensions lorsque le taux de revalorisation est sous l'inflation (panel b).
LECTURE : Dans un système masse salariale, 27% des périodes qui suivent un choc de fécondité négatif de long terme observent une revalorisation sous l'inflation. Durant la période qui suit le choc, la revalorisation moyenne des pensions est de -1,8 % si l'on considère uniquement les périodes où la revalorisation des pensions est inférieure à l'inflation .
SOURCE: PensIPP 0.1.

Conclusion

Cette étude a simulé plusieurs variantes de systèmes de retraite en points afin d'évaluer dans quelle mesure différentes règles de pilotage permettent de garantir ou non la soutenabilité du système et les garanties offertes aux assurés, actifs comme retraités.

Les simulations ont consisté à soumettre les systèmes de retraite étudiés à des chocs démographiques (hausse de l'espérance de vie, hausse ou baisse de la fécondité, etc.) et des chocs économiques (crise économique, baisse durable de la productivité, etc.). Ces tests de résistance du système de retraite, ou *stress test* pour reprendre la terminologie des tests de solidité du système bancaire, mettent en évidence à la fois la capacité de tous les systèmes en points étudiés à s'ajuster aux chocs pour permettre de garantir la solvabilité du système de retraite, mais aussi les arbitrages auxquels devra faire face le législateur.

Le premier choix important est le choix de l'indexation de la valeur d'achat du point. Plusieurs arguments poussent en faveur de l'indexation de la valeur d'achat sur la croissance des salaires. Cela permet de garantir que les cotisations donnent des droits à la retraite similaires quelle que soit la période de cotisation, et cela correspond au rendement du système par répartition (hors gains de croissance démographique). Légiférer sur l'indexation de la valeur d'achat permettrait d'éviter la tentation d'un régime en points de dévaloriser l'accumulation des droits avec une indexation inférieure à la croissance des salaires.

Les choix d'indexation des pensions sont plus ouverts. Il existe un arbitrage im-

portant entre faire peser l'ajustement des chocs sur la revalorisation des retraites, ou sur les conditions à la liquidation. L'option de la garantie prix de la revalorisation des pensions fait tout peser sur les conditions à la liquidation, ce qui induit plus de variance dans celles-ci. A l'inverse, maintenir constant le coefficient de conversion quel que soit le niveau de productivité constaté est impossible dans le cas d'une baisse durable de la croissance. Une option de pilotage intéressante serait alors de mixer les deux options, en permettant une évolution lente du coefficient de conversion en fonction de la croissance anticipée, et tout en permettant des ajustements limités de la revalorisation des pensions.

Il est important de souligner qu'il existe aussi un arbitrage entre le risque de revalorisation des pensions inférieures à l'inflation et le degré d'avance sur pension. Plus le législateur souhaite offrir de garanties sur la revalorisation des pensions, moins l'avance sur pension doit être importante afin de laisser une marge de manœuvre à l'ajustement des chocs. Choisir une avance de pension plus faible, en contrepartie d'une revalorisation plus dynamique en moyenne que le niveau de l'inflation, permet d'offrir plus de garanties que les pensions seront revalorisées au-delà de l'inflation.

Enfin, ces simulations soulignent toutes que quel que soit les règles d'indexation choisies, l'adaptation du système n'est jamais immédiate, et cela plaide pour définir un fonds de réserves du système dont la raison d'être serait de pouvoir lisser des chocs temporaires.

Annexes

Cette partie présente des informations complémentaires au rapport : l'annexe A inclut les développements conduisant à certaines équations illustrant les principes de pilotage du système. Nous présentons ensuite dans l'annexe B les résultats des simulations de chocs qui n'ont pas été présentés dans le corps du rapport : des chocs de court terme sur le taux de chômage ou sur le salaire moyen, un choc de productivité positif symétrique au choc négatif présenté dans le corps du rapport, ainsi que des chocs positifs et négatifs de long terme touchant le taux de fécondité. L'annexe C détaille les différences de coefficient de conversion liées au type d'espérance de vie considéré, l'espérance de vie du moment ou celle de la génération. Dans l'annexe D, nous explorons la possibilité d'ajouter un correcteur démographique au système salaire moyen, sans toutefois apporter de réponse définitive sur la forme exacte qu'il doit prendre. Enfin, nous comparons dans l'annexe E les taux de rendement interne dans chaque système envisagé afin de détailler l'ampleur de la redistribution opérée.

Annexe A

Principes de pilotage, calculs

A.1 Calcul de la valeur actualisée espérée du flux de pension

On obtient le coefficient de conversion issue de la neutralité actuarielle en égalisant la valeur des points au moment du départ à la retraite à la valeur actualisée espérée des flux de pension versés $\tilde{V}_{it}$. Elle est obtenue par induction inverse. On définit par $\overline{a}$ l'âge maximal ($\tilde{S}(\overline{a}) = 0$). Pour un individu partant à la retraite à l'âge b et à la période t, la valeur à la dernière période ($\tilde{V}_{i,t-b+\overline{a}}$) est égale à la dernière pension versée :

$$\tilde{V}_{i,t-b+\overline{a}}(b) = R_{i,t-b+\overline{a}}(b) \tag{A.1}$$

À cette condition terminale, s'ajoute la récursion. À la période précédente la valeur $\tilde{V}_{t-b+\overline{a}-1}$ est donnée par la somme de la pension versée à cette période et de l'espérance actualisée de pension versée à la période suivante :

$$\tilde{V}_{i,t-b+\overline{a}-1}(b) = R_{i,t-b+\overline{a}-1}(b) + \frac{\tilde{S}(\overline{a}-1)}{1+r_{t-b+\overline{a}-1}}\tilde{V}_{i,t-b+\overline{a}}(b) \tag{A.2}$$

$$= R_{i,t-b+\overline{a}-1}(b) + \frac{\tilde{S}(\overline{a}-1)}{1+r_{t-b+\overline{a}-1}}R_{i,t-b+\overline{a}}(b) \tag{A.3}$$

On obtient la valeur à liquidation par récurrence :

$$\tilde{V}_{i,t}(b) = R_{i,t}(b) + \sum_{\tau=1}^{\bar{a}-b} R_{i,t+\tau}(b) \prod_{j=t}^{t+\tau-1} \frac{\tilde{S}(b-t+j)}{1+r_j} \tag{A.4}$$

$$= R_{i,t}(b) + \sum_{\tau=1}^{\bar{a}-b} R_{i,t+\tau}(b) S(b+\tau|b) \prod_{j=t}^{t+\tau-1} \frac{1}{1+r_j} \tag{A.5}$$

A partir de $S(b+\tau-1|b)$, la survie à l'âge $b+\tau-1$ conditionnelle à être en vie en b. On remarque en effet l'égalité :

$$S(b+\tau|b) = \prod_{j=b}^{b+\tau-1} \tilde{S}(j+\tau) = \frac{S(b+\tau)}{S(b)} \tag{A.6}$$

On remplace dans cette expression la valeur de $R_{t+\tau}$ obtenue à partir de (1.6) :

$$\tilde{V}_{i,t}(b) = R_{i,t}(b) + \sum_{\tau=1}^{\bar{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)} \frac{R_{i,t+\tau}(b)}{\prod_{j=t}^{t+\tau-1} 1+r_\tau} \tag{A.7}$$

$$= R_{i,t}(b) \left[1 + \sum_{\tau=1}^{\bar{a}-b} \frac{S(b+\tau)}{S(b)} \prod_{j=t}^{t+\tau-1} \frac{1+\tilde{r}_\tau}{1+r_\tau} \right] \tag{A.8}$$

A.2 Équilibre du système

Nous supposons ici que l'ensemble de l'hétérogénéité individuelle se résume à l'hétérogénéité par âge.

