



GDR « Longévité et vieillissements »

Journée méthode du 20 juin 2014, Cnav – Paris

La microsimulation dans tous ses états

Synthèse

Présentation

Vincent Poubelle, DSPR – Cnav

Sophie Pennec, Pôle vieillesse et vieillissements, Ined

Jean-Marie Robine, Inserm

Cette demi-journée « Méthode » du Groupement de Recherche « Longévité et vieillissements » porte sur la microsimulation. Intitulée « *La microsimulation dans tous ses états* », elle aborde le sujet des utilisations actuelles de cette méthode pour traiter du vieillissement sous ses aspects économiques, médicaux ou socio-démographiques, ou encore de la retraite (passage à la retraite, niveaux des pensions, équilibre des régimes, réformes, etc.) jusqu'à la perte d'autonomie. Les potentialités de ce type d'approche dans le domaine du vieillissement, et dans une optique pluridisciplinaire, sont discutées.

Les aspects méthodologiques et de techniques statistiques ne sont pas abordés.

Jean-Marie Robine présente le Groupement de Recherche (GDR) multi organismes « Longévité et vieillissements » et les objectifs qu'il poursuit : donner de la visibilité aux chercheurs français en SHS qui travaillent dans le champ du vieillissement, sur les conséquences des transitions démographiques.

La lettre d'information du GDR, le mini-site et le portail internet à venir doivent permettre de créer des liens, de densifier le réseau de chercheurs dont les équipes sont très dispersées et ne se connaissent pas suffisamment entre elles. Les journées du GDR (Méthode, Données et Journée scientifique) sont également conçues dans cet objectif.

Le GDR se veut un outil d'appui et d'aide aux chercheurs qui souhaitent soumettre, en tant que *project leader*, leurs projets de recherche aux appels à projets en particulier européens (Horizon 2020 par exemple). A ce titre, Jean-Marie Robine annonce la tenue du séminaire d'été du GDR, le 18 septembre 2014, qui sera consacré à cette thématique.

Organisée par :



PANORAMA DES UTILISATIONS DE LA MÉTHODE ET DES OUTILS

Didier BLANCHET

Rédacteur en chef de la revue *Économie et statistique* à l'Insee

GRANDS PRINCIPES

La méthode de microsimulation, dont l'origine remonte aux années 1950 avec les débuts de l'informatique (Orcutt, 1957), est très simple dans son principe : modéliser des phénomènes sociaux ou économiques qui repartent des unités de base (les individus ou les ménages), plutôt que modéliser directement des agrégats, comme le font les modèles macro ou méso.

On distingue deux grands types de modèles, statiques et dynamiques, le second étant particulièrement approprié pour un bon nombre de problématiques liées au vieillissement : retraites, santé, dépendance.

Les modèles de microsimulation statique

On parle de modèle statique parce qu'on s'intéresse à des photos de population et de ses caractéristiques à une date T, dont on simule les modifications en réponse à des variantes de politique économique ou sociale.

Le programme de simulation proprement dit consiste en général en une programmation des barèmes sociaux et fiscaux dont on souhaite étudier des variantes.

La question type à laquelle on essaye de répondre est de savoir, par exemple, ce que ferait un changement ponctuel ou de grande ampleur du barème fiscal et social, à la fois en termes de dépenses supplémentaires ou d'économies au niveau global, et à la fois en termes d'avantages et de désavantages au niveau individuel. On fait varier ces barèmes ou ces règles, et on mesure les variations pour chacun : en faisant la somme, on obtient l'impact sur le budget de l'État ou d'organismes sociaux par exemple.

Les données empiriques de départ dans ce genre de modèle sont les bases de données fournies par un fichier d'enquête ou plusieurs fichiers de données individuelles appariées, complétées si besoin par imputations (sur la situation socio-démographique, les revenus, les niveaux de prestation, etc.).

De nombreux modèles existent de longue date: INES (Insee/Drees), Myriade (Cnaf). D'autres sont en cours de développement : TaxIPP (Institut des politiques publiques) ou OpenFISCA (CGSP) avec dans ce dernier cas un objectif d'utilisation en Open Access visant à enrichir le débat citoyen.

Le principe des modèles dynamiques

Il s'agit de projections de cette photo à un moment T au cours du temps. A partir des mêmes données initiales que dans les modèles statiques, on fait vieillir les individus et on en ajoute de nouveaux.

Comment fait-on ?

On procède en utilisant une combinaison de règles déterministes ($\text{âge}=\text{âge}+1$) et de tirages pseudo-aléatoires générés informatiquement. Par exemple, si le fichier contient un individu d'âge A avec une mortalité de $Q(A)$ entre T et T+1, on sort l'individu de la population entre T et T+1 selon la probabilité $Q(A)$.

On peut aussi simuler l'évolution des situations individuelles à l'aide de modèles de comportements. Par exemple, dans le domaine des retraites, à quel âge décide-t-on de partir ? Comment ces âges vont se modifier compte-tenu des réformes, des droits offerts, etc. ?

Quand de nouveaux individus sont imputés, ils sont créés dans le fichier avec des caractéristiques initiales tirées dans les distributions adéquates (âge, niveau d'études, éducation, niveau d'études des parents, etc.).

Au niveau informatique, ces modèles dynamiques correspondent à deux boucles emboîtées. La boucle principale est une boucle temporelle. A la fin de chaque itération de cette boucle, on a la photo actualisée de la population, qu'il est possible de faire évoluer à l'horizon 2040 ou 2060, par exemple, avec la même richesse que le fichier de données initiales. Puis, à l'intérieur de chaque boucle temporelle, la seconde boucle consiste à balayer systématiquement l'ensemble de la population à la date T pour faire évoluer ses caractéristiques d'ici la date T+1, en les faisant varier suivant les règles décrites.

Cette simulation individuelle est assez intuitive, elle est dite relevant du « *model what you see* » : on modélise les choses comme elles arrivent dans la vie réelle. La complexité de ce modèle (et ce qui rend ces modèles longs à construire) est liée à la prise en compte de tous les types d'évènements importants que peuvent connaître les individus. La formulation des hypothèses sur les déterminants de ces évènements est capitale (probabilités de transition entre différents états, paramètres pour les modèles de comportement, etc.).

QUELQUES EXEMPLES

Modèles appliqués aux retraites

Dans le cas des retraites, jusqu'au début des années 1990, le diagnostic global stylisé portait sur de projections standards, avec des maquettes relativement agrégées de type macrodémographique, ne ventilant la population que par sexe et âge mais raisonnant en termes d'individu au sein de chaque cellule sexe/génération.

Mais la simulation des effets détaillés des réformes nécessitait d'aller plus loin. L'Insee a ainsi développé l'approche en microsimulation dynamique à la suite de la réforme de 1993, avec le modèle Destinie. Cette réforme portait sur les conditions de durée de cotisation pour l'accès à une retraite au taux plein (passage de 150 à 160 trimestres), et sur le nombre d'années de salaire prises en compte dans le calcul de la pension (passage des 10 aux 25 meilleures années). Cela supposait des simulations fines des trajectoires d'emploi et de salaire en amont de la retraite, même si l'output final souhaité est seulement le nombre de retraités et la masse des retraites, et *a fortiori* si on s'intéresse à la dispersion des retraites (augmentation ou non des inégalités).

Le recours à cette technique de simulation s'est depuis généralisé avec le modèle Prisme (de la Cnav), Trajectoire (Drees), PensIPP (IPP), et prochainement Pablo (SRE, retraite des fonctionnaires). Les travaux à l'étranger, où la microsimulation s'est développée plus précocement qu'en France, sont également très nombreux.

Comparaison avec la projection standard : le cas de la dépendance

Pour une projection globale du nombre de dépendants à l'horizon 2050 ou 2060, ajouter la catégorie « dépendants » à un modèle de projection standard suffit. Mais des études plus fines sur les droits à prestations, telle l'APA, ou l'environnement familial des personnes dépendantes, supposent de gérer bien plus de critères : revenus individuels, présence et revenu du conjoint, présence et situation des enfants, etc.

Dans le champ de la santé ou de la dépendance, il existe les travaux universitaires de Dormont, Grignon et Huber (2006) ; Geay, de Lagasnerie et Larguem (2014) ; Thiebault, Armstrong et Ventelou (2009) ; Marbot et Roy (2013).

Deux autres familles de modèles apparentés

On mentionnera également les modèles « de cohorte ». Par différence avec les modèles dynamiques de période, au lieu de faire vieillir une population entre les dates T et T+N, on fait vieillir une génération de la naissance au décès. Les applications portent plutôt sur l'analyse des inégalités sur le cycle de vie, comme par exemple GAMEO (Edhec) et TaxIPP-life (IPP).

Une autre famille est celle des modèles d'agents, qui reposent sur le même principe que la microsimulation dynamique, mais en mettant plus l'accent sur les interactions entre les individus par rapport à une microsimulation standard. Les applications relèvent de domaines multiples : analyse spatiale, marché du travail (négociation salariale), marchés financiers.

