

CONSEIL D'ORIENTATION DES RETRAITES
Séance plénière du 5 mars 2020 à 9h30
« Point sur les modèles de microsimulation »

Document N° 4
<i>Document de travail, n'engage pas le Conseil</i>

Les modèles de microsimulation sur les retraites à l'étranger

Secrétariat général du Conseil d'orientation des retraites

Les modèles de microsimulation sur les retraites à l'étranger

Depuis la fin des années 1980, on observe une utilisation croissante des modèles de microsimulation par les administrations de la plupart des pays développés pour projeter l'évolution de leur système de retraite. Initiée par un article fondateur d'Orcutt paru en 1957¹, la méthode de microsimulation a pour objectif de modéliser les comportements d'unités économiques élémentaires (individus, ménages, entreprises) en interaction, au niveau le plus désagrégé possible.

Le développement et la sophistication des méthodes de microsimulation ont été rendus possibles par l'apport des données administratives en plus des données d'enquête, l'accroissement de la puissance des calculateurs informatiques, le partage des codes sources de la modélisation (permettant notamment des collaborations entre les administrations et les centres de recherche, également développeurs de modèles de microsimulation).

Le présent document propose un panorama succinct des caractéristiques essentielles des modèles de microsimulation développés par les administrations en charge des projections, du pilotage et de l'évaluation des systèmes de retraite dans les pays suivis par le COR². Dans certains pays, la frontière entre les modèles académiques et institutionnels est poreuse, certains modèles résultant d'une collaboration étroite entre sphères académique et institutionnelle ; cette collaboration dépasse également les frontières nationales puisque certains modèles conçus dans un pays donné sont également déployés dans d'autres pays³.

1. Les objectifs des modèles de microsimulation des systèmes de retraite

L'objectif principal des modèles de microsimulation des systèmes de retraite, par rapport aux modèles de projections agrégées, est d'évaluer les propriétés et les réformes d'un système de retraite « au-delà des moyennes ». En particulier, les modèles de microsimulation permettent de fournir des indicateurs relatifs à la distribution des pensions (selon l'âge, la génération, le genre, l'affiliation à tel ou tel régime).

Les modèles de microsimulation dynamique permettent également de dissocier les effets d'âge (le temps individuel) des effets de moment (le temps calendaire). Certains événements ou comportements sont en effet propres à l'âge (se marier, entrer sur le marché du travail, prendre sa retraite), mais se déroulent à des périodes différentes (la probabilité d'entrer sur le marché du travail trois mois après son diplôme n'est pas la même en période de conjoncture favorable ou en période de récession. Ainsi, les modèles de microsimulation dynamique permettent d'intégrer des modifications de comportement liées aux fluctuations économiques.

¹ Orcutt, G. (1957), "A New Type of Socio-Economic System", *Review of Economic Studies*, 39(2), 116-123.

² Allemagne, Belgique, Canada, Espagne, États-Unis, France, Italie, Japon, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède, et sous réserve de la disponibilité des informations.

³ Le présent document s'appuie notamment sur la synthèse récente proposée par G. Dekkers et K. Van Den Bosch: "[Prospective microsimulation of pension in European Member States](#)", dans *Applications of microsimulation modelling, A selection of papers presented during the 2016 European Meeting of the International Microsimulation Association in Budapest*, Edited by G. Dekkers and J. Meszaros. Éditions Társadalombiztosítási Könyvtár.

2. Données utilisées

Parce que les premiers modèles de microsimulation ont été développés par des universitaires, ils reposaient originellement sur des données d'enquête ou des données de recensement. Par nature, les modèles développés par les administrations s'appuient sur des données administratives qui sont éventuellement complétées par des informations tirées de données d'enquêtes : les caractéristiques individuelles des données d'enquête sont imputées aux individus des bases administratives afin de permettre d'estimer des équations de comportement. En effet, les données administratives ont l'avantage d'être plus précises que les données d'enquête, mais les variables qu'elles incluent se limitent aux informations nécessaires à leur usage (données nécessaires au calcul des retraites ou des impôts par exemple). L'appariement avec des données d'enquête permet de compléter les informations sur les caractéristiques individuelles (niveau d'éducation, catégorie socio-professionnelle, revenus autres que les revenus du travail).

Comme les temps de traitement seraient trop longs si les modèles étaient simulés sur des bases complètes, les bases de données administratives sont échantillonnées, la taille des échantillons variant entre 2 % et 10 % de la population dans les pays européens (voir tableau en annexe). Les échantillons larges permettent d'étudier des sous-populations d'intérêt (effets différentiels de réforme par génération ou par décile de rémunération, par exemple).