Structure par âge de la population Le nombre de naissances à la date t est donné par la variable $N_t(0)$. Le taux de croissance démographique entre les dates t et $t+1$ est donné par n_t. On a donc à chaque date t le nombre de naissances :

$$N_t(0) = (1+n_{t-1})N_{t-1}(0) = N_0(0) \prod_{\tau=0}^{t-1} (1+n_\tau) \tag{A.9}$$

Après la naissance, les individus sont caractérisés par une fonction de survie $S(a)$ qui donne la probabilité d'avoir survécu au moins jusque l'âge a. A partir des éléments précédents, on obtient la structure par âge de la population à la date t :

$$N_t(a) = S(a)N_{t-a}(0) \tag{A.10}$$

$$= S(a)N_0(0) \prod_{\tau=0}^{t-a-1} (1+n_\tau) \tag{A.11}$$

qui peut également être caractérisée en fonction de la cohorte naissante $N_t(0)$:

$$N_t(a) = S(a)N_t(0)\left[\prod_{\tau=t-a}^{t-1}(1+n_\tau)\right]^{-1}$$

Comportements de départs en retraite On définit par $\delta(a)$ la probabilité de partir à la retraite à l'âge a. La probabilité d'être à la retraite pour un individu d'âge a, $\pi(a)$, est donc donnée comme la somme des probabilités de partir avant l'âge a :

$$\pi(a) = \sum_{j=\underline{a}}^{a}\delta(j) \tag{A.12}$$

où $\underline{a}$ est l'âge d'entrée sur le marché du travail. On définit par ailleurs $\overline{a}$ l'âge maximal de survie.

Les cotisations A la date t, les cotisations d'une classe d'âge a, dépendent des salaires touchées par cette classe d'âge $w_t(a)$ et du taux de cotisation θ_t. Le taux de croissance des salaires (et par extension de l'économie) entre les dates t et $t+1$ est noté g_t. Le salaire $w_t(a)$ est donc donné par la structure du salaire par âge initiale $w_0(a)$ et la croissance passée :

$$w_{t+1}(a) = w_0(a)\prod_{\tau=0}^{t}(1+g_\tau) \tag{A.13}$$

La somme des cotisations à la période t est donnée par :

$$\begin{aligned}
C_t &= \sum_{a=\underline{a}}^{\overline{a}} N_t(a)(1-\pi(a))\theta_t w_t(a) && \text{(A.14)}\\
&= \theta_t \sum_{a=\underline{a}}^{\overline{a}} N_t(a)(1-\pi(a))w_t(a) && \text{(A.15)}\\
&= \theta_t \sum_{a=\underline{a}}^{\overline{a}} N_t(a)(1-\pi(a))w_0(a)\prod_{\tau=0}^{t-1}(1+g_\tau) && \text{(A.16)}\\
&= N_t(0)\theta_t \sum_{a=\underline{a}}^{\overline{a}} w_0(a)S_t(a)(1-\pi(a))\frac{\prod_{\tau=0}^{t-1}(1+g_\tau)}{\prod_{\tau=t-a}^{t-1}(1+n_\tau)} && \text{(A.17)}
\end{aligned}$$

Les retraites Les salaires étant déterminés en fonction des profils par âge et du taux de croissance de l'économie, les retraites de deux individus nés et partis à la retraite la même année sont identiques. On définit par $R_t(a,b)$ la retraite en t d'un individu d'âge a_{it}, ayant liquidé ses droits à l'âge b_i. Cette retraite est fonction des

points cumulés au moment du départ à la retraite $K_{i,t-a_{it}+b_i-1}$:

$$K_{i,t-a_{it}+b_i-1} = \sum_{j=\underline{a}}^{b_i-1} \frac{\theta_{t-a_{it}+j} w_{t-a_{it}+j}(j)}{VA_{t-a_{it}+j}} \tag{A.18}$$

$$= \sum_{j=\underline{a}}^{b_i-1} \frac{\theta_{t-a_{it}+j} w_0(j) \prod_{\tau=0}^{t-a_{it}+j-1}(1+g_\tau)}{VA_0 \prod_{\tau=0}^{t-a_{it}+j-1}(1+r_\tau)} \tag{A.19}$$

$$= \frac{1}{VA_0} \sum_{j=\underline{a}}^{b_i-1} \theta_{t-a_{it}+j} w_0(j) \prod_{\tau=0}^{t-a_{it}+j-1} \frac{1+g_\tau}{1+r_\tau} \tag{A.20}$$

La retraite est donnée en multipliant ce nombre de points par le coefficient de conversion et la valeur d'achat au moment du départ à la retraite $VA_{t-a_{it}+b_i} c_t(b_i)$, et en revalorisant les retraites entre la date du départ $t - a_{it} + b_i$ et t :

$$R_{i,t} = K_{i,t-a_{it}+b_i-1} \, VA_{t-a_{it}+b_i} c_t(b_i) \prod_{k=t-a_{it}+b_i}^{t-1} (1+\tilde{r}_k) \tag{A.21}$$

L'hétérogénéité individuelle se résumant ici à l'âge à la date et l'âge de départ à la retraite. Nous pouvons simplifier plusieurs notations. Les points cumulés par l'individu au moment de leur liquidation à l'âge b et qui atteint l'âge a à la date t est noté $K_{i,t-a_{it}+b_i-1} = K_t(a,b)$ et la retraite perçue par cet individu à la période t est notée $R_{i,t} = R_t(a,b)$.

Le total des retraites distribuées à la période t est ainsi obtenu en pondérant les retraites par les effectifs :

$$B_t = \sum_{a=\underline{a}}^{\overline{a}} N_t(a) \sum_{b=\underline{a}}^{a} \delta(b) R_t(a,b) \tag{A.22}$$

$$= \sum_{a=\underline{a}}^{\overline{a}} \frac{N_t(0) S(a)}{\prod_{\tau=t-a}^{t-1}(1+n_\tau)} \sum_{b=\underline{a}}^{a} \delta(b) R_t(a,b) \tag{A.23}$$

Stationnarité L'ensemble des équations est difficilement simplifiable en l'état. On peut cependant les simplifier en faisant des hypothèses de stationnarité : $\forall\, t :\ n_t = n$, $g_t = g$. On fixe également le taux de cotisation $\theta_t = \theta$, le taux de croissance de la valeur d'achat $r_t = r$, et de la revalorisation $\tilde{r}_t = \tilde{r}$. Le ratio valeur d'achat, valeur de service est alors constant dans le temps et ne dépend que de l'âge de départ à la retraite, $c_t(b) = c(b)$. Le volume de cotisations total se simplifie alors de la manière

suivante :

$$C_t = N_t(0)\theta_t \sum_{a=\underline{a}}^{\overline{a}} w_0(a) S_t(a)(1-\pi(a)) \frac{\prod_{\tau=0}^{t-1}(1+g_\tau)}{\prod_{\tau=t-a}^{t-1}(1+n_\tau)} \tag{A.24}$$

$$= N_t(0)\theta \sum_{a=\underline{a}}^{\overline{a}} w_0(a) S(a)(1-\pi(a)) \frac{(1+g)^t}{(1+n)^a} \tag{A.25}$$

et le volume des pensions versées se simplifie également :

$$B_t = \sum_{a=\underline{a}}^{\overline{a}} \frac{N_t(0)S(a)}{\prod_{\tau=t-a}^{t-1}(1+n_\tau)} \sum_{b=\underline{a}}^{a} \delta(b) R_t(a,b) \tag{A.26}$$

$$= N_t(0) \sum_{a=\underline{a}}^{\overline{a}} \frac{S(a)}{(1+n)^a} \sum_{b=\underline{a}}^{a} \delta(b) R_t(a,b) \tag{A.27}$$

avec :

$$R_t(a,b) = K_t(a,b)\, VA_{t-a+b} c(b)(1+\tilde{r})^{a-b} \tag{A.28}$$

$$= K_t(a,b)\, VA_0 (1+r)^{t-a+b} c(b)(1+\tilde{r})^{a-b} \tag{A.29}$$

$$= K_t(a,b)\, VA_0 (1+r)^{t} c(b) \left[\frac{1+\tilde{r}}{1+r}\right]^{a-b} \tag{A.30}$$

Et l'on peut également simplifier la valeur du nombre de points accumulés :

$$K_t(a,b) = \frac{1}{VA_0} \sum_{j=\underline{a}}^{b-1} \theta_{t-a+j} w_0(j) \prod_{\tau=0}^{t-a+j-1} \frac{1+g_\tau}{1+r_\tau} \tag{A.31}$$

$$= \frac{\theta}{VA_0} \sum_{j=\underline{a}}^{b-1} w_0(j) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^{t-a+j} \tag{A.32}$$