Quelques limites

Les limites de ces modèles sont les coûts de construction et de maintenance, en raison de leur complexité, et les temps de calcul élevés (mais moindres qu'autrefois).

Il s'agit également de modèles très gourmands en données de base et en paramètres, ce qui est « le coût à payer » pour leur finesse, mais qu'il faut soumettre à arbitrage afin de savoir jusqu'où il est possible de pousser les détails de la simulation.

Une autre limite est le caractère stochastique du résultat. Il est certes secondaire par rapport à d'autres sources d'erreur de projection, mais il constitue néanmoins un problème, qu'on peut réduire par diverses techniques de calage (réduction de variance).

L'aspect « boîte noire » du modèle de micro simulation est parfois relevé, qui peut créer des interrogations sur sa fiabilité. Les modèles macro sont certes plus simples de conception et les résultats produits sont en apparence plus simple à analyser, mais ils intègrent de fait des hypothèses simplificatrices qui peuvent rendre plus délicates les conclusions. D'où l'intérêt de pouvoir confronter les résultats de plusieurs modèles concurrents, et la possibilité aussi de validation partielle des modèles de microsimulation par confrontation avec des modèles plus macro.

UN ZOOM SUR LE MODÈLE DESTINIE

Quelques caractéristiques

Basé principalement sur l'enquête patrimoine de l'Insee, ce modèle simule des structures familiales. Les simulations différencient les trajectoires professionnelles dans les trois grands secteurs, indépendants/privé/public, avec le paramétrage des systèmes de calcul des retraites spécifiques à chaque secteur.

Destinie inclut aussi un module « endogénéisant » le choix individuel du départ en retraite (arbitrage durée/montant de la retraite, sous contrainte d'accès à l'emploi).

Sa structure à deux étages, comporte un générateur de biographies démographiques et professionnelles et un simulateur de retraites. Cela permet des calculs assez rapides de variantes sur les droits à retraite tournant sur exactement les mêmes individus, et des comparaisons avant/après à niveau fin.

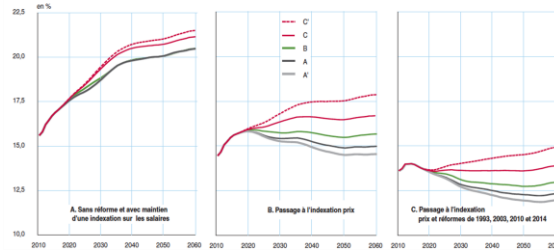
Comment est simulée la structure familiale ?

L'unité de base est l'individu. Mais l'enregistrement individuel n°i pointe vers d'autres individus de l'échantillon qui sont les conjoints, enfants, parents de l'individu *i*. Cette structure est projetée en supposant que les individus se mettent en couple au sein de l'échantillon et que ce sont leurs enfants qui réalimentent l'échantillon à sa base (méthode dite de la population fermée). On obtient ainsi une simulation complète du réseau familial, moyennant une imputation de liens initiaux fictifs pour les liens de parenté hors ménages.

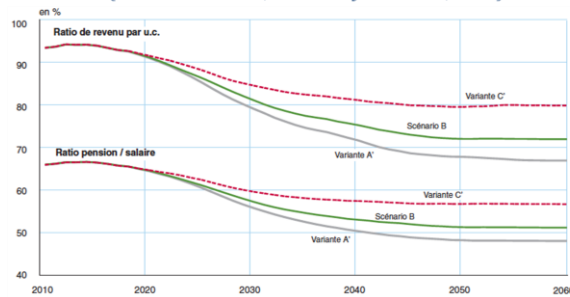
Quelques exemples de résultats

Les exemples portent sur les simulations rétrospectives et prospectives des effets des réformes des retraites, à la fois en termes macro et de niveau de vie des ménages, et sur les travaux sur la dépendance.

Ratio pensions/PIB, avec et sans réformes, selon hypothèses macroéconomiques
(Source : A. Marino, *Insee Analyses* n° 17, 2014)



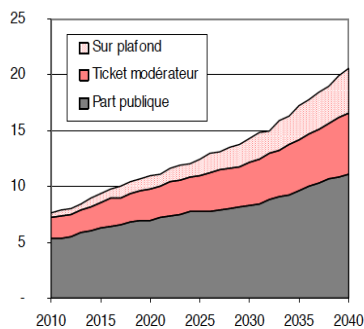
Ratio pension/salaire et niveau de vie relatif des retraités, après réformes
(Source : A. Marino, *Insee Analyses* n° 17, 2014)



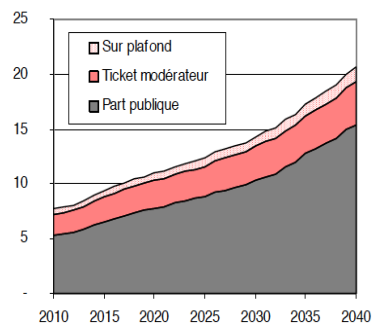
Projections d'APA, selon hypothèses d'indexation du barème

(Source : D. Roy et C. Marbot, *Insee Analyses* n° 11, 2013)

3.1. Indexation sur les prix



3.2. Indexation sur les salaires



Lecture : Sous l'hypothèse intermédiaire de prévalence et le scénario économique de référence, le besoin de financement de l'APA s'élèverait à 20,6 milliards en 2040. Si les seuils et les plafonds restaient strictement indexés sur les prix, ce montant se décomposerait en 11,1 Md€ de dépense publique, 5,5 Md€ de ticket modérateur, et 4 Md€ au-dessus des plafonds de l'APA.

Source : Insee (modèle Destinie), DREES pour le rapport « perspectives démographiques et financières de la dépendance », 2011.

EN RÉSUMÉ

La méthode de microsimulation est une alternative à la projection standard qui est difficilement contournable pour des problèmes complexes. Elle suppose évidemment des investissements assez lourds, mais facilement rentabilisables si le modèle est programmé de façon flexible et réutilisable. Elle est particulièrement utile pour la modélisation des effets à long terme du vieillissement.

Pour en savoir plus

Blanchet, D. (2014) [« La microsimulation dynamique : principes généraux et exemples en langage R »](#), *Document de Travail Insee/DMCSI*, n° M2014/1.

Le site de l'International Microsimulation Association : www.microsimulation.org

L'APPORT DE LA MICROSIMULATION DANS LE PROCESSUS D'AIDE À LA DECISION

Eric LEFEBVRE

Sous-directeur des études et prévisions financières
Direction de la Sécurité sociale

La Direction de la Sécurité sociale

La Direction de la Sécurité sociale (DSS) est chargée de l'élaboration et de la mise en œuvre de la politique relative à la Sécurité sociale : assurance maladie, accidents du travail et maladies professionnelles, retraite, famille, dépendance, financement et gouvernance.

Elle est rattachée aux ministres en charge de la Sécurité sociale, des affaires sociales et de la santé, et des finances et des comptes publics.

Elle élabore chaque année la loi de financement de la Sécurité sociale (LFSS) à l'automne qui contient l'ensemble des mesures concernant la Sécurité sociale pour l'année à venir.

La Direction de la Sécurité sociale : quels besoins et quels apports de la microsimulation

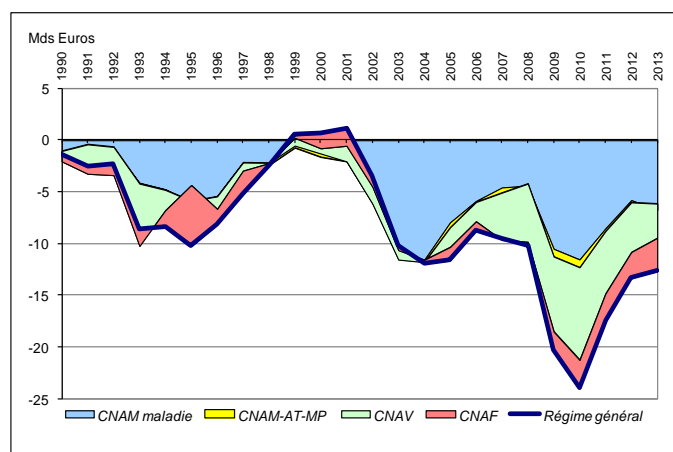
Ces besoins comprennent une dimension de pilotage des comptes sociaux qui se renforce de plus en plus. Le suivi des trajectoires financières à moyen terme et les mesures de redressement qui peuvent être prises pour assurer le respect de ces trajectoires suppose une grande fiabilité dans les prévisions de dépenses et de recettes.

La visibilité sur les besoins de financement des régimes de retraite à long terme est également une nécessité.

Depuis 1993, le rythme des réformes, tous les 3 ou 4 ans environ, nécessite d'évaluer à chaque fois un panel de mesures nouvelles relativement techniques et fines, et où la microsimulation est d'un très grand apport.