3. Modèles de cohorte ou de population

Dans les modèles intertemporels, les caractéristiques individuelles évoluent au cours du temps, entre la naissance et la mort de chaque individu. Or chaque individu est susceptible d'interagir avec d'autres (*via* les comportements matrimoniaux), ou avec l'environnement économique (*via* les décisions d'offre de travail). L'ordre dans lequel le vieillissement individuel interagit avec le temps calendaire conduit à distinguer deux types de modèles : les modèles de *cohorte* qui simulent une génération sur son cycle de vie d'une part, et les modèles de *population* qui simulent une population structurée par âge sur un horizon temporel donné d'autre part.

Historiquement, les modèles de cohortes ont été les premiers utilisés parce qu'ils sont moins exigeants en données et en capacité computationnelle, mais ils permettent moins d'interaction entre les individus. Progressivement, avec les perfectionnements technologiques des plateformes de simulation, les modèles de population se sont imposés et ces plateformes permettent la microsimulation de cohorte ou de population, selon l'objet d'analyse.

4. Modèles statiques ou dynamiques

L'intérêt principal des modèles de microsimulation est d'analyser l'évolution des systèmes de retraite au cours du temps, notamment à des fins de pilotage ou pour étudier l'impact à long terme de réformes.

La projection d'un système de retraite dans le temps consiste à faire vieillir des générations de cotisants et de retraités. Pour se faire, on dispose de deux techniques possibles, la modélisation *statique* ou la modélisation *dynamique*.

Dans les modèles statiques, l'évolution des populations est obtenue en modifiant les pondérations par âge de leur structure. Par exemple, si on souhaite projeter un vieillissement de la population consécutif à une augmentation de l'espérance de vie, le poids des individus d'âge jeune dans la population totale se réduira au cours du temps, et symétriquement le poids des individus les plus âgés augmentera. Mais les caractéristiques intrinsèques d'un individu d'âge donné ne seront pas modifiées au cours du temps. Parmi les pays étudiés, seule l'administration italienne utilise désormais un modèle statique.

Dans les modèles dynamiques, ce sont les caractéristiques des individus qui se modifient au cours du temps, et non leur poids dans la population. Typiquement, l'âge de chaque individu évolue au cours du temps, mais également son statut matrimonial, son statut sur le marché du travail, ses revenus, etc.

En 2013, on recensait dans le monde 86 modèles de microsimulation dynamique appliquée à l'économie (quel qu'en soit le concepteur, administration ou centre de recherche), dont 40 % servaient à l'évaluation des systèmes ou des réformes des retraites⁴.

5. Temps discret ou continu et ordre des événements

Les modèles de microsimulation dynamique peuvent reposer sur une approche en temps *discret* ou en temps *continu*. Dans les modèles en temps discret, un événement, par exemple le départ à la retraite, se produit dans un intervalle de temps donné, par exemple durant une année. Dans les modèles en temps continu, l'événement se produit à un instant précis, sans qu'il soit contraint de s'insérer dans une période de temps prédéterminée.

La modélisation en temps discret utilise en général des matrices de transition entre états : par exemple, le parcours sur le marché du travail d'un individu est représenté par des transitions entre l'état d'inactif, d'actif employé, de chômeur, de retraité etc. avec un pas annuel (on est inactif pendant une année donnée, puis employé l'année suivante, au chômage l'année d'après etc.). Dans cette modélisation en temps discret, la séquentialité est contrainte et présente un inconvénient : une même période de temps n'autorise qu'un état (inactif, actif employé, chômeur, en arrêt maladie, en congé maternité, retraité etc.), alors que la vie réelle pourrait induire qu'un individu transite par plusieurs états dans une même année. Les modèles en temps discret simulent ainsi des transitions nettes.

La modélisation en temps continu pallie cet inconvénient, en utilisant des fonctions de survie qui simulent le temps de passage d'un état à l'autre, par exemple le temps passé au chômage, ou le temps de mariage. La difficulté pratique est alors de calibrer les paramètres de la fonction de survie pour que soient répliqués au mieux les comportements réels et pour qu'ils puissent prendre en compte au mieux les interdépendances (typiquement, la durée d'un mariage doit être identique pour chacun des partenaires). Le modèle espagnol DyPeS est en temps continu.

Une autre difficulté posée par la modélisation en temps continu est que certains états peuvent être simulés simultanément (par exemple « être exposé au risque de chômage » et « être exposé au risque de maladie »). En temps discret, le problème ne se pose pas et les transitions entre états sont gérées par des méthodes de simulation séquentielle. En revanche, l'ordre dans

⁴ Li, J., O'Donohue, C. & G. Dekkers (2014), *Dynamic models*, in *Handbook of Microsimulation*, Emerald Insight. Contributions in Economic Analysis Series, 305-343.

lesquels les individus traversent différents états est crucial et détermine les résultats de la modélisation. Dans la plupart des modèles, les processus démographiques sont simulés avant les processus liés au marché du travail, eux-mêmes antérieurs à la perception des revenus et des prestations sociales.