Ce qui simplifie la valeur de la pension $R_t(a,b)$:

$$R_t(a,b) = K_t(a,b)\, VA_0 (1+r)^{t} c(b) \left[\frac{1+\tilde{r}}{1+r}\right]^{a-b} \tag{A.33}$$

$$= \frac{\theta}{VA_0} \sum_{j=\underline{a}}^{b-1} w_0(j) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^{t-a+j} VA_0 (1+r)^{t} c(b) \left[\frac{1+\tilde{r}}{1+r}\right]^{a-b} \tag{A.34}$$

$$= \theta(1+g)^t \sum_{j=\underline{a}}^{b-1} w_0(j) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^{j-a} c(b) \left[\frac{1+\tilde{r}}{1+r}\right]^{a-b} \tag{A.35}$$

$$\tag{A.36}$$

Si l'on suppose à présent un comportement de départ à la retraite déterministe, l'ensemble des individus partant à la retraite à l'âge b unique, on a alors :

$$C_t = N_t(0)\theta(1+g)^t \sum_{a=\underline{a}}^{b-1} \frac{w_0(a)S(a)}{(1+n)^a} \tag{A.37}$$

$$B_t = N_t(0) \sum_{a=b}^{\overline{a}} \frac{S(a)}{(1+n)^a} R_t(a,b) \tag{A.38}$$

$$= N_t(0)\theta(1+g)^t c(b) \sum_{a=b}^{\overline{a}} \frac{S(a)}{(1+n)^a} \sum_{j=\underline{a}}^{b-1} w_0(j) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^{j-a} \left[\frac{1+\tilde{r}}{1+r}\right]^{a-b} \tag{A.39}$$

On peut à partir de ces formules déduire le coefficient de conversion c :

$$C_t = B_t \tag{A.40}$$

$$\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} \frac{w_0(a)S(a)}{(1+n)^a} = c(b) \sum_{a=b}^{\overline{a}} \frac{S(a)}{(1+n)^a} \sum_{j=\underline{a}}^{b-1} w_0(j) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^{j-a} \left[\frac{1+\tilde{r}}{1+r}\right]^{a-b} \tag{A.41}$$

$$= c(b) \left[\sum_{j=\underline{a}}^{b-1} w_0(j) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^{j}\right] \sum_{a=b}^{\overline{a}} \frac{S(a)}{(1+n)^a} \left[\frac{1+r}{1+g}\right]^{a} \left[\frac{1+\tilde{r}}{1+r}\right]^{a-b} \tag{A.42}$$

$$= c(b) \left[\frac{1+r}{1+\tilde{r}}\right]^{b-1} \left[\sum_{j=\underline{a}}^{b} w_0(j) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^{j}\right] \sum_{a=b}^{\overline{a}} S(a) \left[\frac{1+\tilde{r}}{(1+g)(1+n)}\right]^{a} \tag{A.43}$$

On a alors la formule suivante pour le coefficient de conversion d'équilibre :

$$c(b) \tag{A.44}$$

$$= \frac{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} \frac{w_0(a)S(a)}{(1+n)^a}}{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} w_0(a) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^a} \left[\frac{1+\tilde{r}}{1+r}\right]^b \left[\sum_{a=b}^{\overline{a}} S(a) \left[\frac{1+\tilde{r}}{(1+g)(1+n)}\right]^a\right]^{-1} \tag{A.45}$$

$$= \frac{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} \frac{w_0(a)S(a)}{(1+n)^a}}{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} w_0(a) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^a} \left[\frac{1+\tilde{r}}{1+r}\right]^b \left[\sum_{\tau=0}^{\overline{a}-b} S(b+\tau) \left[\frac{1+\tilde{r}}{(1+g)(1+n)}\right]^{b+\tau}\right]^{-1} \tag{A.46}$$

$$= \frac{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} \frac{w_0(a)S(a)}{(1+n)^a}}{\sum_{a=\underline{a}}^{b-1} w_0(a) \left[\frac{1+g}{1+r}\right]^a} \left[\frac{(1+g)(1+n)}{1+r}\right]^b \left[\sum_{\tau=0}^{\overline{a}-b} S(b+\tau) \left[\frac{1+\tilde{r}}{(1+g)(1+n)}\right]^{\tau}\right]^{-1} \tag{A.47}$$

Annexe B

Simulation de chocs additionnels

Nous présentons dans cette annexe les résultats de simulations de chocs additionnels, mentionnés dans la table 2.1 mais qui ne sont pas commentés en détails par soucis de concision. Les chocs suivants sont simulés :

- Chocs économiques : un choc de court terme touchant uniquement le taux de chômage, un autre touchant uniquement le salaire moyen, et un choc de productivité positif symétrique au choc négatif présenté dans le corps du rapport ;
- Chocs démographiques : des chocs positifs et négatifs de long terme affectant le taux de fécondité.

Les graphiques B.1 et B.2 comparent le système actuel avec le système masse salariale, en présentant la différence du ratio masses des pensions/ masses des salaires entre la simulation avec et sans choc. Les graphiques B.3 et B.4 présentent le même indicateur pour comparer les systèmes masse salariale et salaire moyen.

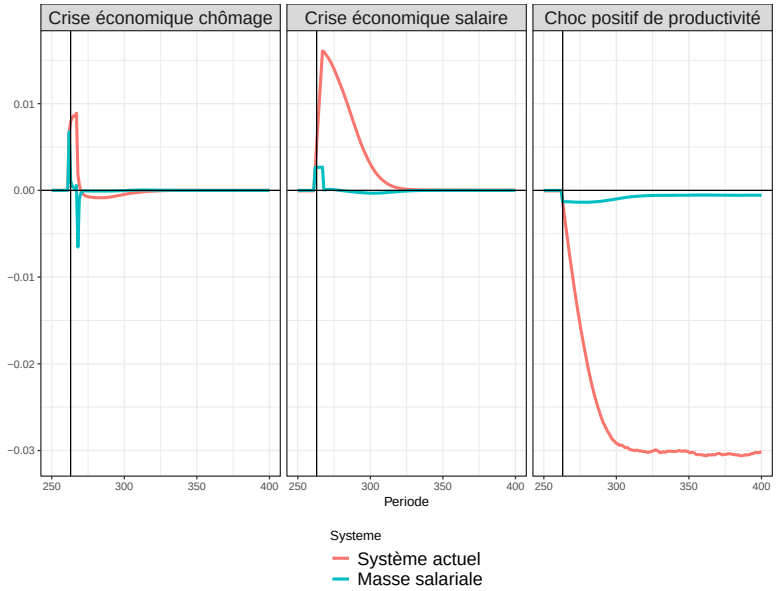
La simulation de chocs affectant uniquement le taux de chômage ou le salaire moyen à court terme (graphique B.1) permet notamment de décomposer les mécanismes à l'œuvre dans le scénario de crise économique de court terme présenté dans la partie 3.1. Dans le système actuel, la part des dépenses augmente mécaniquement via la baisse du nombre de cotisants ou des salaires (cet effet étant le plus

important), alors que le système masse salariale “absorbe” cette baisse, par les mécanismes décrits dans la partie 3 : une baisse de la valeur d’achat des points et une revalorisation des pensions inférieure à l’inflation. L’effet d’une hausse de la productivité de long terme a un effet complètement symétrique au scénario de baisse présenté dans le corps de l’étude : l’augmentation de la productivité est directement répercutée dans le système masse salariale (valeur d’achat et revalorisation des pensions liquidées plus dynamique), alors que dans le système actuel la part des pensions diminue car celles-ci augmentent moins vite que les salaires.

Nous simulons également l’effet de chocs sur la fécondité (graphique B.2). Une augmentation (resp. diminution) du taux de fécondité conduit à un rajeunissement (resp. vieillissement) de la population, qui diminue (resp. augmente) la part des dépenses de retraite relativement aux salaires. Dans le système actuel la part des dépenses de retraites est significativement modifiée avec ces chocs. Dans le système masse salariale, le changement du taux de fécondité est intégré dans l’évolution de la valeur d’achat et de l’indexation des pensions, qui dépend de la dynamique de la masse salariale. Même si l’ajustement n’est ni immédiat ni parfaitement symétrique, l’écart par rapport au scénario de référence est significativement réduit.