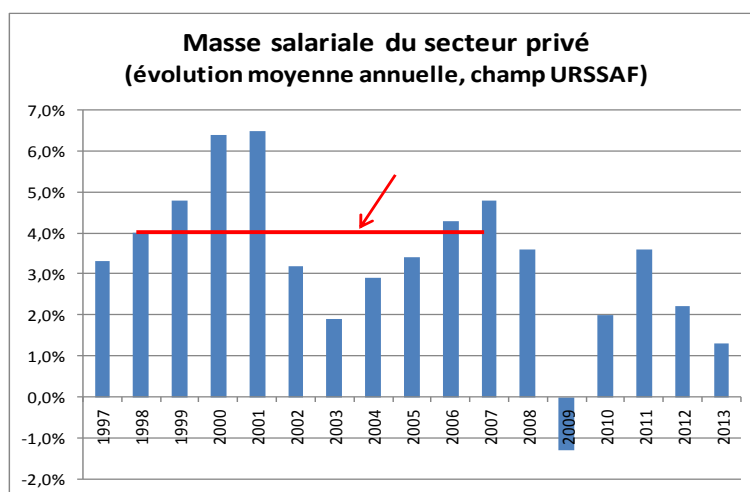
L'impact macroéconomique de la crise

On observe des niveaux de déficits extrêmement élevés ; les besoins de financement s'accroissent et les phases d'équilibre sont de plus en plus lointaines. La crise de 2008-2009 a eu une incidence forte sur le solde de l'ensemble des branches du régime général, en particulier sur celui de la branche vieillesse (accroissement du déficit de 4,6 Md€ en 2007 à 8,9 Md€ en 2010).



Direction de la Sécurité sociale

La crise a très fortement freiné les recettes de cotisations. L'évolution annuelle de la masse salariale reste très inférieure aujourd'hui au niveau moyen de 4% observé dans les dix années qui ont précédé la crise. Or, près de 63% des recettes de la branche vieillesse du régime général sont assises sur la masse salariale.



Source : ACOSS.
Prévision LFSS 2014 pour l'année 2013

La loi de financement de la Sécurité sociale s'inscrit dans le cadre d'un pilotage renforcé « toutes finances publiques »

Face à la crise, les procédures de pilotage se sont renforcées avec la définition d'un programme de stabilité. Sous l'effet communautaire, nous sommes dans un processus dit du « semestre européen », qui correspond au cycle de coordination des politiques économiques et budgétaires au sein de l'UE. En janvier-février 2014, le Conseil de l'Union Européenne débat de l'examen annuel de la croissance et formule des orientations. En mars, sur la base des conclusions du Conseil de l'UE, le Conseil européen (chefs d'État ou de gouvernement) formule des orientations politiques. La Commission publie les bilans approfondis relatifs aux déséquilibres macroéconomiques. En avril, les États membres soumettent leurs programmes d'action (Programmes de stabilité et Programmes nationaux de réforme). En juillet, les recommandations formulées sont intégrées dans les lois financières (LFSS et LFI).

D'autres échéances et objectifs sont intégrés dans la loi organique relative à la gouvernance et à la programmation des finances publiques :

- la loi de programmation des finances publiques fixe un objectif de solde structurel à moyen terme (2012-2017 dans la LPFP du 31 décembre 2012).
- Un mécanisme de correction automatique est prévu en cas d'« écart important » par rapport à la trajectoire, constaté par un avis du Haut conseil des finances publiques.
- Le gouvernement présente des mesures de redressement exposées lors du débat d'orientation sur les finances publiques (DOFP, rapport en juillet).

D'autres échéances / annonces influent sur le PLFSS 2015, comme le plan de 50 Md€ d'économies dont une grande part des régimes de Sécurité sociale (20 Md€), le Pacte de responsabilité et de solidarité, le Comité de suivi des retraites, etc.

LES MESURES DE LA LOI DE 2014

Un pilotage dans la durée : le comité de suivi des retraites

Créé par la réforme de 2013, le Comité de suivi des retraites est chargé d'anticiper les évolutions de notre système de retraite et de garantir que les objectifs (trajectoire financière, équité, solidarité) sont respectés

dans la durée. Il rend un avis public annuel éclairé par un document du Conseil d'orientation des retraites (COR). En cas d'écart par rapport aux objectifs, il a la possibilité de formuler des recommandations.

La conjoncture et les prévisions financières

La présentation des comptes et les prévisions s'effectuent dans le cadre :

- de la **Commission des comptes de la Sécurité sociale (CCSS)**, qui présente les comptes des branches de la Sécurité sociale et des principaux fonds concourant au financement de la Sécurité sociale. Ce sont des comptes tendanciels (hors mesures nouvelles),
- du **PLFSS**, construit en cohérence avec les comptes tendanciels de la CCSS, qui présente les comptes pour les quatre années à venir, après intégration de l'effet des mesures nouvelles (« annexe B »).

La CCSS constitue un élément structurant dans le pilotage des finances publiques et sociales. Elle est réunie deux fois par an sous la présidence des ministres responsables de la Sécurité sociale (décret D.114-3) :

- entre le 15 avril et le 15 juin : elle présente alors les comptes du régime général pour N-1 (exécution) et N (prévision),
- entre le 15 septembre et le 15 octobre (date limite de dépôt du PLFSS) : comptes de l'ensemble des régimes obligatoires de Sécurité sociale pour N-1, et de N à N+4.

Champ de la retraite : prévisions pour le régime général (Cnav) et le Fonds de solidarité vieillesse (FSV) (CCSS de juin)

Ces prévisions s'appuient sur les hypothèses macroéconomiques du programme de stabilité (hypothèses de croissance de la masse salariale, d'emploi, d'inflation, etc.). Les prévisions des dépenses en prestations sont réalisées par la Cnav à partir de Prisme. Les prévisions de recettes sont réalisées en interne. Pour aller au-delà des projections économiques standards, lorsque le modèle Prisme a été construit à partir de 2005, notre souhait était d'avoir un outil qui fasse le continuum entre la prévision à quatre ans et la projection à long terme, et donc d'avoir, dans un même outil, la possibilité de faire des prévisions à six ans, à huit ans, en vue d'une meilleure compréhension de la continuité des évolutions financières.

EVALUATION DE L'INCIDENCE DES MESURES

Quelles sont les attentes du décideur public ?

Pour les simulations, en matière de réforme notamment, mais aussi pour les prévisions et projections, la méthode de microsimulation permet une prise en compte fine des situations individuelles, compte tenu notamment des non linéarités importantes dans le mode de calcul des retraites et du paramétrage fin des réformes simulées. Elle permet aussi la description des populations concernées par les mesures et la caractérisation des « gagnants » et des « perdants ». Elle offre la faculté de simuler des changements de comportement, d'activité et de départ en retraite, compte tenu des incertitudes entourant ce type d'hypothèses. Son intérêt repose également sur une intégration des horizons de prévision à court terme (prévisions à N+1 pour la CCSS, à N+4 pour le PLFSS) et de projection à l'horizon 2050-2060, en apportant de la réactivité dans la production des résultats et une compréhension aisée des résultats de simulations de réforme ou de projection.

Quels sont les outils à disposition ?

Plusieurs modèles de microsimulation sont aujourd'hui disponibles en matière de retraite : Prisme (Cnav), Destinie 2 (Insee), Trajectoires (Drees). Traditionnellement, la microsimulation répond bien au souhait de travailler sur les données individuelles, et, par définition, de simuler des changements de comportement et de faciliter l'approfondissement de la connaissance des comportements individuels.

En revanche, elle peut être moins réactive et davantage « boîte noire » dans la compréhension des résultats. Mais cet effet tend à disparaître à mesure que cet outil s'installe dans la durée et qu'on le connaît bien.

Enfin, elle n'impose pas nécessairement que les outils de prévision à court terme et les modèles de projection à long terme soient intégrés. Toutefois, la présentation de prévisions financières à quatre ans en LFSS, imposée par la LO sur les LFSS du 2 août 2005, et les horizons à moyen-long termes retenus pour cadre des réformes (2040, dans la loi du 20 janvier 2014) justifient pleinement cette intégration.

Prisme utilise la technique de microsimulation dynamique (inspirée de Destinie). La microsimulation simule les effets d'évolutions économiques et législatives au niveau individuel à partir d'échantillons représentatifs de la population étudiée. La microsimulation dynamique est une projection des situations individuelles dans le temps.

Prisme s'appuie sur la richesse et la finesse des données de la Cnav. La population des fichiers de gestion de la Cnav recense 100 millions d'individus – nés sur le territoire français (métropole + DOM) et immigrants ayant acquis un droit à une retraite au régime général ou immatriculés – et enregistre 70 millions de carrières.

FOCUS SUR LE MODELE PRISME

Le champ de la population couverte est très large, la taille de l'échantillon importante et les données de carrière très fines. La chronologie est fondée sur la réalité et sur des données infra-annuelles (emploi, chômage, maladie, etc.). La fréquence de « rafraîchissement » des données de base est élevée. L'outil évolue en tenant compte des évolutions de la réglementation. Pour prendre en compte la montée en charge de la réforme 2010 et les conséquences des aléas de carrière, la modèle a notamment évolué d'un pas trimestriel à un pas mensuel sur les départs à la retraite.