6. Prise en compte d'équations de comportements et adossement à des modèles macro-démoéconomiques

Les modèles de microsimulation peuvent intégrer des modules complémentaires qui, au-delà des transitions spécifiques entre les états matrimoniaux et les états sur le marché du travail, modélisent des comportements. Le passage d'un état à un autre n'est alors pas seulement le fruit d'une séquence interne au modèle de microsimulation, mais peut prendre en compte des déterminants « hors modèle ».

Typiquement, les modèles de microsimulation sur les retraites intègrent des équations de comportement de départ à la retraite : l'événement « prendre sa retraite » est alors déterminé par des préférences imputées aux individus (préférence pour le loisir par exemple) ou par des paramètres du système de retraite (condition de durée d'assurance, atteinte du taux plein par exemple) ou plus généralement par des variables macroéconomiques susceptibles d'influencer les décisions individuelles.

De plus en plus de modèles de microsimulation utilisés pour évaluer l'impact de réformes paramétriques intègrent des modules d'équations de comportement d'offre de travail. Parfois, ces modèles sont adossés à des modèles macroéconomiques dont les variables sont utilisées en inputs dans la microsimulation (c'est notamment le cas du modèle français Destinie) ; symétriquement des variables microsimulées peuvent être utilisées comme inputs dans un modèle macro (c'est le cas du modèle américain DYNASIM III qui s'intéresse aux effets redistributifs du système de retraite).

8. Conclusion

Les modèles de microsimulation des systèmes de retraite utilisés par les administrations partagent aujourd'hui un certain nombre de caractéristiques communes : utilisation de données administratives, éventuellement complétées par des données d'enquête pour estimer des équations de comportement ; modèles en temps discret avec vieillissement dynamique ; alignement sur des agrégats macroéconomiques.

Leur développement est conditionné par le passage d'une pratique artisanale, largement fondée sur des relations interpersonnelles entre chercheurs, à une démarche mieux codifiée, incluant une évaluation par les pairs qui garantirait une meilleure transparence et une plus grande robustesse des résultats⁵.

⁵ Voir O'Donohue, C. & G. Dekkers (2018), "Increasing the Impact of Dynamic Microsimulation Modelling", *The International Journal of Microsimulation*, 11(1), 61-96.

Annexe

Présentation synthétique des modèles de microsimulation utilisés par l'administration pour projeter les systèmes de retraite (échantillon de pays suivis par le COR)

Pays	Nom	Institution	Type de modèle				Base de données	Nombre d'observations (% de la population)
			Cohorte / Population	Dynamique / Statique	Temps discret / temps continu	Equations de comportement		
Belgique	MIDAS-BE	Bureau fédéral du Plan	Population	Dynamique	Discret	Oui	Echantillon de données administratives	304 000 individus (3 %)
Espagne	DyPeS	Instituto de Estudios Fiscales	Cohorte	Dynamique	Hybride, discret-continu	Oui	Données administratives longitudinales	1,2 millions d'individus (4 %)
États-Unis	Il n'existe pas actuellement de modèle de microsimulation utilisé par l'Actuaire en chef de la Sécurité sociale. Un groupe technique d'experts créé en septembre 2018 et placé auprès du <i>Social Security Advisory Board</i> a publié en septembre 2019 un rapport recommandant le développement et la maintenance d'un modèle de microsimulation pour les projections des fonds de réserve de sécurité sociale (dont le <i>Old-Age and Survivors Insurance trust fund</i>).							
France (modèles tous régimes)	Destinie2	Insee	Population	Dynamique	Discret	Oui	Enquête Patrimoine	62 000 individus
	Aphrodite	DG Trésor	Population	Dynamique	Discret	Oui	Enquête Patrimoine	62 000 individus
	Trajectoire	Drees	Cohorte et population	Dynamique	Discret	Oui	Echantillon de données administratives (EIC)	2,7% des individus nés entre 1942 et 2009
	Prisme	Cnav	Population	Dynamique	Discret (trimestre)	Oui	Données des cotisants et retraites de la Cnav	Environ 200 000 individus (5 %)
Italie	T-DYMM	Bureau 2 (plan et analyse économique et financière), Ministère du travail	Population	Dynamique	Discret	Oui	Données administratives, appariées aux données de l'enquête SIL	55 708 individus (0,1 %)
Royaume-Uni	PENSIM II	Département du travail et des retraites (Ministère du travail)	Population	Dynamique	Discret	Oui	Enquête Ménages en panel et base de données sur le marché du travail	400 000 individus (1 %)
Suède	SESIM3	Ministère des affaires sociales	Population	Dynamique	Discret	Oui	Base de données longitudinales individuelles	100 000 individus (en longitudinal) ou 308 000 individus (3,5 %)

Sources : Dekkers et Van Den Bosch (2016) ; Li et O'Donohue (2013) ; voir les références en notes 3 et 4.

Note : les modèles recensés ne concernent que les modèles au moins partiellement développés, et utilisés, par les administrations à des fins de projections du système de retraite. Pour une recension de modèles universitaires utilisés à des fins d'évaluation des politiques de retraite, voir les références en notes 3 et 4.