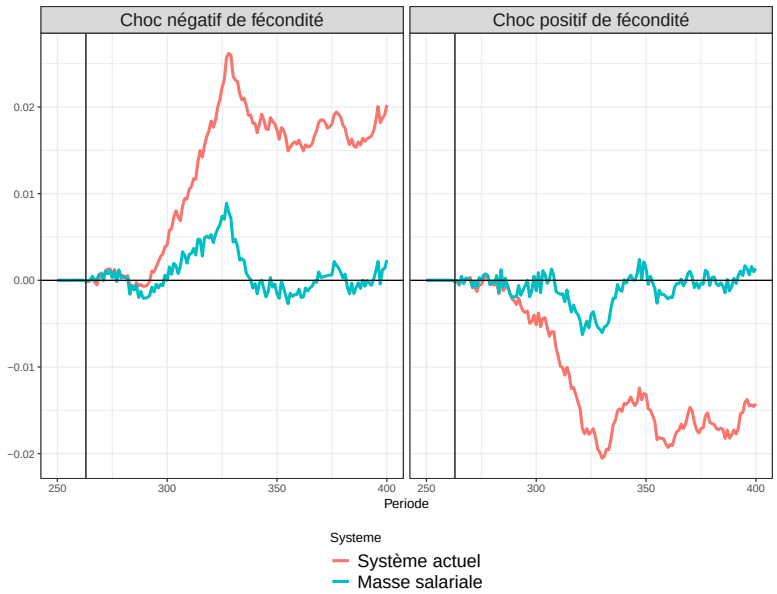
Les graphiques B.3 et B.4 comparent les systèmes masse salariale et salaire moyen. Comme attendu, les résultats sont identiques pour les chocs qui ne modifient pas le ratio économique (le rapport entre nombre de retraités et nombre d’actifs), à savoir les chocs transitoires et permanents sur la croissance du salaire moyen. En revanche, quand le ratio économique est affecté (en cas de choc de fécondité par exemple) le système en salaire moyen réagit de manière similaire au système actuel. Dans ce cas, un correcteur démographique peut être souhaitable pour prendre en compte la variation de la masse salariale (cf. annexe D).

FIGURE B.1 – Différence du ratio masse de pensions / masse de salaires en cas de choc économique, système actuel vs. système masse salariale



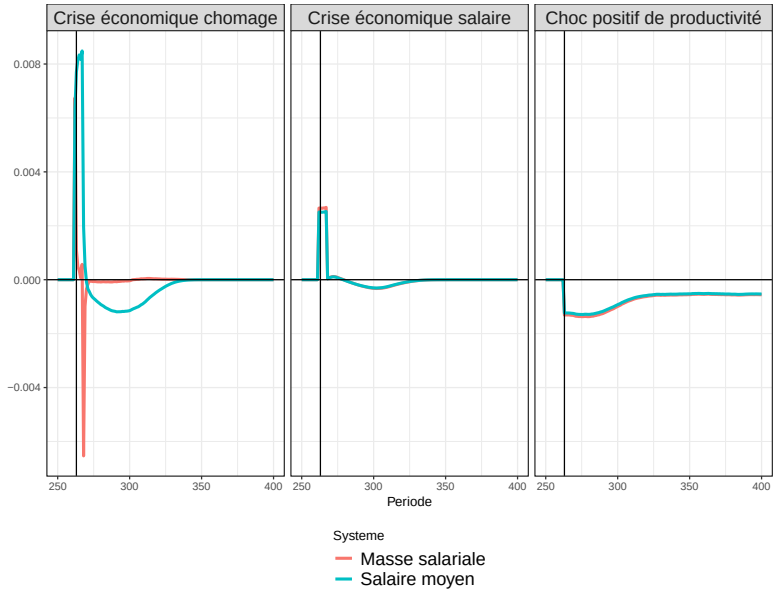
NOTE : Ce graphique présente la différence du ratio pensions/salaires en cas de choc économique pour le système actuel (en rouge) et le système masse salariale (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE B.2 – Différence du ratio masse de pensions / masse de salaires en cas de choc démographique, système actuel vs. système masse salariale



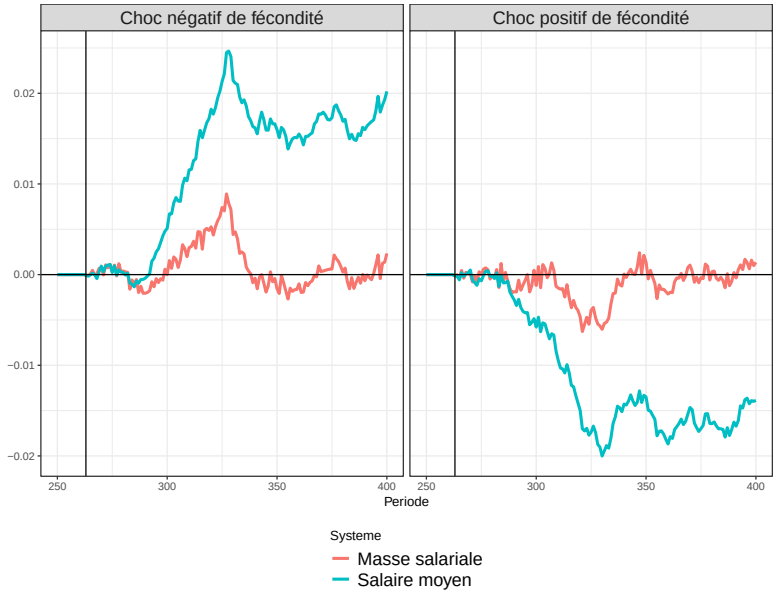
NOTE : Ce graphique présente la différence du ratio pensions/salaires en cas de choc démographique pour le système actuel (en rouge) et le système masse salariale (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE B.3 – Différence du ratio masse de pensions / masse de salaires en cas de choc économique, système masse salariale vs. système salaire moyen



NOTE : Ce graphique présente la différence du ratio pensions/salaires en cas de choc économique pour le système masse salariale (en rouge) et le système salaire moyen (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE B.4 – Différence du ratio masse de pensions / masse de salaires en cas de choc démographique, système masse salariale vs. système salaire moyen



NOTE : Ce graphique présente la différence du ratio pensions/salaires en cas de choc démographique pour le système masse salariale (en rouge) et le système salaire moyen (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

Annexe C

Espérance de vie du moment et espérance de vie par génération

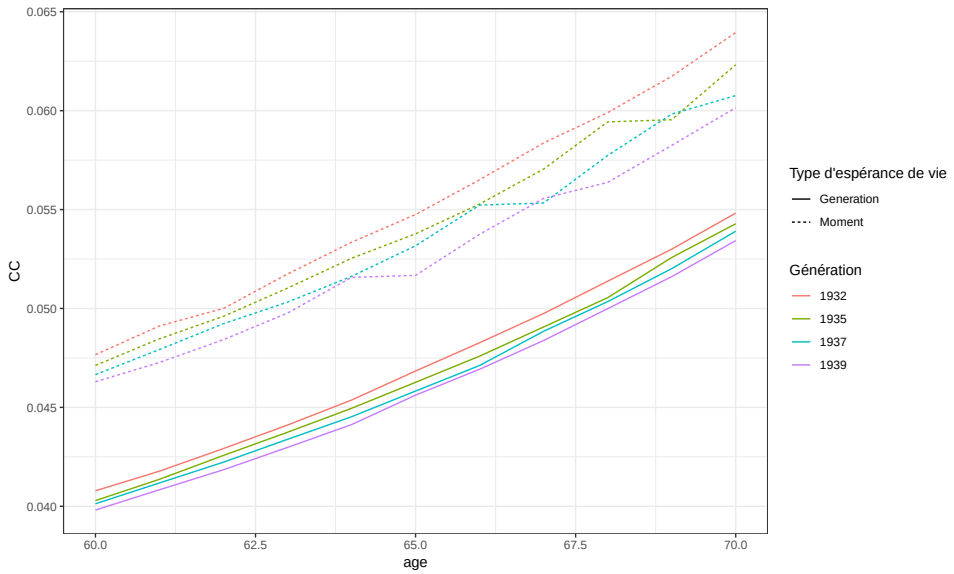
La probabilité de survie $L_{g,a}$ peut être fixée au moment du départ en retraite (année a) ou selon la génération de l'individu (génération g). Les deux alternatives ont des effets distincts sur la valeur du coefficient de conversion. La figure C.1 renseigne la valeur du coefficient de conversion à chaque âge de départ en retraite pour quatre générations. Deux points sont à souligner, quelle que soit l'espérance de vie prise en compte. Tout d'abord la valeur du coefficient de conversion augmente logiquement avec l'âge considéré : un âge de départ plus avancé induit une durée plus courte passée en retraite. On observe également que le coefficient de conversion se déplace vers la droite avec les générations, à cause de l'allongement progressif de l'espérance de vie. Pour un même coefficient de conversion, l'individu de la génération 1929 doit liquider plus tard qu'un individu de la génération 1922.