Les limites intrinsèques à l'outil Prisme sont la conséquence de l'éclatement du système de retraite en France qui connaît de nombreux régimes. Les points faibles à améliorer pour élargir le champ des simulations possibles seraient de disposer des éléments de niveaux de pension des autres régimes. Des outils qui pourront servir aussi à des fins statistiques sont en cours de développement, notamment l'EIRR (Échanges inter régimes de retraite) pour la coordination entre régimes (réversion, minimum contributif), et viendront à terme enrichir Prisme.

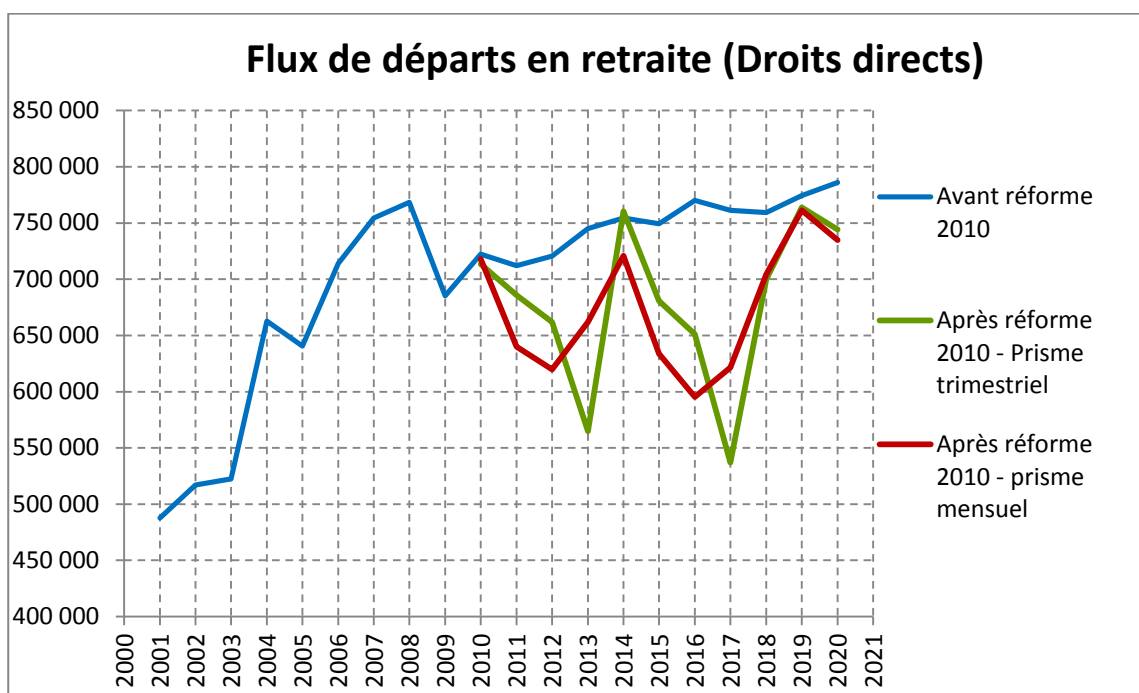
En revanche, les variables socio-démographiques et de santé sont peu informées dans ce modèle. On peut par exemple s'interroger sur l'introduction d'une mortalité différentielle selon la catégorie sociale et le pays de naissance.

Un autre sujet est celui des entrées et des sorties du territoire. Une amélioration du traitement de l'immigration dans le modèle, avec l'introduction d'un critère de résidence, serait nécessaire.

Enfin, on peut attendre aussi une amélioration du lien entre fécondité et carrière.

QUELQUES RESULTATS

Flux de départs en retraite projetés avant / après mensualisation



Ce graphique illustre comment la mensualisation des départs a pu modifier la manière dont on observe les flux de départs à la retraite liés au relèvement de l'âge minimal.

La réforme de 2013 a de fait mobilisé des méthodes d'évaluation variées. La méthode de microsimulation a principalement été utilisée pour mesurer les impacts de l'augmentation d'un trimestre de la durée de cotisation requise pour une retraite à taux plein.

Illustration : évaluation des mesures de la loi de 2014

En vue d'évaluer les trajectoires de besoins de financement de l'ensemble des régimes avant réforme, les projections du COR de décembre 2012 ont été prises en compte par la DSS pour tenir compte des évolutions du contexte macroéconomique entre 2012 et l'été 2013 et des nouvelles prévisions, en dépenses, des régimes.

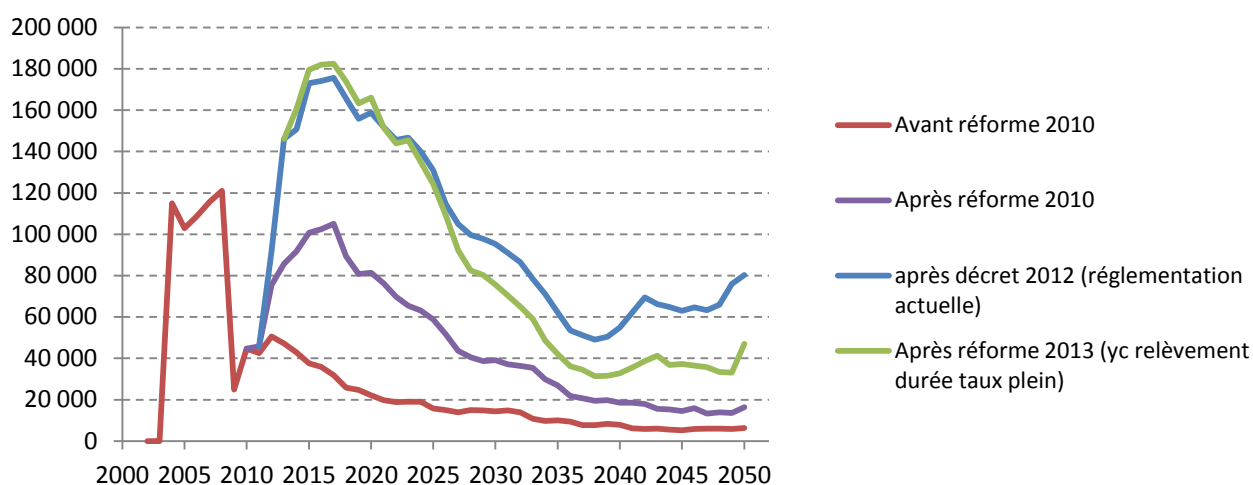
La DSS a aussi recours à des estimations de la Drees et de la Dares.

L'apport de Prisme dans le cadre de la loi de 2014

Les mesures pour lesquelles Prisme a été sollicité sont :

- L'allongement de la durée d'assurance requise pour une retraite à taux plein (plusieurs scénarios),
- L'évaluation de l'incidence de mesure de justice (abaissement du quantum d'heures d'activité pour l'obtention d'un trimestre de retraite de 200 h/smic à 150 h/smic, élargissement des conditions d'accès à la retraite anticipée),
- Des mesures qui n'ont pas été retenues (recul de l'âge légal de la retraite, départ en retraite en fonction du paramètre âge+durée, réforme globale des avantages familiaux de retraite).

Modélisation avec Prisme de mesures très « fines » nécessitant de prendre en compte en détail la carrière des assurés. Ex : la retraite anticipée pour carrière longue



Ce graphique montre les différents profils en nombre de liquidants par année liés aux réformes successives, avec un resserrement après 2009 et un élargissement postérieur à 2010, dans la mesure où on a relevé l'âge et augmenté la durée de cotisation obligatoire.

PERSPECTIVES

Une attention particulière devra être portée à la montée en charge des mesures telle la mise en place du compte personnel de pénibilité, compte tenu des incertitudes existantes. Par-delà la difficulté à dénombrer finement le nombre de personnes exposées à ces critères et selon les arbitrages individuels, on aura des comportements de consommation des points de pénibilité qui vont fortement influencer les dépenses de retraite.

Une attention particulière est aussi à porter aux projections de trajectoires financières et les indicateurs qui fonderont l'avis du Comité de suivi des retraites. Les travaux conjoints COR/DSS permettront d'articuler les projections du COR avec les trajectoires pluriannuelles de la LFSS.

“MICRO-SIMULER” LE VIEILLISSEMENT D’UNE POPULATION : IMPACT DU *HEALTHY AGEING* SUR LA DÉPENSE DE MÉDICAMENT REMBOURSABLE

Bruno VENTELOU

Économiste, SESSTIM UMR 912 / GREQAM UMR 7316

Bruno Ventelou tient à préciser que ces travaux ont été réalisés entre 2007 et 2010 dans le cadre de la thèse de doctorat de Sophie Thiébaud. Aujourd’hui l’équipe de Marseille traite du vieillissement plutôt sous l’angle de l’économie familiale de la prise en charge de la personne dépendante (déclenchement de la demande d’APA, choix de prise en charge formelle ou informelle). Depuis 2011, le modèle n’a pas été mis à jour, compte tenu des difficultés de suivi à long terme de ces outils. Néanmoins, le « moteur » de microsimulation dynamique a été réutilisé dans le cadre du programme commun des Nations Unies sur le VIH/sida (Onusida), en vue d’évaluer les besoins de soins de populations des pays du Sud dans l’accès au traitement par antirétroviraux, en fonction de l’évolution des différents stades de la maladie.

On se sert de l’outil de microsimulation pour apprécier l’impact économique d’une hypothèse épidémiologique. C’est un usage habituel, dans le sens où on introduit dans le modèle un choc exogène sur des probabilités de transition vers un état de morbidité. On va donc essayer de tester les conséquences d’une variation de la probabilité de tomber malade au cours du processus de vieillissement chronologique (l’avancée en âge).

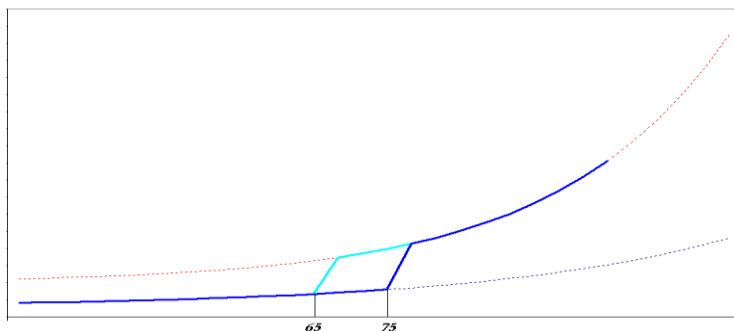
La thèse du *Healthy ageing*

La base des projections classiques macroéconomiques de la dépense de santé consiste à dire, en première hypothèse, que les personnes âgées, comme par le passé, connaîtront une dégradation régulière de leur santé. La seconde hypothèse de « *healthy ageing* » est de dire que les personnes-âgées du futur (futures cohortes) resteront en bonne santé plus longtemps que par le passé : la dépense sera concentrée en fin de période, juste avant le décès. On ne tranche pas ces deux hypothèses, mais elles sont évaluées.

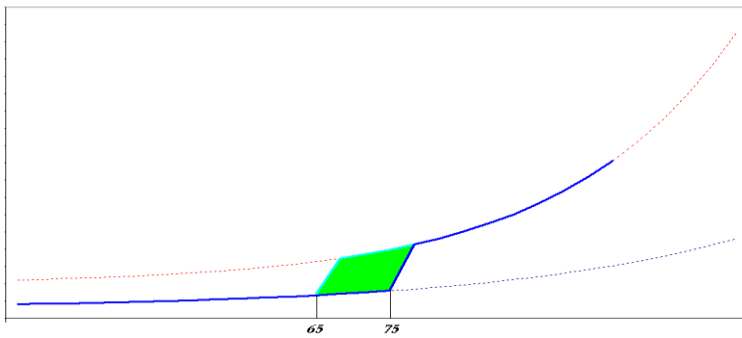
Les « vieux » du passé déclaraient une maladie chronique autour de 65 ans et passent du flux de dépenses du dessous (courbe bleue) aux flux de dépenses du dessus (courbe rouge).

L’hypothèse du *Healthy ageing* consiste à considérer qu’on tombe malade plus tard, plutôt vers 75 ans, en allongeant l’espérance de vie en bonne santé.

Consommation de l’individu sous l’hypothèse de *Healthy Ageing*

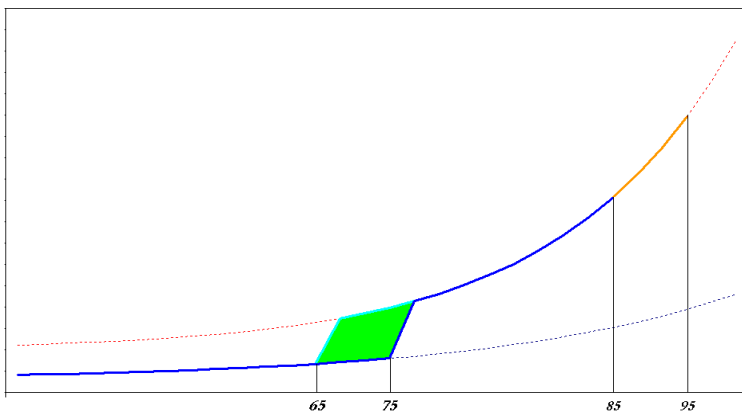


Conséquence sur le volume des dépenses du scénario de *Healthy Ageing*

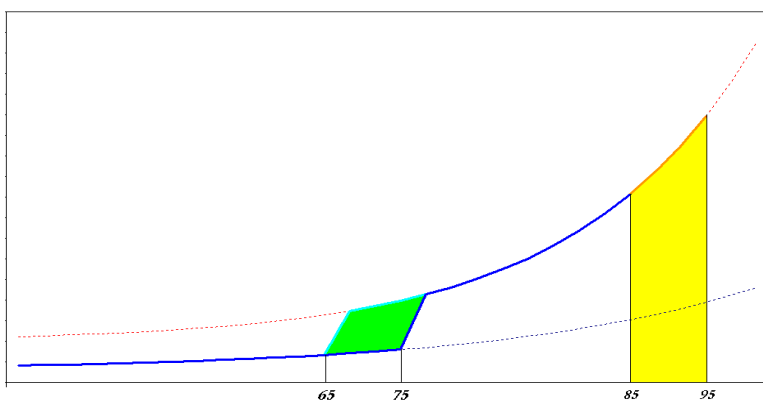


La zone verte correspond à l'économie des dépenses pour la Sécurité sociale réalisée grâce à la thèse du *Healthy ageing* de l'amélioration de l'état de santé des personnes.

On peut ajouter une hypothèse selon laquelle les personnes qui tombent malades plus tard peuvent vieillir plus longtemps.



Conséquence sur le volume des dépenses du scénario de *Healthy Ageing* et allongement de la durée de vie



La zone jaune correspond aux flux de dépenses de la Sécurité sociale, celle-ci peut être supérieure aux économies réalisées dans la zone verte ; cela dépend de l'ampleur des mouvements en abscisse et en ordonnée (le déplacement de 85 à 95ans représenté sur la courbe est évidemment arbitraire).

Pour évaluer les conséquences au niveau macroéconomique de ces différents effets, on utilise l'outil de la « microsimulation ». Comme Didier Blanchet l'a expliqué, l'idée est d'obtenir une photo de la population française et de la dynamiser, comme une sorte de film, en utilisant plusieurs hypothèses épidémiologiques (ici des probabilités de transition vers la maladie) et en rembobinant à chaque fois.

De quelle photo s'agit-il ?

On part des données de l'enquête Enquête Santé et Protection Sociale (ESPS) de l'Institut de recherche et documentation en économie de la santé (Irdes) qui, en 2004, permettait d'obtenir une maquette de 6 000 individus représentatifs. On dispose grâce à cette enquête de leurs caractéristiques sociodémographiques (âge, sexe, état marital, logements, etc.), leurs caractéristiques économiques (revenu, assurance maladie, accès aux soins), leur santé actuelle et leurs consommations de soins.

Comment fait-on ?

On dispose dans notre base de données de deux relevés d'état de santé de chaque individu (cf. diapo 13), un gradient d'invalidité (INV, vertical) et un gradient de risque vital (RV, horizontal) qui procède d'un codage par un médecin (les données d'enquête portent notamment sur le recours à la Sécurité sociale, aux soins, fréquence de recours, dépenses de santé).

On obtient la coupe suivante : les personnes en bonne santé, avec risque vital faible et invalidité faible ou forte, et les personnes malades chroniques, ce qui permet de repérer l'état de santé de la population.

Pour note, on aurait souhaité au départ travailler sur l'enquête décennale santé qui relevait les maladies, mais l'appariement avec les données du SNIIRAM n'a pas été possible.

Cette coupe a permis de capturer le fait que les personnes sont ou non « en maladie chronique » et, dans le contexte du vieillissement, en polypathologie, très prédicteur des dépenses de santé. Elle montre un ratio de 80/20 : 80 % de personnes bien portantes, 20 % de personnes malades, lesquelles sont réputées concentrer 80 % des dépenses de Sécurité sociale et sont donc l'enjeu de l'évaluation.

Comment fait-on le film ?

On fait vieillir les gens en utilisant des matrices de transition qui résument les lois de probabilité de vieillissement des personnes et qui permettent de pronostiquer les trajectoires de chaque individu par tirage au sort (cf. diapo 14).

On fait ensuite tourner le film d'après 3 scénarios d'évolution épidémiologique.