En revanche le mode de calcul de l'espérance de vie influence le niveau du coefficient de conversion : en utilisant une probabilité de survie fixée au moment du départ en retraite l'espérance de vie varie selon l'âge et l'année de liquidation d'un individu. Les gains de survie futurs ne sont pas anticipés : la mortalité est sur-estimée et le coefficient de conversion est déterminé selon une durée passée en

retraite sous-évaluée. Dans cas alternatif l'espérance de vie est fixée pour chaque âge de liquidation au sein d'une génération, en s'appuyant sur les projections de survie à chaque âge pour la génération. Les gains futurs de survie sont donc pris en compte, ce qui permet de mieux anticiper la durée réelle passée en retraite. Ce mode de calcul implique donc un coefficient de conversion moins élevé que dans le premier cas.

Il est donc en théorie plus adapté de baser le calcul du coefficient de conversion sur l'espérance de vie par génération. Cela pose cependant le problème pratique et/ou juridique de baser le calcul des pensions sur des projections.

FIGURE C.1 – Comparaison du coefficient de conversion selon l'espérance de vie considérée (du moment / par génération)



NOTE : Ce graphique présente le coefficient de conversion de plusieurs générations selon le type d'espérance de vie considéré, l'espérance de vie de la génération (ligne pleine) et l'espérance de vie du moment (ligne pointillée).
SOURCE: PensIPP 0.1.

Annexe D

Application d'un correcteur démographique dans un système salaire moyen

On a montré dans la partie 3.3 que le système salaire moyen présente certains avantages, cependant ce choix a une conséquence directe sur la résilience du système : les changements affectant le nombre de cotisants - chocs démographiques, ou chocs de chômage par exemple - ne seront pas pris en compte de manière automatique dans le système. La simple application d'une indexation salaire moyen pourrait donc rendre le système moins résilient à ce type de choc, ce qui nécessiterait l'ajout d'un facteur correcteur additionnel. Nous comparons dans cette partie les systèmes présentés dans la partie 3.3 à un système salaire moyen dans lequel un correcteur démographique permettrait de prendre en compte des variations additionnelles de la structure de la population. Nous explorons cette question sans toutefois apporter de réponse définitive sur la forme exacte que doit prendre ce correcteur démographique.

Choix du correcteur démographique

Différentes options sont envisageables pour compenser les déséquilibres financiers induits par les changements dans le ratio entre actifs et retraités. L'option suédoise est de prévoir un mécanisme d'ajustement global corrigeant des déséquilibres en ralentissant ou accélérant l'ensemble du système (valeur d'achat, coefficient de conversion, revalorisation) en fonction des prévisions sur l'équilibre financier de long terme. L'option allemande, également envisagée dans le cas belge, est la prise en compte explicite des modifications du rapport entre nombre d'actifs et nombre de retraités dans le calcul des droits. Cette approche a l'avantage de permettre de contrôler de manière explicite les transferts intergénérationnels, en faisant peser l'ajustement sur les cotisants et/ou les retraités (stock et/ou flux de nouveaux retraités). En revanche, le lien entre cet ajustement et l'équilibre financier du système est moins immédiat.

Nous suivons ici l'approche développée dans Blanchet et al. (2016) en ajoutant un correcteur démographique proportionnel à l'évolution du rapport entre cotisants et retraités, portant à la fois sur les pensions à liquidation (valeur de service) et les pensions liquidées (revalorisation). De la même façon, les pensions sont indexées en fonction de $dw/w - dRD/RD$, i.e des variations du salaire moyen w et du ratio démographique RD. Le ratio démographique correspond ici au ratio du nombre d'individus âgés de plus de 60 ans sur le nombre d'individus âgés entre 20 et 60 ans [1]. La valeur d'achat évolue également en fonction de la variation du ratio démographique. En revanche nous fixons le terme lié à l'espérance de vie dans le coefficient de conversion de sorte à ce qu'en cas d'allongement de l'espérance de vie le système n'ajuste pas doublement le montant des pensions.

1. Le ratio économique pourrait également être pris en compte, ce qui donne une idée du nombre de retraités par rapport au nombre de cotisants.

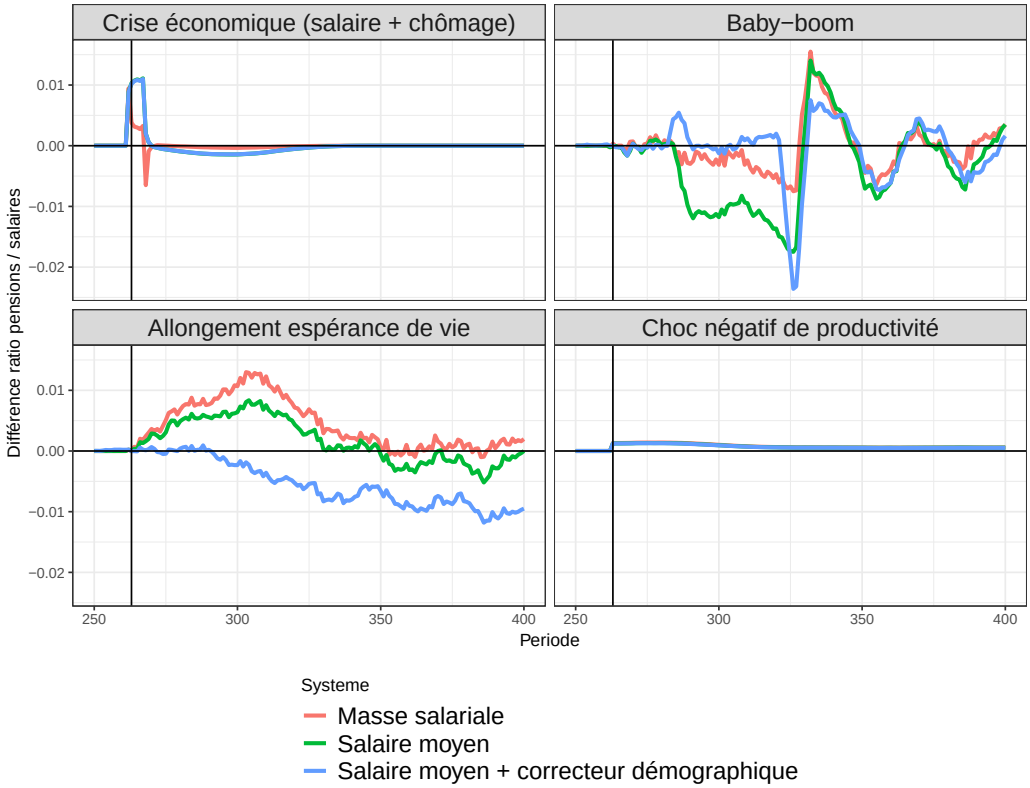
Comparaison des différents systèmes

Nous comparons les systèmes salaire moyen, avec et sans correcteur démographique. La figure D.1 présente la différence entre le ratio masse des pensions / masse salariale simulé en présence de choc et dans le scénario de référence [2]. Un choc modifiant uniquement le niveau de productivité a le même effet dans un système salaire moyen avec ou sans correcteur démographique. En revanche, lorsque le nombre d'actifs ou de retraités varie, l'ajout d'un correcteur démographique induit un ajustement différent : en cas de baby-boom, la part des dépenses de retraites relativement à la masse salariale est plus stable dans le scénario incorporant un correcteur démographique, ce qui s'explique par le levier supplémentaire activé dans ce système qu'est le coefficient de conversion. La figure D.2 présente les mécanismes d'ajustement utilisés dans cette situation : le coefficient de conversion varie en fonction de l'évolution de la population, tandis qu'il reste constant dans le système salaire moyen sans correcteur. La revalorisation des pensions varie également en fonction du correcteur démographique.

En revanche, l'allongement de l'espérance de vie n'est pas encore géré de façon pertinente par le correcteur démographique. Sans correcteur, le système en salaire moyen n'intègre que progressivement l'allongement de l'espérance de vie via la baisse du coefficient de conversion. L'ajout du correcteur démographique permet de contenir le déficit, mais semble pour l'instant limiter le montant de pensions, de façon telle que le système est en excédent.