Dans le scénario tendanciel, en supposant que les gens continuent de vieillir comme par le passé, on garde les probabilités individuelles d'aujourd'hui. Les dépenses projetées résultent uniquement de prolongations de tendance. Les hausses possibles seront liées aux seuls effets démographiques de la pyramide des âges (papy boom + allongement).

Avec l'hypothèse du *Healthy ageing*, on repousse la probabilité de morbidité (matrice $P_{1,2}$ qui correspond à la transition de l'état de bonne santé vers l'état de morbidité). On a choisi de modéliser le *Healthy ageing* en se servant de matrices décalées de 5 ans, c'est-à-dire en faisant correspondre les transitions d'une personne de 60 ans à celles d'une personne de 55 ans dans la génération précédente.

On peut enfin retoucher les probabilités de mortalité. Ce scénario traduit à la fois l'hypothèse de moindre morbidité et de moindre mortalité (zone jaune).

On a ajouté un module de prévisions des dépenses de santé. Pour modéliser les dépenses de santé, on utilise des modèles à deux étapes. On prédit d'abord la probabilité d'être consommant, puis de s'adresser ou non au système de soin.

Dépenses en pharmacies futures

Dans la base de données, les prédicteurs habituels (dont l'âge) et les variables significatives dans la probabilité d'être consommant fournissent une prévision individualisée des consommations de médicaments (cf. diapo 16).

Ensuite on prédit le montant de la dépense, avec les prédicteurs qui permettent de le modéliser (cf. diapo 17).

RÉSULTATS

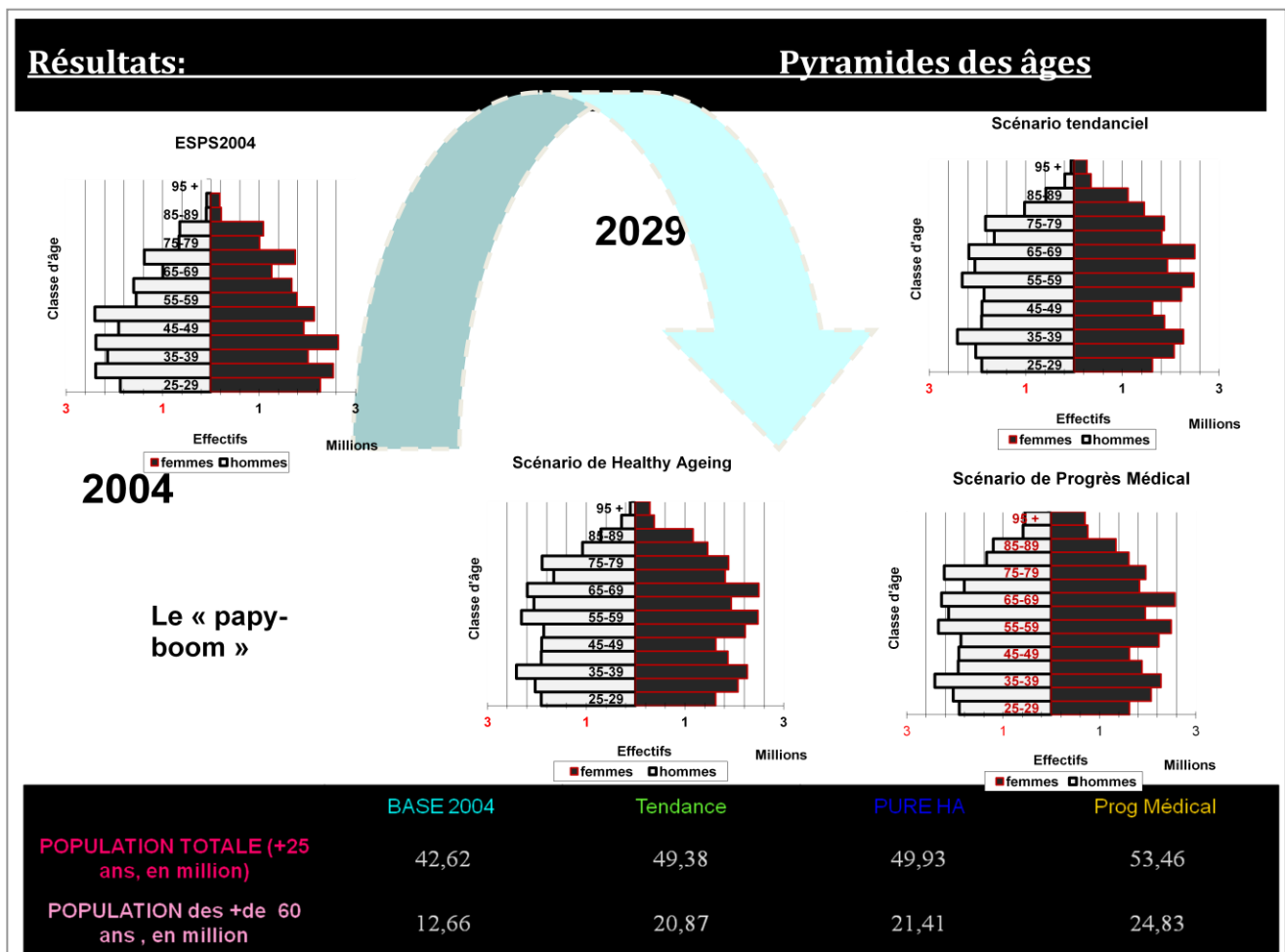
Les dépenses de médicaments dépendent des états de santé, ce qui correspond bien à l'effet sur lequel on va faire la mesure d'impact. Mais on aurait pu aussi faire un scénario de politique publique à partir des prédicteurs repérés comme "avoir une complémentaire santé" sur lesquels les pouvoirs publics peuvent jouer. On peut aussi jouer sur d'autres variables (IMC, profil d'alcoolisation, etc.).

Sur le premier modèle, des variables touchent à l'offre de soins, comme la densité de médecins, sur laquelle les pouvoirs publics peuvent agir.

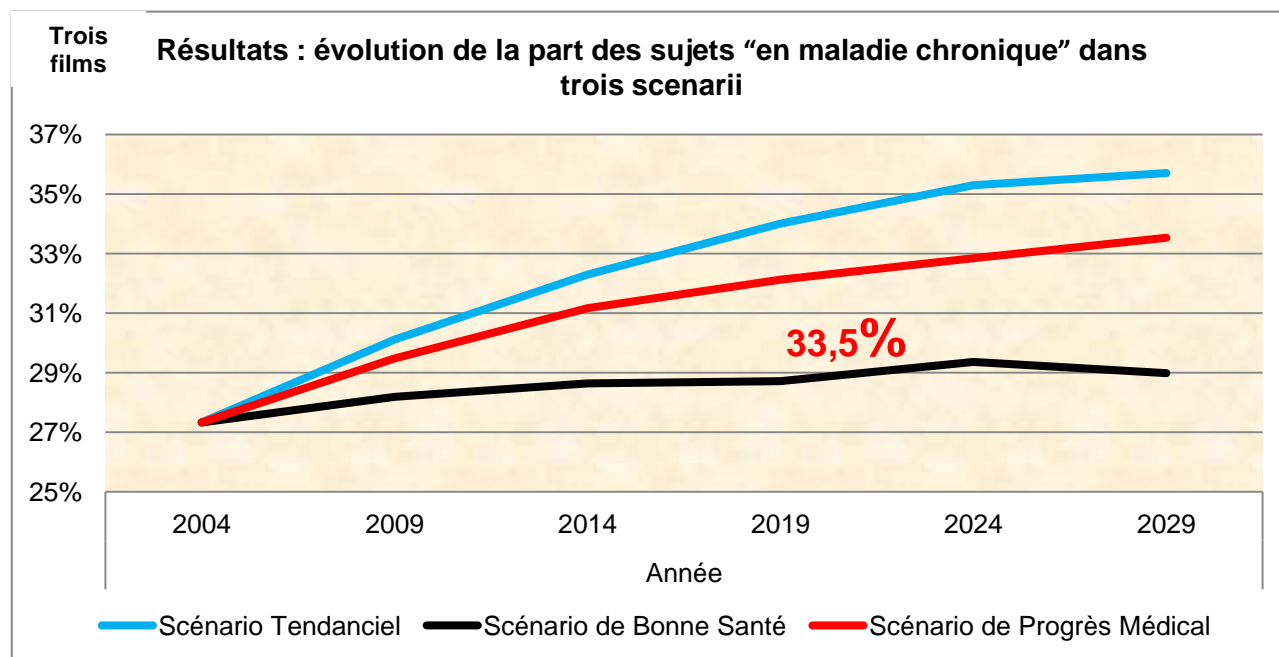
Une fois la méthodologie définie, on fait tourner le modèle. A partir des matrices, l'ordinateur effectue des « tirages au sort » pour déterminer un futur à chaque individu rangé par classe d'âge quinquennale, sexe et état_(t-1) (cf. diapo 21).