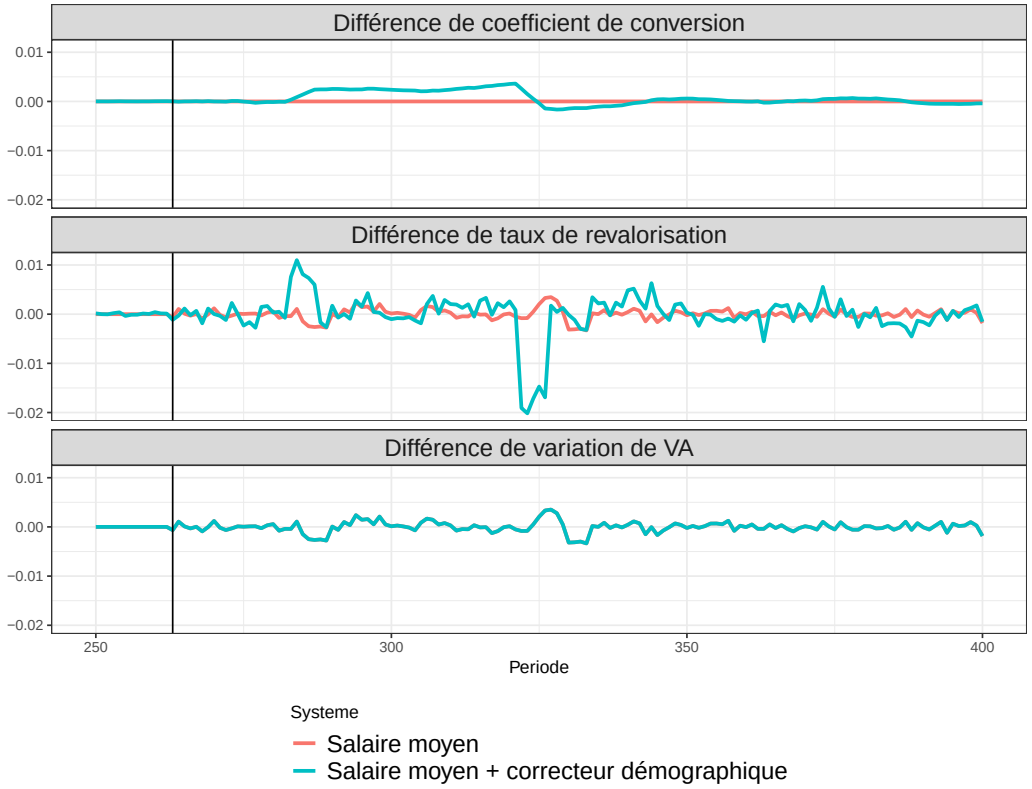
2. Il s'agit de la figure 3.16 à laquelle on ajoute un système salaire moyen et un correcteur démographique.

FIGURE D.1 – Différence du ratio masse de pensions / masse de salaires en cas de choc, système salaire moyen avec sans correcteur démographique



NOTE : Ce graphique présente, pour les différents chocs considérés, la différence (avec choc - sans choc) du ratio masse des pensions / salaires, pour des systèmes masse salariale (en rouge), salaire moyen (en vert) et salaire moyen avec un correcteur démographique (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE D.2 – Mécanismes d'ajustement en cas de baby-boom, système salaire moyen avec sans correcteur démographique



NOTE : Ce graphique présente, pour le cas d'un choc économique de court terme, les différents leviers d'ajustement pour les systèmes salaire moyen (en rouge) et salaire moyen avec un correcteur démographique (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

Annexe E

Le taux de rendement interne par génération

E.1 Calcul du taux de rendement interne par génération

On définit ici le taux de rendement interne (TRI) et la manière dont il est calculé pour un individu. Le taux de rendement interne est un indicateur fréquemment utilisé pour la comparaison de différents systèmes de retraites (voir Dubois et Marino 2015 pour un exemple récent). En comparant le flux de cotisation payées et le flux de pensions perçues, il est un indicateur (parmi d'autres possibles) de la redistribution opérée par le système, soit entre générations soit entre individus d'une même génération.

Le TRI est un concept habituellement utilisé en finance d'entreprise. Il sert à évaluer la rentabilité d'un projet et permet ainsi d'envisager différents usages d'un même financement. On peut ainsi concevoir dans le cadre des retraites que chaque individu est doté d'un financement et qu'il peut décider de l'investir dans différents systèmes de retraite. Afin de définir le taux de rendement interne, on définit donc

au préalable la valeur actualisée nette (VAN) du plan de pension comme la valeur actualisée des flux d'investissement et de pensions pour un taux d'intérêt r :

$$V_0(r) = \sum_{t=1}^{T} \frac{f_t}{(1+r)^t} - I_0$$

où f_t correspond au flux à la date t, I_0 est l'investissement initial (dans notre cas nous considérons $I_0 = 0$), et T est le nombre total de périodes vécues.

Dans le cas des retraites, on aura ainsi des flux négatifs correspondant aux cotisations c_t avant l'âge de la retraite τ et des pensions versées après le départ à la retraite VA_t :

$$V_0(r) = -\sum_{t=1}^{\tau} \frac{c_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=\tau+1}^{T} \frac{VA_t}{(1+r)^t}$$

Le taux de rendement interne ρ est défini comme le taux d'intérêt qui annule la valeur actualisée nette :

$$\begin{aligned} & V_0(r) = 0 \\ \Leftrightarrow \quad & \sum_{t=1}^{\tau} \frac{c_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=\tau+1}^{T} \frac{VA_t}{(1+r)^t} \end{aligned}$$

En pratique, le TRI ne propose pas de forme réduite à moins de faire des simplifications sur les flux de pensions et de cotisations. Il est cependant possible de déduire un problème d'optimisation numérique équivalent à l'annulation de la VAN :

$$V(\rho) = 0 \Leftrightarrow \rho = \underset{r}{\text{argmin}}\ V_0^2(r)$$

La condition du premier ordre du problème d'optimisation est donnée par :

$$\begin{aligned} & \frac{\partial V_0^2}{\partial r}(\rho) = 0 \\ \Leftrightarrow \quad & \sum_{t=1}^{\tau} \frac{t c_t}{(1+r)^{t+1}} = \sum_{t=\tau+1}^{T} \frac{t\, VA_t}{(1+r)^{t+1}} \end{aligned}$$

Ce problème peut admettre plusieurs solutions, cette possibilité est cependant peu probable dans un cas comme le notre où le flux ne change de signe qu'une fois (Dubois et Marino 2015 n'admettent pas cette possibilité).

E.2 Comparaison des taux de rendement selon les systèmes

Nous comparons ici l'évolution du taux de rendement interne du système par génération dans le système actuel et dans les systèmes en points présentés précédemment. Pour chaque génération, nous calculons le rendement des cotisations versées en fonction des pensions reçues une fois les individus retraités. Le rendement théorique du système est égal à la croissance de la population combinée à celle des salaires ; il correspond dans chaque graphique à la ligne horizontale, soit environ 0.0155.

Nous comparons dans un premier temps les taux de rendement par génération dans le système actuel par rapport à ceux d'un système masse salariale. La figure E.1 montre la différence entre le TRI par génération avec et sans choc, pour chaque type de choc envisagé. A la différence des graphiques précédents, l'axe des abscisses représente la génération des individus : la première génération touchée par le choc est signalée lorsque la différence avec et sans choc devient différente de 0. La première génération touchée (la plus âgée) est celle dont la dernière pension est revalorisée en fonction du choc observé, [1] mais la baisse de rendement est réellement observée à partir de la génération 170 environ, qui a 93 ans au moment du choc, et qui est plus susceptible d'être affectée par la baisse de revalorisation des pensions à partir du choc.

En cas de choc économique négatif, le taux de rendement diminue dans le système masse salariale tandis qu'il reste constant dans le système actuel, puisque les pensions versées restent constantes malgré la diminution de n et g. Lorsque le choc est temporaire, seules quelques générations sont affectées. Ainsi, en cas de crise économique, les générations les plus âgées sont celles dont les pensions sont

1. Le choc étant réalisé à la période 263, il s'agit de la génération $263 - 108 = 155$ car l'âge maximal auquel une pension peut être revalorisé est 108 ans dans notre modèle.

revalorisées, de façon moins importante qu'auparavant à cause de la baisse du rendement observée. Les générations suivantes sont celles qui accumulent des droits pour une valeur d'achat moins importante également. Une fois que les plus jeunes générations touchées par le choc ne perçoivent plus de pension, le TRI se rétablit à son niveau pré-crise. La réalisation d'un choc de plus long terme sur la productivité induit en revanche la baisse irréversible du taux de rendement pour l'ensemble des générations.