A partir des probabilités injectées, l'ordinateur va donc donner une « vraie » trajectoire de vie aux individus (une réalisation, au sens de la théorie des probabilités) et déterminer leur passage, à partir de 65 ans, à un état de maladie ou non.

S'agissant de simulations quinquennales répétées cinq fois, pour 2029 on obtient la pyramide des âges ci-dessous (sans les « jeunes » de moins de 25 ans) qu'il est de décrire finement.



Les « trois films » sont ensuite éclatés dans les pyramides des âges. Dans les trois scénarios, la population de plus de 60 ans est de 20 millions, 21 millions et 24 millions¹. Il est logique de constater que, lorsqu'on allonge la durée de vie, le nombre de personnes âgées augmente. Il y a aussi un effet de second ordre lorsqu'on ne touche qu'à la morbidité et qui jouera sur la taille de la population obtenue.



Dans le scénario tendanciel (courbe bleue), on a le pourcentage de personnes en maladie chronique. On voit que le scénario de *Healthy ageing* (courbe noire) stabilise le pourcentage de personnes en maladie chronique et diminue bien la proportion de gens malades dans la société ; c'est la conséquence d'une plus petite probabilité au niveau individuel de tomber malade.

Et le scénario d'allongement de la durée de vie (courbe rouge) donne une image un peu intermédiaire : la plus longue survie des individus réinjecte une proportion de gens malades.

Résultats : Consommation de médicaments

Trois films

	ESPS 2004	Scénario Tendanciel	Scénario de Healthy Ageing	+Gains d'espé de vie
<i>Milliards d'euros</i>				
Dépenses Totales des plus de 25 ans	22,66	32,41	30,10	35,15

Pour les finances publiques (à comparer au PIB):

Taux annuel de croissance, 2004-2029	Tendance	Bonne santé	+ Gains espé de vie
Taux de croissance global	1,44%	1,14%	1,77%

La finalité macroéconomique est d'avoir une prévision des dépenses de médicaments vendus en officine.

¹ Au lieu de « scénario de Progrès Médical », lire « scénario d'allongement de la durée de vie ».

Une comparaison avec la littérature montre qu'on arrive à produire des prévisions d'évolution des dépenses au-delà des périodes observées, et à imputer le poids de la démographie.

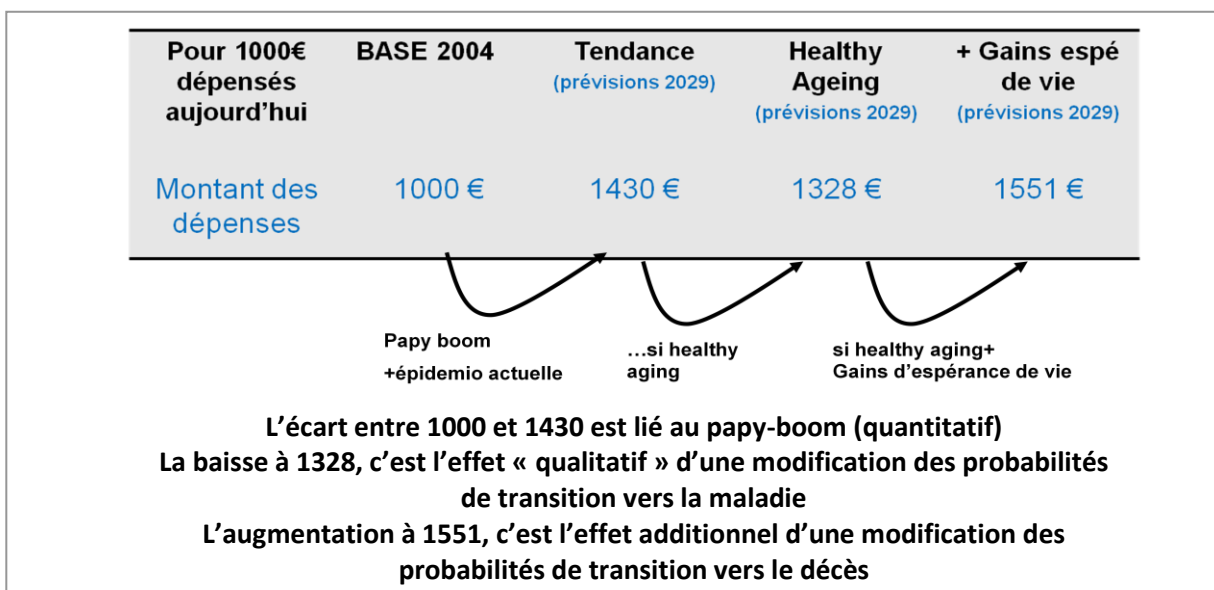
Résultats : Prospective sur la consommation de médicaments

Période	1970-1979 (Azizi et Pereira, 2005)	1980-1989 (Azizi et Pereira, 2005)	1990-2002 (Azizi et Pereira, 2005)	1992-2000 (Dormont et al, 2006)	2004-2029 (Barnay, Thiébaud, Ventelou, 2013)
Effet de la démographie (alongt vie + structure)	0,82 %	0,79 %	0,84 %	0,92 %	1,44 %
Dont structure par âge	0,17 %	0,28 %	0,43 %	0,56 %	0,99 %
Etat de santé	-	-	-	-0,3 pc +0,3 pc	Ça dépend du scénario...

Structure = principal moteur. Mais deux choses changent : la période (!) et le champ

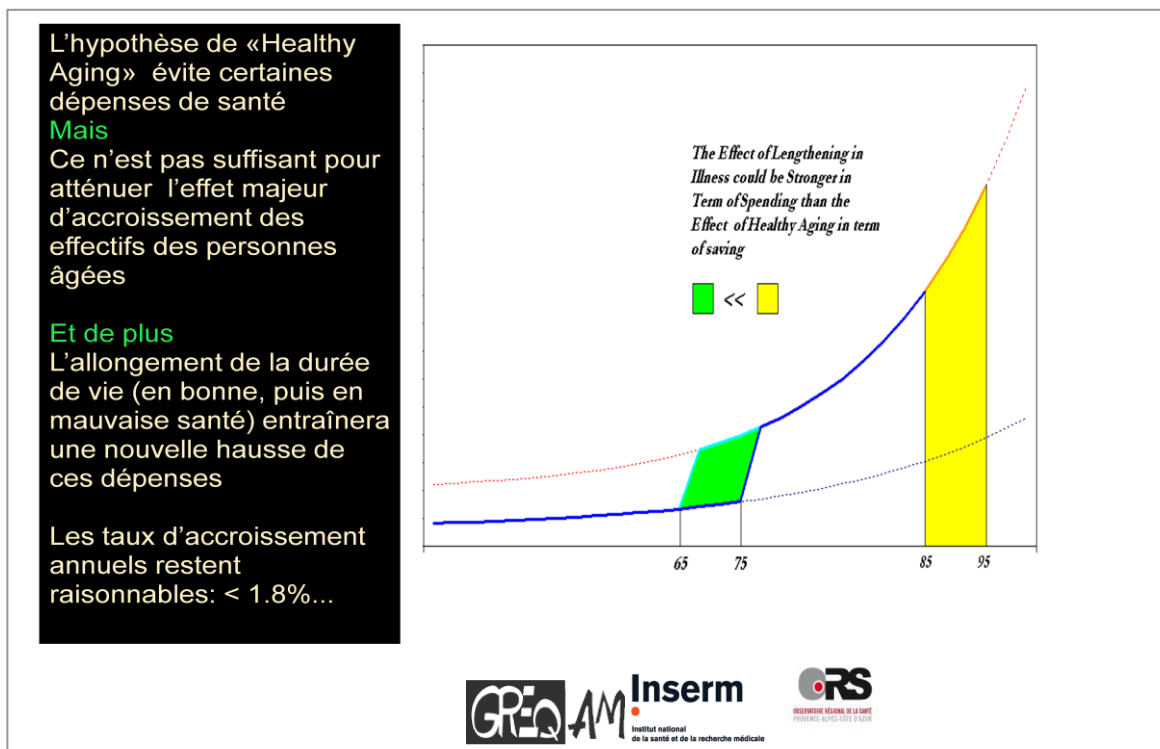
Le poids du vieillissement grandit dans la dynamique des dépenses de santé, en raison principalement de l'évolution de la structure d'âge (effet baby boomer), plus que celui de l'allongement de la durée de vie.

En bref



L'augmentation de l'indice base 1000 du montant des dépenses à 1 430 € selon un scénario tendanciel est dû à des déformations de la pyramide des âges, le papy boomers exerçant une pression sur les dépenses de santé. Le *Healthy ageing* amoindrit ce chiffre. Si on associe compression de morbidité et allongement de durée de vie, la dépense de santé est plus importante que dans le scénario tendanciel.

L'hypothèse de compression de la morbidité ne suffit pas à stabiliser réellement la dépense de santé. On pourrait être déçu de n'avoir que 1 328 €, mais, dans ce grand mouvement d'augmentation de la dépense, la masse des baby boomers et les effets d'âge comptent beaucoup.



Limites de l'étude

L'objectif de ce travail étant de calculer un impact, *'toutes choses égales par ailleurs'*, de scénarios épidémiologiques du vieillissement, il est important d'analyser les écarts observés entre le scénario tendanciel et les différentes variantes introduites. Néanmoins le scénario « tendanciel » ne modélise pas de virage thérapeutique vers le médicament (substitution à la chirurgie ; innovations dans les molécules disponibles), les effets des médicaments génériques (variations des prix des produits de santé), ni les phénomènes comportementaux en matière de consommation de soins.

Avantages

La spécificité du modèle est de croiser des données d'enquête (comportements et conditions de vie) avec les bases de données de consommation de l'assurance maladie (SNIIRAM).

Enfin, on a considéré que le choc sur la probabilité de morbidité était lié à l'arrivée de baby boomers en bonne santé, et on peut s'interroger sur le caractère exogène de ce paramètre. On pourrait imaginer qu'une bonne prévention ait un effet de *feed back* sur la dynamique de transition des agents vers la morbidité et la mortalité. Ce n'est pas présent dans ce modèle.

QUESTIONS AVEC LA SALLE

Question

Que pensez-vous des méthodes d'imputation d'informations qu'on n'a pas au départ? Y a-t-il une possibilité de dépassement du cadre des données initiales ?

Didier Blanchet

C'est une question d'arbitrage. Si l'imputation est bien faite, je ne vois pas quel genre de biais cela peut créer. Mais il ne faut le faire que lorsque c'est vraiment nécessaire. Par exemple, pour modéliser les départs en retraite, si on ajoute une imputation de la santé avec les prédicteurs de l'état de santé, aurons-nous une amélioration de la qualité de nos prédictions des comportements de départ ? Ce n'est pas évident si nous n'avons pas de bonnes hypothèses à proposer sur l'évolution de l'état de santé. A part cela, je signale qu'il existe des démarches encore plus audacieuses relatives à l'imputation qui consistent à reconstituer complètement des populations fictives en veillant simplement à caler les distributions des variables individuelles sur celles qui sont fournies par résultats d'enquête. Mais la méthode n'est pas sans danger, on doit rester vigilant.

Question

De bonnes données de panel ne sont-elles pas suffisantes pour faire des simulations ? Les transitions simulées prennent-elles en compte la durée des trajectoires individuelles ?

Vincent Poubelle

Pour modéliser les comportements et les situations dans Prisme, on dispose de l'historique de la carrière des personnes sur plusieurs dizaines d'années. Pour projeter les transitions d'un état à un autre, on observe les 4-5 dernières années représentatives du présent et on injecte ensuite des hypothèses macroéconomiques.

Bruno Ventelou

En matière de santé, pour prendre en compte ces phénomènes de durée, on doit avoir des matrices de transition sur des états multiples, comme on l'a fait pour l'étude sur le VIH/Sida.

Didier Blanchet

Faire de la microsimulation dynamique, c'est faire du panel prospectif, c'est inventer des trajectoires futures, calées sur des trajectoires passées.

Question

Pourquoi n'avez-vous pas utilisé les données des PCS ?

Bruno Ventelou

Parce qu'on n'était pas capable de reconstruire les 38 matrices par groupe d'âge en les conditionnant sur les PCS. Il n'était pas possible d'injecter pour chaque individu la probabilité de décès statistiquement correspondante.

Didier Blanchet

Pour compléter, je dirai que la microsimulation est de fait un bon outil pour introduire de la stratification sociale. Mais la question est de savoir quelle variable on va utiliser pour la décrire, la PCS n'étant pas forcément la plus facile à manipuler pour des projections de long terme. Dans Destinie, on a préféré privilégier une description de la stratification sociale par une variable quantitative, l'âge de fin d'études.

Question

Pourrait-on imaginer introduire dans les modèles de microsimulation des prévalences, ou encore des espérances de vie sans incapacité ? De réaliser des microsimulations en termes de durée de vie dépendante ?

Sophie Pennec

C'est tout à fait possible. Je travaille actuellement sur un modèle en Australie qui suit une cohorte, et dans lequel on essaye de simuler tous les événements de santé (IMC élevé, alcool, AVC, chutes, etc.) pour évaluer les degrés et la durée de la dépendance, simuler la probabilité d'avoir des aidants familiaux ... Le problème de ces modèles est d'avoir des données de manière générale mais surtout des données permettant de calculer les transitions au cours du temps d'un état à un autre.

Question

Où allez-vous chercher vos données ? Avez-vous utilisé et combiné des résultats d'enquêtes épidémiologiques provenant d'autres pays ?

Sophie Pennec

Les premiers modèles de microsimulation de politique sociale australiens ont utilisé des données américaines lorsque les données australiennes n'existaient pas et c'est, je crois, une approche qui a été utilisée aussi dans d'autres. Pour notre modèle sur la dépendance en Australie, malgré le fait que nous ayons bénéficié de l'appariement et harmonisation des données d'une dizaine d'enquêtes longitudinales australiennes sur le vieillissement et donc un corpus de données assez important, il nous a fallu imputer un grand nombre de variables pour modéliser les transitions d'état de santé et utiliser des données françaises de Paquid pour l'une des transitions. On va donc chercher les données là où elles existent en les adaptant pour des questions de cohérence.

Bruno Ventelou

Les grandes cohortes nationales sont récentes. Certaines en France comme Gazel sont plus anciennes et donnent une vision longitudinale d'une population. Mais les grandes enquêtes nationales représentatives, jusqu'en 2010, sont transversales. Les données administratives peuvent aussi informer des processus longitudinaux mais on perd la richesse des données d'enquête transversale.

Vincent Poubelle

Pour revenir sur l'alternative entre données d'enquête et données administratives, la cohorte Constances par exemple reprend tout l'historique de carrière des personnes à partir des données de la Cnav et des données historiques de la Cnam. L'enquête ESPS menée par l'Irdes devrait injecter les données de carrière qui comprennent les salaires, mais aussi les périodes de chômage, les indemnités journalières de maladie ... des éléments qui permettent de caractériser socialement les individus.

Question

En quoi la microsimulation modifie-t-elle les politiques publiques, comme les réformes de 2008, 2010 et 2013 relatives à la retraite ? En quoi l'accès aux microsimulations en ligne peut influencer sur le débat public ? Enfin, quelles sont les articulations possibles entre les différents modèles de microsimulation utilisés dans les domaines de la fiscalité, de la protection sociale, de la santé ... ?

Eric Lefèbvre

C'est avec la réforme de 2003 que l'on a commencé à tester, avec Destinie, l'efficacité des incitations à un départ à la retraite plus tardif. Les effets sont intervenus avec du retard dans le temps, en raison peut-être d'un problème de calibrage. On se trouve dans une situation étrange dans ce champ car on veut modifier

les comportements, tout en veillant à ne pas donner trop de libertés aux individus, quelque part. On fait en sorte que les gens ne partent pas trop tôt avec des pensions très faibles. Dans un sens, l'apport des microsimulations est « bridé » par la nature des réformes qui mettent de l'incitation et vont influencer un nombre restreint d'individus.

[Didier Blanchet](#)

Je ne dirais pas qu'un modèle de microsimulation puisse à lui tout seul orienter les politiques dans telle ou telle direction. Pour prendre l'exemple de 2003, le point de départ était d'abord l'idée qu'il fallait apporter de la flexibilisation, la possibilité de moduler son âge de départ autour de la contrainte du taux plein. C'est ensuite qu'on se tourne vers le modèle pour connaître les modifications que cela peut entraîner en matière de comportements individuels. A l'époque, on s'est d'ailleurs trompé sur les effets à court terme, même si les évolutions plus récentes s'avèrent finalement plus en ligne avec les prédictions. Sur l'autre question de l'accès ouvert aux modèles pour alimenter le débat public, la situation est malheureusement plus complexe en matière de retraites qu'en matière de fiscalité, car la complexité du système de retraite rend difficile une programmation presse-bouton des réformes.

[Vincent Poubelle](#)

Lorsque le Ministère étudie de nouvelles mesures de réformes avec la Cnav, la question des partenaires sociaux qui revient le plus souvent concerne les effets de bouclage : si on recule d'âge de départ, quel va être l'effet sur les indemnités journalières maladie, les dépenses de chômage ... ?. Dans ce domaine, de grands progrès restent à faire.

[Eric Lefèbvre](#)

Je ne suis pas sûr qu'on n'ait jamais un modèle qui décrit tout le champ de la protection sociale et de l'économie française.

[Didier Blanchet](#)

Avec ou sans modèle, la direction des réformes n'a pas changé. Mais lorsque l'âge de la retraite a été institué à 60 ans, cette mesure a été prise à l'époque sans outil permettant d'en mesurer les effets à moyen et long terme. Les choix peuvent donc être plus éclairés aujourd'hui et c'est pour cela qu'on est là !