La réalisation d'un choc de type allongement de l'espérance de vie entraîne une hausse du rendement dans le système actuel puisque les individus perçoivent des pensions de retraite pendant une durée plus longue que la durée initialement prévue. A l'inverse, le système masse salariale ajuste le montant des pensions à liquidation via le coefficient de conversion, ce qui permet de maintenir à un niveau relativement constant le rendement interne du système pour chaque génération. Enfin, en cas de baby-boom le TRI augmente dans un système masse salariale : les générations qui bénéficient du baby-boom sont celles qui accumulent des droits et ont liquidé leurs pensions au moment du choc. En théorie le TRI reste constant dans le système actuel mais la hausse du rendement a en réalité été intégrée dans le système actuel.

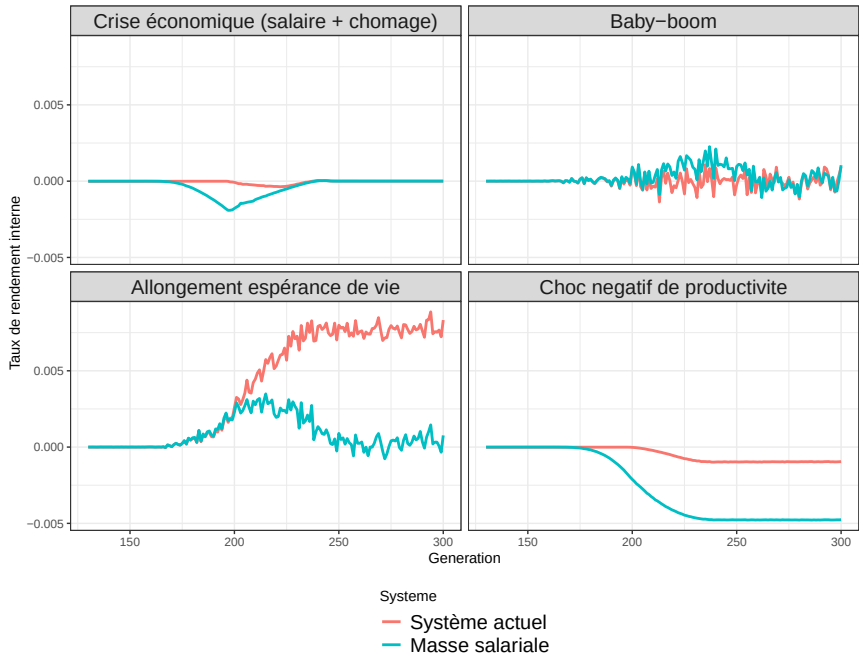
Le système garantie prix présente des propriétés d'ajustement différentes par rapport à celle d'un système masse salariale, qui impliquent des variations plus importantes de rendement entre génération. La figure E.2 montre par exemple qu'en cas de crise économique le TRI diminue plus tôt dans le système masse salariale que le système garantie prix. En effet le levier de la revalorisation des pensions peut être activé dans le premier système mais pas dans le second. Ainsi, dans le système garantie prix les générations qui ont déjà liquidé leurs retraites ne voient pas leur niveau de pension diminuer, tandis qu'un ajustement important est réalisé au niveau des pensions à liquidation via la baisse du coefficient de conversion. La

répartition de l'ajustement entre les générations diffère également entre les deux systèmes en cas de choc négatif de productivité.

En revanche, les deux systèmes s'ajustent de la même façon lors d'un choc démographique : en cas d'allongement de l'espérance de vie le coefficient de conversion s'ajuste progressivement, tandis qu'en cas d'un choc de type baby-boom la variation du rendement est beaucoup plus progressive et le système garantie prix s'ajuste de façon moins brutale.

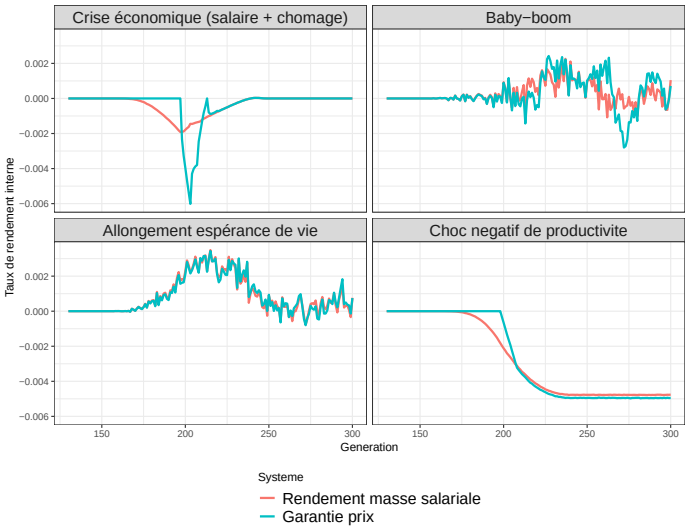
Enfin, la figure E.3 compare l'évolution du taux de rendement interne par génération dans le système salaire moyen à celle du système masse salariale. Comme mentionné précédemment, le système salaire moyen reverse uniquement le rendement lié à la croissance de la productivité, ce qui, en cas de croissance positive de la population, diminue le TRI par rapport à ce qu'il serait dans un système masse salariale.

FIGURE E.1 – Différence de taux de rendement interne du système par génération en cas de choc, système actuel vs. système masse salariale



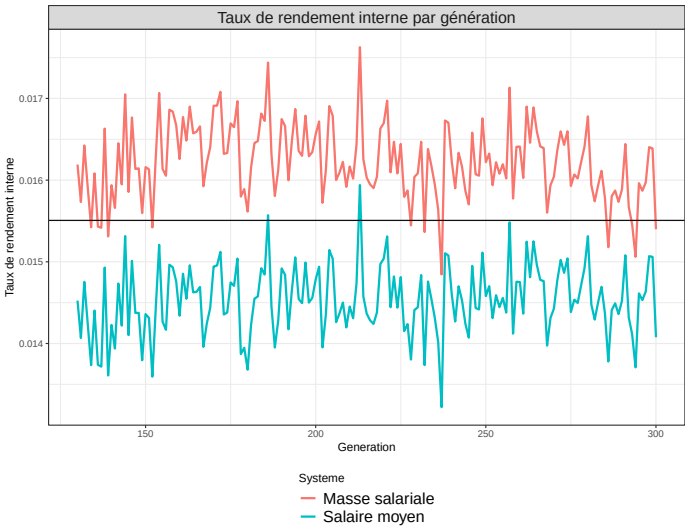
NOTE : Ce graphique présente, pour les différents chocs considérés, la différence (avec choc - sans choc) du taux de rendement interne du système par génération pour le système actuel (en rouge) et le système masse salariale (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE E.2 – Différence de taux de rendement interne du système par génération en cas de choc, rendement masse salariale vs. revalorisation prix



NOTE : Ce graphique présente, pour les différents chocs considérés, la différence (avec choc - sans choc) du taux de rendement interne du système par génération pour le système masse salariale (en rouge) et le système garantie prix (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

FIGURE E.3 – Evolution du taux de rendement interne du système par génération en l'absence de choc, système masse salariale vs. système salaire moyen



NOTE : Ce graphique présente en l'absence de choc l'évolution du taux de rendement interne du système par génération pour le système masse salariale (en rouge) et le système salaire moyen (en bleu).
SOURCE: PensIPP 0.1.

Références

Auerbach, A. J. et Lee, R. (2011). Welfare and generational equity in sustainable unfunded pension systems. *Journal of Public Economics*, 95(1), p. 16–27.

Blanchet, D. (2009). Transition vers un système en comptes notionnels : quelques scénarios exploratoires portant sur le cœur du système. *Conseil d'orientation des retraites*. Séance plénière du 25 novembre 2009.

Blanchet, D., Bozio, A., et Rabaté, S. (2016). Quelles options pour réduire la dépendance à la croissance du système de retraite français ? *Revue économique*, 67(4), p. 879–911.

Blanchet, D., Brousse, C., et Okba, M. (1996). Retraite, préretraite, neutralité actuarielle et couverture du risque de chômage en fin de carrière. *Économie et Statistique*, 291(1), p. 203–218.

Blanchet, D. et Le Gallo, F. (2013). Baby-boom et allongement de la durée de vie : quelles contributions au vieillissement. *Insee analyses*, 12, p. 4.

Bozio, A., Rabaté, S., Rain, A., et Tô, M. (2018a). La réforme des retraites, un nouveau pilotage. *Risques*, (114).

Bozio, A., Rabaté, S., Rain, A., et Tô, M. (2018b). Quelle réforme du système de retraite ? les grands enjeux. *Notes de l'IPP*, (31).

Buffeteau, S., Crenner, E., Le Minez, S., et Blanchet, D. (2011). Le modèle de

microsimulation destinie 2 : principales caractéristiques et premiers résultats. *Économie et statistique*, 441(1), p. 101–121.

Dubois, Y. et Marino, A. (2015). Le taux de rendement interne du système de retraite français : quelle redistribution au sein d'une génération et quelle évolution entre générations ? *Économie et Statistique*, 481(1), p. 77–95.

Holzmann, R. et Palmer, E. (2006). *Pension reform : Issues and prospects for non-financial defined contribution (NDC) schemes*. The World Bank.

Samuelson, P. A. (1958). An exact consumption-loan model of interest with or without the social contrivance of money. *Journal of political economy*, 66(6), p. 467–482.

Schokkaert, E., Devolder, P., Hindriks, J., et Vandenbroucke, F. (2018). Towards an equitable and sustainable points system. a proposal for pension reform in belgium. *Journal of Pension Economics & Finance*, p. 1–31.

Secrétariat général du Conseil d'orientation des retraites (2018). Les différents modes de pilotage d'un système de retraite en répartition : un essai de typologie. *Document du COR*, (2). Séance plénière du 18 octobre 2018.

Settergren, O. (2003). The reform of the swedish pension system–initial results. *Revue française des affaires sociales*, (4), p. 369–398.

Settergren, O. et Mikula, B. D. (2006). The Rate of Return of Pay-As-You-Go Pension Systems : A More Exact Consumption-Loan Model of Interest. In Holzmann, R. et Palmer, E., editors, *Pension Reform : Issues and Prospects for Non-Financial Defined Contribution (NDC) Schemes*, p. 117–147.

Valdes-Prieto, S. (2000). The financial stability of notional account pensions. *The Scandinavian Journal of Economics*, 102(3), p. 395–417.

Vernieres, L. (2004). Méthodologie de comparaison des régimes de retraite par répartition. la tarification et l'équilibre actuariel des régimes. *Questions Retraites*, (2004-64).

Liste des tableaux

2.1 Résumé des chocs simulés 51

3.1 Part de périodes où la revalorisation des pensions est inférieure à l'inflation, selon le type de fenêtre utilisé en système masse salariale 70

3.2 Revalorisation moyenne des pensions lorsqu'elle est inférieure à l'inflation, selon le type de fenêtre utilisé en système masse salariale 70

3.3 Résumé des résultats : effet cumulé des chocs 85

3.4 Résumé des résultats : revalorisations inférieures à l'inflation 86

Liste des figures

1.1 Décomposition de la différence entre $c_W^A(b)$ et $c_W^E(b)$ 36

1.2 Linéarisation du coefficient de conversion 41

2.1 Description des chocs : baby-boom 53

2.2 Description des chocs : allongement de l'espérance de vie 53

2.3 Description des chocs : choc négatif de productivité 54

2.4 Description des chocs : crise 2008 55

3.1 Ratio masse des pensions / masse des salaires en cas de choc négatif de productivité à long terme, système actuel vs. système masse salariale 61

3.2 Mécanismes d'ajustement en cas de choc négatif de productivité à long terme, système masse salariale 61

3.3 Différence du ratio masse des pensions / masse des salaires en cas de choc économique de court terme, système masse salariale 62

3.4 Mécanismes d'ajustement en cas de choc négatif de choc économique de court terme, système masse salariale 63

3.5 Ajustement en cas de baby-boom, système masse salariale 64

3.6 Ajustement en cas d'allongement de l'espérance de vie, système masse salariale 65

3.7 Différence du niveau de pension moyenne selon la taille de la fenêtre considérée pour le calcul de n et g 69

3.8 Différence de ratio pensions / salaires selon la taille de la fenêtre considérée pour le calcul de n et g 69

3.9 Mécanismes d'ajustement en l'absence de choc, masse salariale vs. garantie prix 73

3.10 Différence de ratio masse des pensions / salaires en cas de choc, masse salariale vs. garantie prix 74

3.11 Revalorisation des pensions en cas de choc, masse salariale vs. garantie prix 74

3.12 Dette accumulée en cas de choc, masse salariale vs. garantie prix . . . 75

3.13 Différence du ratio de pensions / salaires en cas de choc selon le type de fenêtre utilisée, système garantie prix 77

3.14 Taux de remplacement en l'absence de choc selon le type de fenêtre utilisée, système garantie prix 78

3.15 Ratio masse des pensions / salaires en l'absence de choc, système masse salariale vs. système salaire moyen 80

3.16 Différence de ratio masse des pensions / salaires en cas de choc, système masse salariale vs. système salaire moyen 82

3.17 Mécanismes d'ajustement en cas crise économique de court terme, système masse salariale vs. système salaire moyen 83

B.1 Différence du ratio masse de pensions / masse de salaires en cas de choc économique, système actuel vs. système masse salariale 99

B.2 Différence du ratio masse de pensions / masse de salaires en cas de choc démographique, système actuel vs. système masse salariale . . . 99

B.3 Différence du ratio masse de pensions / masse de salaires en cas de choc économique, système masse salariale vs. système salaire moyen 100

B.4 Différence du ratio masse de pensions / masse de salaires en cas de choc démographique, système masse salariale vs. système salaire moyen 100

C.1 Comparaison du coefficient de conversion selon l'espérance de vie considérée (du moment / par génération) 102

D.1 Différence du ratio masse de pensions / masse de salaires en cas de choc, système salaire moyen avec sans correcteur démographique . . 106

D.2 Mécanismes d'ajustement en cas de baby-boom, système salaire moyen avec sans correcteur démographique 107

E.1 Différence de taux de rendement interne du système par génération en cas de choc, système actuel vs. système masse salariale 113

E.2 Différence de taux de rendement interne du système par génération en cas de choc, rendement masse salariale vs. revalorisation prix . . . 114

E.3 Evolution du taux de rendement interne du système par génération en l'absence de choc, système masse salariale vs. système salaire moyen114

L'Institut des politiques publiques (IPP) est développé dans le cadre d'un partenariat scientifique entre PSE-Ecole d'économie de Paris (PSE) et le Centre de Recherche en Économie et Statistique (CREST). L'IPP vise à promouvoir l'analyse et l'évaluation quantitatives des politiques publiques en s'appuyant sur les méthodes les plus récentes de la recherche en économie.

PSE a pour ambition de développer, au plus haut niveau international, la recherche en économie et la diffusion de ses résultats. Elle rassemble une communauté de près de 140 chercheurs et 200 doctorants, et offre des enseignements en Master, École d'été et Executive education à la pointe de la discipline économique. Fondée par le CNRS, l'EHESS, l'ENS, l'École des Ponts-ParisTech, l'INRA, et l'Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, PSE associe à son projet des partenaires privés et institutionnels. Désormais solidement installée dans le paysage académique mondial, la fondation décloisonne ce qui doit l'être pour accomplir son ambition d'excellence : elle associe l'université et les grandes écoles, nourrit les échanges entre l'analyse économique et les autres sciences sociales, inscrit la recherche académique dans la société, et appuie les travaux de ses équipes sur de multiples partenariats. www.parisschoolofeconomics.eu

Le CREST est un centre de recherche regroupant des chercheurs de l'ENSAE, de l'ENSAI et du département d'économie de l'Ecole Polytechnique. Centre interdisciplinaire spécialisé en méthodes quantitatives appliquées aux sciences sociales, le CREST est organisé en 4 thématiques : Économie, Statistiques, Finance-Assurance et Sociologie. La culture commune des équipes est celle d'un attachement fort aux méthodes quantitatives, aux données, à la modélisation mathématiques, et d'allers-retours continus entre les modèles théoriques et les preuves empiriques permettant d'analyser des problématiques sociétales et économiques concrètes. http ://crest.science